T.C
İstanbul Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü
Taşınabilir Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Anabilim Dalı
Koruma-Yenileme Restorasyon Bilim Dalı

Doktora Tezi

KAPADOKYA BÖLGESİ BİZANS DÖNEMİ DUVAR RESMİ SIVALARININ KORUNMASINDA KULLANILAN ENJEKSİYON HARÇLARININ ARAŞTIRILMASI VE GELİŞTİRİLMESİ

Hande GÜNÖZÜ
2502070185

Tez Danışmanı
Doç. Dr. Ufuk KOCABAŞ

İstanbul 2014

T.C. İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER
1982 ENSTİTÜSÜ

DOKTORA

TEZ ONAYI

ÖĞRENCİNİN

Adı ve Soyadı : **Hande GÜNÖZÜ** Numarası : **2502070185**

Anabilim/Bilim Dalı : **Taşınabilir Kült. Var. Koruma ve Onarım Anabilim Dalı Koruma Yenileme ve Restorasyon Bilim Dalı** Danışman Öğretim Üyesi : **Doç. Dr. Ufuk KOCABAŞ**

Tez Savunma Tarihi : **05.11.2014** Tez Savunma Saati : **13.00**

Tez Başlığı :**"Kapadokya Bölgesi Bizans Dönemi Duvar Resmi Sıvalarının Korunmasında Kullanılan Enjeksiyon Harçlarının Araştırılması ve Geliştirilmesi"**

TEZ SAVUNMA SINAVI, Lisansüstü Öğretim Yönetmeliği'nin **50. Maddesi** uyarınca yapılmış, sorulan sorulara alınan cevaplar sonunda adayın tezinin **KABULÜ'NE** OYBİRLİĞİ / ~~OYÇOKLUĞUYLA~~ karar verilmiştir.

JÜRİ ÜYESİ	İMZA	KANAATİ (KABUL / RED / DÜZELTME)
1- Prof. Dr. Sait BAŞARAN		Kabul
2- Prof. Dr. Engin AKYÜREK		Kabul
3- Prof. Dr. Sevim AKYÜZ		Kabul
4- Doç. Dr. Ufuk KOCABAŞ		Kabul
5- Yrd. Doç. Dr. Gülder EMRE		Kabul

YEDEK JÜRİ ÜYESİ	İMZA	KANAATİ (KABUL / RED / DÜZELTME)
1- Prof. Dr. Gülgün KÖROĞLU		
2- Yrd. Doç. Dr. Fatma Banu ÇAKAN		

KAPADOKYA BÖLGESİ BİZANS DÖNEMİ DUVAR RESMİ SIVALARININ KORUNMASINDA KULLANILAN ENJEKSİYON HARÇLARININ ARAŞTIRILMASI VE GELİŞTİRİLMESİ

HANDE GÜNÖZÜ

ÖZ

Bu çalışma; geçmiş dönemde Kapadokya bölgesinde, Bizans Dönemi duvar resimlerinin korunmasında kullanılan enjeksiyon harçlarının, laboratuar ortamında gerçekleştirilen analiz ve testlerle kimyasal, fiziksel özellikleri ile performanslarının araştırılması ve şu ana dek, Kapadokya Bölgesi'nde koruması yapılmamış Ihlara Vadisi Bizans Dönemi Kiliseleri'nde bulunan kireç bağlayıcılı duvar resimlerinin sağlamlaştırılmasında kullanılabilecek ideal enjeksiyon harçlarının laboratuar ortamında üretilerek, performanslarının laboratuar ortamında yapılan testlerle değerlendirilmesini esasına dayanmaktadır. Bu projenin koruma bilimi ve Kapadokya bölgesi duvar resimlerinin korunması açısından önemi şöyledir; Kireç bağlayıcılı enjeksiyon harçları ile yapılan uygulama geri dönüşümsüzdür. Bu sebeple kullanılan harcın kimyasal, fiziksel özellikleri, orijinal malzemeyle uyumu ve performansı önem arz etmektedir. Günümüze dek duvar resimlerinin korunmasında kullanılan, ticari ve ticari olmayan enjeksiyon harçlarının, özellik ve performans açısından dezavantajları bulunmaktadır. Kapadokya bölgesinde 1973 yılından günümüze dek, duvar resmi koruma çalışmaları devam etmekte; birçok ticari ve şantiyede hazırlanan enjeksiyon harcı kullanılmış ve kullanılmaktadır. Bu enjeksiyon harçlarının dezavantajları asgari düzeye indirilerek; duvar resimlerinin yapım tekniği, yapımında kullanılan malzemeler, bozunmuşluk durumu ve mekanik özellikleri göz önüne alınarak, spesifik olarak bölgedeki duvar resmi yapım teknolojisi ve bozulmuşluk durumuna uygun, 8 adet kireç bağlayıcılı enjeksiyon harcı üretilmiştir. Bu çalışmanın ardından Peristrema enjeksiyon harçları Ihlara Vadisi kireç bağlayıcılı duvar resimlerinin konsolidasyonunda kullanılabilir. Bu proje, disiplinler arası bir çalışma olması dolayısıyla birçok bilim dalı için faydalı veriler sağlayacaktır. Kapadokya Bölgesi'nde maalesef günümüze dek korunma açısından göz ardı edilmiş Ihlara Vadisi'nde yer alan duvar resimlerinin, bilimsel metotlarda tam

donanımlı bir çalışma ile gizli kalmış bilimsel donelerinin açığa çıkartılması ile kültürel mirasa kazandırılması amaçlanmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Bizans Dönemi Duvar Resimleri, Kapadokya, Ihlara Vadisi, Duvar Resmi Konservasyonu, Malzeme Bilimi, Kireç Bağlayıcılı Duvar Resimleri, Kireç Bağlayıcılı Enjeksiyon Harçları, Enjeksiyon Harçları Performans Testleri, Peristrema Enjeksiyon Harçları.

RESEARCH AND EVALUATION OF THE INJECTION GROUTS ON BYZANTIUM WALL PAINTINGS OF CAPPADOCIA REGION

HANDE GÜNÖZÜ

ABSTRACT

This study; involves the scientific research of the physical and chemical properties and performances of the injection grouts used in the conservation of wall paintings from Byzantine Era in Cappadocia region by means of analyses and tests carried out in laboratory environment as well as the production, again in laboratory environment, of the ideal injection grouts that can be used in consolidation of the lime based wall paintings in the Rock Cut Churches of Ihlara Valley that have not yet been included within the scope of conservation efforts. The significance of this project in terms of conservation sciences and conservation of wall paintings in Cappadocia Region can be summarized as follows; injection grout`s are irreversible for this reason, it is required to take care in regards to the chemical, physical properties of the grout used as well as its performance and consistency with the original material. The commercial and non-commercial injection grouts that are presently used in the conservation of wall paintings may have some disadvantages both in terms of their properties as well as performances. Since the year 1973 the work to conserve the wall paintings in Cappadocia region has been in progress and in this process various types of commercial and non-commercial injection grouts have been used and are being used. Reducing the disadvantages of the injection grouts used to a minimum and producing the ideal injection grouts for the wall paintings that have not yet been included within the conservation scope by taking into consideration the technique and materials used in the creation of the wall paintings as well as their degree of deterioration and mechanical properties carry importance as the consequent eight lime based injection grouts produced. Following this research, the Peristrema injection grouts can be used in consolidating the wall paintings in Ihlara Valley. Due to its inter-disciplinary nature the project would also provide valuable and beneficial data for various branches of science. Unfortunately, until now, Ihlara Valley region has been neglected in terms of conservation efforts. It is my purpose to reveal all scientific data pertaining to the wall paintings in Ihlara

Valley by employing scientific methods ensuring that they can become a part of our cultural heritage.

KEYWORDS: Byzantium Wall Paintings, Cappodoccia, Ihlara Valley, Wall Paintings Conservation, Material Sicence, Lime-Based Wall Paintings, Lime-Based Injection Grouts, Injection Grouts Performans Analyses, Peristrema Injection Grouts.

ÖNSÖZ

Duvar resimlerinde bir enjeksiyon harcı uygulamasına başlanmadan önce, yapım tekniği diğer eserlerle benzerlik gösterse dahi bozulma prosesleri ve geçirdiği evreler göz önünde bulundurularak ünik olarak kabul edilmeli yapım tekniği, ve bozulma prosesleri araştırılarak, orijinal taşıyıcı ve sıvaların yapısına uygun malzeme ile konservasyonu yapılmalıdır keza kireç bağlayıcılı enjeksiyon harçları ile yapılan uygulama geri-dönüşümsüz bir uygulamadır, bu nedenle uzun süreli ve orijinal malzeme ile uyumlu ve bozulmaya yol açmayacak yada var olan bozulmayı tetiklemeyecek malzeme kullanımı son derece önemlidir.

Bu çalışma; Kapadokya Bölgesi, Bizans Dönemi kireç bağlayıcılı duvar resimlerinin korunmasında kullanılan, ticari ve ticari olmayan enjeksiyon harçlarının laboratuar ortamında yapılan analiz ve testlerle kimyasal, fiziksel özellikleri ile performanslarının araştırılması ve şu ana dek bölgede korunması yapılmamış, kireç bağlayıcılı duvar resimleri barındıran Ihlara Vadisi Bizans Dönemi, Bahattin Samanlığı Kilisesi, Saint. George Kilisesi ve Direkli Kilise'de bulunan duvar resimlerinin sağlamlaştırılmasında kullanılabilecek ideal enjeksiyon harçlarının laboratuar ortamında üretilerek, performanslarının analiz ve testlerle değerlendirilmesini içermektedir.

Kapadokya vadisinde günümüze dek yapılan duvar resmi konservasyon uygulamalarında kullanılan enjeksiyon harçlarının uygulanma zorluğu, "İdeal" enjeksiyon harcı üretimine başlamadan önce ilk koşulun duvar resminin yapım tekniğinin ve araştırılarak orijinal malzeme ile uyumlu malzeme kullanımı ilkesini ortaya koymuştur. Bu ilkeden yola çıkarak, laboratuarda enjeksiyon harcının üretim aşamasına geçilmeden önce çeşitli analiz metotları kullanılarak duvar resimlerinin bozulmuşluk durumu ve yapım tekniği araştırılmış ve orijinal malzeme ile uyumlu 8 adet enjeksiyon harcı geliştirilerek performans analizleri gerçekleştirilmiştir. Ihlara Bölgesi'nde günümüze dek bu konuda herhangi bir çalışma yapılmamıştır ve gerekli olan çalışma izni ve manevi destek şahsıma, T.C. Kayseri Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma ve Bölge Kurulu ve T.C. Kültür Ve Turizm Bakanlığı Aksaray Müzeler Müdürlüğü ve T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Nevşehir Müze Müdürlüğü, tarafından sağlanmıştır. Ayrıca bölgede 1973 yılından günümüze dek koruma

çalışmaları gerçekleştiren yapan T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Merkez Laboratuarı manevi ve bilimsel desteğini esirgememiştir.

Tez çalışmamı gerçekleştirmemde ilk olarak; 2012 yılında, Amerika Birleşik Devletleri'nde GCI laboratuarlarında tez çalışmam için gerekli olan analiz ve test çalışmalarını yürütürken ziyaretime gelerek, manevi desteğini bizatihi gösteren, Tez Danışmanım Doç. Dr. Ufuk Kocabaş'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Doktora tezi projem; Amerika Birleşik Devletleri Getty Konservasyon Enstitüsü Bilim Bölümü laboratuarında gerekli test ve analizleri yaparak çalışmamı gerçekleştirebilmem için; **ARIT TÜRK-AMERİKAN İLMİ ARAŞTIRMALAR DERNEĞİ "*Ilse Hanfmann, George Hanfmann ve Machteld J. Mellink Bursları*** " tarafından Nisan 2012 yılında 15.000 Amerikan Doları ile ödüllendirilmiştir. ARIT Türk Amerikan İlmi Araştırmaları Derneğine, beni bu ödüle layık görerek tez projemi gerçekleştirmemde maddi kaynak sağlamalarından, ötürü sonsuz teşekkürleri sunarım.

İlk olarak 2008-2009 yılında projelerinde görev aldığım ve 2012 yılında Doktora tez çalışmamın laboratuar çalışmaları için kapılarını açan ve hiçbir zaman bilimsel, manevi ve maddi desteğini esirgemeyen, konservasyon bilimine bakış açımı önemli ölçüde geliştiren Amerika Birleşik Devletleri J. Paul Getty Müzesi'nin tüm kurumlarına, Bilim İnsanları ve Çalışanları'na teşekkürlerimi sunarım. 2011 yılında Doktora tez çalışmamın, duvar resmi yapım tekniklerinin açığa çıkarılmasına yönelik aletli analizlerin yapılması ve Ihlara Vadisi kireç bağlayıcılı duvar resimlerinin konservasyonunda kullanılmak üzere enjeksiyon harçlarının dizayn edilmesi ve performans testlerinin gerçekleştirilmesi için tüm laboratuar olanaklarını ve bilimsel desteği sunan Getty Konservasyon Enstitüsü (GCI) Bilim Bölümü'ne ve orada yaptığım çalışmalara başkanlık eden ve projenin bilimsel bakış açısıyla yönlenmesini, gelişmesini sağlayan ayrıca XRD-XRF analizlerini gerçekleştiren GCI Bilim Bölümü Başkanı Prof. Dr. Giocamo Chiari ve enjeksiyon harçlarının geliştirilmesi ve performans analizlerinde 2008 yılından beri bilgisini esirgemeyerek sonsuz bilimsel ve manevi desteğiyle beni yetiştiren ve projenin gerçekleşmesinde büyük katkısı olan GCI Bilim Bölümü'nden İnşaat Mühendisi Beril Biçer Şimşir'e ve GCI Saha Projeleri Bölümü'nden Duvar Resmi Konservatörü Leslie Rainer'a gönülden teşekkür ederim. ESEM-EDX analizlerinin gerçekleştirilmesinde bilimsel

ve manevi yardımını esirgemeyen GCI Bilim Bölümü'nden Laboratuar Müdürü Kimya Mühendisi Dr. David Carson'a teşekkür ederim. FTIR analizlerini gerçekleştiren Kimya Mühendisi Dr. Lee Lym'e, IC analizlerini gerçekleştiren J. Mazurek'e ayrıca laboratuar malzeme trafiğini başarıyla sağlayan Tina Segler' a ve Gary Mattison' a, laboratuar çalışmalarında yardımını esirgemeyen Konservatör Anjo Weigbourhoud teşekkür ederim. 2008 yılında GCI da ilk görev aldığım yıldan itibaren desteklerini esirgemeyen GCI Başkanı Tim Whalen, Yardımcı Başkanı Jeanne Marie Teutonico ve GCI Saha Projeleri Bölümü Başkanı Susan Machdonald'a bilimsel ve manevi desteklerinden ötürü teşekkür ederim.

Ayrıca İstanbul Üniversitesi'nde 2011 yılında gerçekleştirdiğim laboratuar çalışmasında yardımlarını esirgemeyen, Doç. Dr. Ahmet Güleç'e ve bilimsel ve manevi desteğini esirgemeyen İstanbul Üniversitesi Bizans Sanatı Tarihi Bölüm Başkanı Prof. Dr. Engin Akyürek'e, Prof. Dr. Sait Başaran'a, İstanbul Üniversitesi Türkiyat Araştırmaları Enstitüsü Müdürü Prof. Dr. Azmi Bilgin'e teşekkür ederim. Türkiyat Araştırmaları Enstitüsü Türk Sanatı Tarihi Bölüm Başkanı Doç. Dr. İbrahim Çeşmeli'ye özgür çalışma ortamı sağladığı için ayrıca bilimsel ve manevi desteğinden ötürü teşekkür ederim. Bunların yanı sıra bu çalışmada emeği geçen, T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı ve Müzeler Genel Müdürlüğü, İstanbul Konservasyon Merkez Laboratuarı Emekli Duvar Resmi Konservatörleri Gülseren Dikilitaş ve Revza Özil'e, T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Niğde Arkeoloji Müzesi Müdürü Konservatör Fazıl Açikgöz'e, T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Nevşehir Müzesi Müdürü Konservatör Dr. Murat Gülyaz'a ve Ihlara Vadisi T.C.Kültür ve Turizm Bakanlığı çalışanlarından Mustafa Karaoğlan'a teşekkür ederim.

Son olarak, tez çalışmamın her aşamasında maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, sevgili annem Nursel Günözü, babam Edip Günözü ve değerli ağabeyim Murat Günözü'ye teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZ (ABSTRACT)……iii
ÖNSÖZ……...vii
İÇİNDEKİLER……..x
PLAN LİSTESİ……..xv
ŞEKİL LİSTESİ……xvi
FOTOĞRAFLİSTESİ……..xvii
GRAFİKLİSTESİ……xviii
TABLO LİSTESİ……..xx
MİKRO HARİTA LİSTESİ…….xxiv
GİRİŞ……1
1. KAPADOKYA BÖLGESİNİN COĞRAFİ KONUMU TARİHÇESİ VE PİLOT BÖLGE BELİRLEME ÇALIŞMALARI ……..…….4
1.1. Kapadokya Bölgesinin Coğrafi Konumu……4
1.2. Kapadokya Bölgesinin Tarihçesi……...4
1.3. Kapadokya Bölgesi Kireç Bağlayıcılı Duvar Resimlerinin Konservasyonunda Kullanılabilecek Enjeksiyon Harcı Üretimi İçin Pilot Bölge Belirleme Çalışmaları..5
1.3.1. Kapadokya Bölgesi'nde Aksaray İli Güzelyurt İlçesi Ihlara Vadisi'nin Pilot Bölge Olarak Belirlenme Aşamaları……..6
1.3.2. Nevşehir İli Göreme İlçesi Açık Hava Müzesi ve Aksaray İli Güzelyurt İlçesi Ihlara Vadisi'nde Gerçekleştirilen Saha Araştırma Çalışmaları ……..9
1.4. Ihlara Vadisi'nde Pilot Yapı Olarak Belirlenen Kiliselerin Tarihçesi ……...10
1.4.1. Bahattin Samanlığı Kilisesi Tarihçesi……10
1.4.2. Kırkdamaltı Kilisesi (Saint Geogre Kilisesi) Tarihçesi…….……10
1.4.3. Direkli Kilise Tarihçesi……..11
2. KİREÇ BAĞLAYICILI DUVAR RESİMLERİNİN KONSERVASYONUNDA KULLANILAN ENJEKSİYON HARÇLARI/ PERFORMANS TESTLERİ VE SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ……12
2.1. Ticari Enjeksiyon Harçları Performans Testleri ve Sonuçların Değerlendirilmesi……12
2.2. Ticari Enjeksiyon Harçları Performans Testleri ve Sonuçların Değerlendirilmesi……16
2.3. Kapadokya Bölgesi Kireç Bağlayıcılı Duvar Resimlerinin

Konservasyonunda Kullanılan Enjeksiyon Harçları ve Özellikleri……...18
2.3.1. Kazein Enjeksiyon Harcı (Ticari Olmayan)……...18
2.3.1.1. Kazein Enjeksiyon Harcı (C1) Performans Testi Sonuçları…….....20
2.3.2. Ticari Enjeksiyon Harçları Performans Testi Sonuçları……..21
2.3.2.1. Malta 6001 (Art. 31051) Firma Enformasyonu……..…21
2.3.2.2. Malta 6001 (Art. 31051) Enjeksiyon Harcı Performans Testi Sonuçları……..……22
2.3.2.3.Tecno Edile Ledan Enjeksiyon Harçlar…….23
2.3.3.Kazein Harcı (C1), Brescianni/Malta 6001, Tecno Edile/Ledan Serisi Enjeksiyon Harçlarının Performans Testleri Sonuçlarının Değerlendirilmesi ……23
2.3.3.1. Sıvı Halde . Kazein Harcı (C1), Malta 6001, Ledan Serisi Performans Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi ……23
2.3.3.2. Prizlenme Halinde Kazein Harcı (C1), Brescianni/ Malta 6001, Tecno Edile/ Ledan Serisi Enjeksiyon Harçlarının Performans Testi Sonuçlarının Değerlendirilmesi……...……26
2.3.3.3 Katı/ Kuru Halde Kazein Harcı (C1), Brescianni /Malta 6001, Tecno Edile/ Ledan Serisi Enjeksiyon Harçlarının Performans Testi Sonuçlarının Değerlendirilmesi……...……27
3. IHLARA VADİSİ PİLOT YAPILARI KİREÇ BAĞLAYICILI DUVAR RESİMLERİNİN KARAKTERİZASYONU VE BOZULMA NEDENLERİ……32
3.1. Ihlara Vadisi Kireç Bağlayıcılı Duvar Resmi Pilot Yapıları Saint George Kilisesi, Bahattin Samanlığı Kilisesi ve Direkli Kilise Duvar Resmi Sıvaları ve Taşıyıcının Karekterizasyonunu……...32
3.1.1. Ihlara Vadisi Pilot Yapıları Sıva Örnekleri Görsel Tanımlamaları…….33
3.1.1.1. Bahattin Samanlığı Kilisesi Sıva Örneği Tanımlamaları…...…34
3.1.1.2. Direkli Kilise Sıva Örneği Tanımlamaları……34
3.1.1.3. Saint George Kilisesi (Kırkdamaltı Kilisesi) Sıva Örneği Tanımlamaları……35
3.1.2. Kızdırma Kaybı Tayini ve Asitle Reaksiyona Girmeyen Agregaların Analiz Sonuçları……...36
3.1.3. Ihlara Vadisi Pilot Yapıları Kireç Bağlayıcılı Duvar Resmi Sıvaları Porozite Tayini ve Sonuçları……..40

3.1.4. Ihlara Vadisi Kireç Bağlayıcılı Duvar Resimleri Haritalandırma/Mikro Yapı Analizleri (ESEM-EDX, XRD/XRF, FTIR) Sonuçlarının Değerlendirilmesi…….44
3.2. Ihlara Vadisi Pilot Yapıları Kireç Bağlayıcılı Duvar Resimlerinin Bozulma Nedenleri ve Bozulma Etkenlerinin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler……..48
4. KİREÇ BAĞLAYICILI ENJEKSİYON HARÇLARININ PERFORMANSININ BELİRLENMESİNDE KULLANILAN TESTLER …….51
4.1. Sıvı Halde Uygulanan Performans Testleri…….51
4.1.1. Enjekte Edilebilirlik Testi (Basınç ile)……51
4.1.1.1. Enjekte Edilebilirlik (Basınç ile) Testi İçin Gerekli Malzemeler……...52
4.1.1.1.1 Kolon Hazırlığı İçin Gerekli Malzemeler……52
4.1.1.1.2. Kolonların Hazırlanması……53
4.1.1.1.3. Enjekte Edilebilirlik (Basınç ile) Testi İçin Gerekli Malzemeler……54
4.1.1.2. Enjekte Edilebilirlik Testi (Basınç ile) Uygulama……55
4.1.1.3. Sıvı Absorbe Etmeden Enjekte Edilebilirlik Testi Uygulama Aşamaları……56
4.1.1.4. Sıvı Absorbe Ederek Basınç Altında Enjekte Edilebilirlik Testi Uygulama Aşamaları……57
4.1.2. Islak Ağırlık Testi……..60
4.1.2.1. Islak Ağırlık Testi İçin Gerekli Malzemeler……..……60
4.1.2.2. Islak Ağırlık Testi Uygulama Aşamaları……..……61
4.1.3. Su Tutma ve Bırakma Kapasitesi Testi……..…61
4.1.3.1. Su Tutma ve Bırakma Kapasitesi Testi için Gerekli Malzemeler……62
4.1.3.2. Su Tutma ve Bırakma Kapasitesi Testi Uygulama Aşamaları……..……63
4.1.4. Genleşme ve Ayrışma Testi……64
4.1.4.1. Genleşme ve Ayrışma Testi Gerekli Malzemeler……..64
4.1.4.2. Genleşme ve Ayrışma Testi Uygulama Aşamaları……64
4.2. Prizlenme Haline Uygulanan Performans Testleri…….……65
4.2.1. Prizlenme Süresi Testi……66
4.2.1.1. Prizlenme Süresi Testi için Gerekli Malzemeler……66

4.2.1.2. Prizlenme Süresi Testi Örnek Hazırlama Aşamaları……66
4.2.1.3. Prizlenme Süresi Testi Uygulama……67
4.2.2. Hacimsel Değişim Testi……..……67
4.2.2.1. Hacimsel Değişim Testi İçin Gerekli Malzemeler……..68
4.2.2.2. Hacimsel Değişim Testi Örnek Hazırlama Prosedürü……..69
4.2.2.3. Hacimsel Değişim Testi Uygulama……..70
4.3. Katı/Kuru Halde Uygulanan Performans Testleri……..……71
4.3.1 Bağlanma Dayanıklılığı Testi……..…72
4.3.1.2. Bağlanma Dayanıklılığı Testi Gerekli Materyaller……..……72
4.3.1.3. Bağlanma Dayanıklılığı Testi Örnek Hazırlama Prosedürü……..…72
4.3.1.4. Bağlanma Dayanıklılığı Testi Uygulama Prosedürü……..……74
5. IHLARA VADİSİ KİREÇ BAĞLAYICILI DUVAR RESİMLERİNİN KONSERVASYO-NUNDA KULLANILABİLECEK İDEAL ENJEKSİYON HARÇLARINDA OLMASI GEREKEN ÖZELLİKLER……..……76
6. IHLARA VADİSİ KİREÇ BAĞLAYICILI DUVAR RESİMLERİ İÇİN "İDEAL" ENJEKSİYON HARCI ÜRETİMİ……...81
6.1. Ihlara Vadisi (Peristrema) Enjeksiyon Harçlarının Üretiminde Kullanılan Materyaller ve Özellikleri……81
6.1.1. Bağlayıcı (Kireç)……81
6.1.1.1 St. Astier Natürel Hidrolik Kireçleri (NHL) Malzeme Enformasyonu……81
6.1.1.2.St.Astier Natürel Hidrolik Kireçlerinin Ham Madde Özellikleri..81
6.1.1.3. Kireç Yapımında Hammaddenin Önemi……..…83
6.1.1.4. St. Astier Natürel Hidrolik Kireçlerinin (NHL) Ham Halde Kimyasal ve Mineralojik Özellikleri……..……83
6.1.1.5. St. Astier Natürel Hidrolik Kireçlerinin Yakılma Aşaması…….84
6.1.1.6. St. Astier Natürel Hidrolik Kireçlerinin Hidratasyon (Söndürme) Aşaması……84
6.1.1.7. St. Astier Natürel Hidrolik Kireçlerinin Kalite Özellikleri……85
6.1.1.8. St. Astier Doğal Hidrolik Kireçlerinin Mekanik Özellikleri…….86
6.1.1.9. St. Astier Natürel Hidrolik Kireçlerinin Üretim ve Kalite Kontrol Aşaması……87

6.1.1.10. St. Astier Natürel Hidrolik Kireçlerinin Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri (Final Ürün) ……88
6.1.1.11. Peristrema Enjeksiyon Harcı Yapımında Kullanılan St. Astier Natürel Hidrolik Kireçlerin Ürün Enformasyonu ……89
6.1.1.11.1. NHL 2, NHL 3.5 ve NHL 5 Ürünleri Malzeme Güvenliği ve Emniyeti (MSDS)……91
6.1.2. Agregalar/Dolgular……93
6.1.2.1. Fillite 106……..93
6.1.2.1.1. Fillite Uygulama Alanları……94
6.1.2.1.2. Fillite Kimyasal ve Fiziksel Özellikler Özellikleri…….94
6.1.2.2. SIL-CO-SIL (Öğütülmüş Silika)……..…95
6.1.2.3. MIN-U-SIL (İnce Öğütülmüş Silika)……..……96
6.1.2.3.1. MIN-U-SIL/ İnce Öğütülmüş Silika Özellikleri…….96
6.1.2.4. ROY-CAL-H……97
6.1.2.4.1. İstiridye Kabuğunun Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri……97
6.1.3. Katkı Malzemeleri ……98
6.1.3.1. CELLOSIZE™ ER 15M HEC ……..……98
6.1.3.1.1. CELLOSIZE™ ER 15M HEC Ürün Enformasyonu……..98
6.1.3.2. Kazein……..……99
6.2. Peristrema Enjeksiyon Harçlarının Performans Özellikleri ve Üretiminde Uygulanan Performans Testleri Sonuçları……101
6.3. Peristrema Enjeksiyon Harçlarının Formülasyonu, Performans Özellikleri ve Hazırlama Prosedürleri……..……107
SONUÇ VE ÖNERİLER……119
BİBLİYOGRAFYA……..148
PLANLAR……159
ŞEKİLLER……...162
FOTOĞRAFLAR……167
GRAFİKLER……174
TABLOLAR……..…197
MİKRO HARİTALAR……..244
ÖZGEÇMİŞ……..……258

PLAN LİSTESİ

Plan 1: Bahattin Samanlığı Kilisesi Planı (Restle 1967 Iıı: Lxı)……159

Plan 2: Sait George (Kırkdamaltı) Kilisesi Planı (Restle 1967 Iıı: Lx)……..160

Plan 3: Direkli Kilise Planı (Restle 1967 Iıı: Lxıı)……..161

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1: BHT-2P Örneği XRF-XRD gypsum $CaSO_4.2H_2O$ detekte edilmiştir……..162

Şekil 2: BHT-2P Pure kalsit Ca (CO_3) detekte edilmiştir……162

Şekil 3: BHT-9P Gypsum'un kalsite göre dominant olduğu görünüyor……163

Şekil 4: Karşılaştırmalı BHT-P örneklerinde gypsum $CaSO_4.2H_2O$ detekte edildi……163

Şekil 5: XRF BHT 1P Gypsum $CaSO_4.2H_2O$ boya içerisinde detekte edildi……..164

Şekil 6: BHT 1P XRF/ Boya içerisine gypsum partikülleri……..164

Şekil 7: FTIR/ DK 2P Kalsiyum karbonat, gypsum, sodyum oksalat detekte edildi……..…165

Şekil 8: FTIR/ SNG 9P Kalsiyum karbonat, gypsum, sodyum oksalat,
caput mortum detekte edildi……165

Şekil 9: FTIR/ BHT10P kalsiyum karbonat, gypsum, sodyum oksalat detekte edildi…..…166

FOTOĞRAF LİSTESİ

Fotoğraf 1: Ihlara Vadisi genel görünüm. ……167

Fotoğraf 2: Ihlara Vadisi genel görünüm ……..167

Fotoğraf 3: Bahattin Samanlığı Kilisesi apsis ……..168

Fotoğraf 4: Bahattin Samanlığı Kilisesi.……..168

Fotoğraf 5: Saint George (Kırkdamaltı) Kilisesi ……..169

Fotoğraf 6: Saint George Kilisesi vandalizm ve erozyon ……..169

Fotoğraf 7: Saint George Kilisesi tuzlanma nedeniyle erozyon.……170

Fotoğraf 8: Saint George Kilisesi Pantokrator İsa, tuz hareketleri.……170

Fotoğraf 9: Direkli Kilise ……..171

Fotoğraf 10: Direkli Kilise sıva ayrılmaları……171

Fotoğraf 11: Direkli Kilise apsis sıva ayrılmaları……..172

Fotoğraf 12: Direkli Kilise apsis sıva ayrılmaları……..172

Fotoğraf 13: Saint George Kilisesi sıva ayrılmaları……173

Fotoğraf 14: Saint George Kilisesi mikro sıva ayrılmaları……..173

GRAFİK LİSTESİ

Grafik 1: Grafik 1: Kazein Harcı (C1) TC Verileri……174

Grafik 2: Enjekte Edilebilirlik (Basınç Altında) B/W, B/D……174

Grafik 3:Kazein Harcı (C1) Enjekte Edilebilirlik (Basınç Altında) T/W,T/D……..175

Grafik 4: Kazein Harcı (C1) Enjekte Edilebilirlik (Basınç Altında) B/W, B/D-T/W,T/D Karşılaştırma Grafiği……175

Grafik 5: Enjekte Edilebilirlik Testi (Basınç Altında) Referans Limitleri Grafiği……...176

Grafik 6: Perıstrema-1 Enjekte Edilebilirlik (Basınç Altında) ……176

Grafik 7: Perıstrema-3C Enjekte Edilebilirlik (Basınç Altında)……...177

Grafik 8: Perıstrema-5A Enjekte Edilebilirlik (Basınç Altında) ……..177

Grafik 9: Perıstrema-6 Enjekte Edilebilirlik (Basınç Altında) ……178

Grafik 10: Perıstrema-7 Enjekte Edilebilirlik (Basınç Altında) ……...178

Grafik 11: Peristrema-8 Enjekte Edilebilirlik (Basınç Altında) ……..179

Grafik 12: Peristrema-2 Enjekte Edilebilirlik (Basınç Altında) ……..179

Grafik 13: Perıstrema-1-H Enjekte Edilebilirlik (Basınç Altında) ……...…180

Grafik 14: Perıstrema-1 Viskozite Enformasyonu (1. Ölçüm) ……..….180

Grafik 15: Perıstrema-1 Viskozite Enformasyonu (3. Ölçüm) ……..181

Grafik 16: Perıstrema-3C Viskozite Enformasyonu (2. Ölçüm) ……181

Grafik 17: Perıstrema-5A Viskozite Enformasyonu (1. Ölçüm) ……182

Grafik 18: Perıstrema-6 Viskozite Enformasyonu (1. Ölçüm) ……..182

Grafik 19: Perıstrema-7 Viskozite Enformasyonu (2. Ölçüm) ……..183

Grafik 20: Perıstrema-7 Viskozite Enformasyonu (1. Ölçüm) ……..183

Grafik 21: Perıstrema-8 Viskozite Enformasyonu (1. Ölçüm) ……..184

Grafik 22: Perıstrema-8 Viskozite Enformasyonu (2. Ölçüm) ……..184

Grafik 23: Perıstrema-2 Viskozite Enformasyonu (1. Ölçüm) ……..185

Grafik 24: Perıstrema-1H Viskozite Enformasyonu (1-2. Ölçüm) ……185

Grafik 25: Kazein Harcı (C1) Viskozite Enformasyonu (4. Ölçüm) ……..….186

Grafik 26: Kazein Harcı (C1) Viskozite Enformasyonu (4-2. Ölçüm) ……..….186

Grafik 27: Kazein Harcı (C1) PVA' sız, Viskozite Enformasyonu (1. Ölçüm) ……..…187

Grafik 28: Kazein Harcı (C1) PVA' sız, Viskozite Enformasyonu (2. Ölçüm) ……..187

Grafik 29: St. Astier NHL 2.0 Viskozite Enformasyonu……..…188

Grafik 30: St. Astier NHL 3.5 Viskozite Enformasyonu……..188

Grafik 31: St. Astier NHL 2.0-Kremer Kazein Viskozite Enformasyonu……..189

Grafik 32: St. Astier NHL 3.5- Kremer Kazein Viskozite Enformasyonu……..…189

Grafik 33: Perıstrema Enjeksiyon Harçları Prizlenme Süresi Karşılaştırma Grafiği……..190

Grafik 34: Perıstrema-1 Su Emme Kapasitesi Enformasyonu……..190

Grafik 35: Perıstrema-3C Su Emme Kapasitesi Enformasyonu……191

Grafik 36: Perıstrema-5A Su Emme Kapasitesi Enformasyonu..……..……191

Grafik 37: Perıstrema-6 Su Emme Kapasitesi Enformasyonu..……192

Grafik 38: Perıstrema-3C Su Emme Kapasitesi Enformasyonu..……..192

Grafik 39: Perıstrema-8 Su Emme Kapasitesi Enformasyonu..……...…193

Grafik 40: Perıstrema-2 Su Emme Kapasitesi Enformasyonu……..…193

Grafik 41: Perıstrema-1H Su Emme Kapasitesi Enformasyonu..……..…194

Grafik 42: Perıstrema Enjeksiyon Harçları Ve Kazein Harcı (C1) Su Tutma Kapasitesi Karşılaştırma Grafiği……..……..195

Grafik 43: Taşıyıcı Duvar İgnimbrit Yarmada Çekme Dayanımı Enformasyonu……....196

TABLO LİSTESİ

Tablo 1: GCI Ticari Enjeksiyon Harcı Terkipleri (w%)……..……197

Tablo 2: GCI Bresciani/Malta 6002 Performans Testi Sonuçları……..197

Tablo 3: GCI Leit Performans Test Sonuçları…….……198

Tablo 4: GCI Leit 01 Performans Test Sonuçları…….……198

Tablo 5: GCI Mape Antique F21 Performans Testi Sonuçları……..199

Tablo 6: GCI Mape Antique I Performans Testi Sonuçları…….……199

Tablo 7: GCI PLM A Performans Test Sonuçları…….……200

Tablo 8: GCI PLM AL Performans Test Sonuçları……..……..200

Tablo 9: GCI PLM I Performans Test Sonuçları……..201

Tablo 10: GCI Kireç Bağlayıcılı Enjeksiyon Harçları İçin Performans Testi Limitleri……....201

Tablo 11: Ticari Enjeksiyon Harçları Üretici Firma Enformasyonu-1……..…..202
2
Tablo 12: Ticari Enjeksiyon Harçları Üretici Firma Enformasyonu-2……...203

Tablo 13: GCI- ICCROM Enjeksiyon Harcı Terkipleri…….203

Tablo 14: GCI- ICCROM BD-LF NHL 3.5-z Performans Test Sonuçları…….204

Tablo 15: ICCROM P-LF NHL 3.5-z Performans Test Sonuçları…….204

Tablo 16: T.C. Kültür Ve Turizm Bakanlığı Göreme Açık Hava Müzesi Duvar Resmi Konservasyon Projesi Raporlarına Göre Kalsiyum Kazeinat Harcı Terkibi Hazırlanışı (C1) ……205

Tablo 17: Kazein Enjeksiyon Harcı (C1) Malzemelerinin Temin Edildiği Firmalar……205

Tablo 18: Kalsiyum Kazeinat Harcı (C1) Hazırlanışı……..206

Tablo 19: Bresciani Materials and Equipments for the Restoration and Conservation Firması Malta 6001 (Art. 31051) Analiz Sonuçları……...206

Tablo 20: GCI Herculeneum Projesi Bresciani Malta 6001 Test Sonuçları……207

Tablo 21: GCI Herculeneum Projesi Tecno Edile Ledan Ital B2 Performans Test Sonuçları……207

Tablo 22: GCI Herculeneum Projesi Tecno Edile Ledan Ital TB1 ICR Performans Test Sonuçları ……..……208

Tablo 23: Kazein Harcı (C1) Performans Test Sonuçları……..……208

Tablo 24: Ihlara Vadisi Pilot Yapıları Kireç Bağlayıcılı Duvar Resimlerinin Karakterizasyonunun Belirlenmesinde Kullanılan Analiz Teknikleri…….209

Tablo 25: Ihlara Vadisi Direkli Kilise/Bahattin Samanlığı Kilisesi/Saint George (Kırdamaltı) Kilisesi Örnek Tanımlamaları……210

Tablo 26: Ihlara Vadisi Direkli Kilise/Bahattin Samanlığı Kilisesi / Saint George Kırkdamaltı Kilisesi Taşıyıcı Duvar/ Dere Kumu/ Duvar Resmi Sıvası Örnekleri Asitle Reaksiyona Girmeyen Agregaların Analiz Sonuçları ……211

Tablo 27: Ihlara Vadisi Direkli Kilise/Bahattin Samanlığı Kilisesi Ve Saint George Kilisesi Taşıyıcı Duvar / Duvar Resmi Sıvaları Kızdırma Kaybı Analizi Sonuçları……212

Tablo 28: Ihlara Vadisi Kireç Bağlayıcılı Duvar Resmi Sıvaları Porozite Tayini Sonuçları...213

Tablo 29: Ihlara Vadisi Bahattin Samanlığı Kilisesi Sıva Karakterizasyonu Aletli Analiz Sınıflandırma Tablosu……213
.
Tablo 30: Ihlara Vadisi Direkli Kilise Sıva Karakterizasyonu Aletli Analiz Sınıflandırma Tablosu……214

Tablo 31: Ihlara Vadisi Saint George Kilisesi Sıva Karakterizasyonu Aletli Analiz Sınıflandırma Tablosu……215

Tablo 32: Ihlara Vadisi Direkli Kilise, Bahattin Samanlığı Kilisesi, Saint George Kilisesi Spot Test Verileri……216

Tablo 33: Ihlara Vadisi Direkli Kilise Bahattin Samanlığı Kilisesi Saint George Kilisesi Relatif Nem ve Sıcaklık Ölçüm Sonuçları (20.10.2011)……216

Tablo 34: Ihlara Vadisi Direkli Kilise, Bahattin Samanlığı Kilisesi, Saint George Kilisesi Sıva/Duvar Nem /Sıcaklık Ölçümleri Tablosu……217

Tablo 35: Enjekte Edilebilirlik Testi (Basınç İle) Hesaplama Tablosu……217

Tablo 36: Islak Ağırlık Testi Hesaplama Tablosu……218

Tablo 37: Su Tutma Ve Bırakma Kapasitesi Testi Hesaplama Tablosu……218

Tablo 38: Genleşme Ve Ayrışma Testi Hesaplama……219

Tablo 39: St. Astier NHL Depozitlerinin Kimyasal Ve Mineralojik Analiz Sonuçları……219

Tablo 40: St. Astier NHL Mineralojik İçerik……219

Tablo 41: St. Astier NHL 5, NHL 3.5, NHL 2 Hidratasyon (Söndürme) Aşamasında Özellikleri ……220

Tablo 42: St. Astier Doğal Hidrolik Kireçlerinin Mekanik Özellikleri……220

Tablo 43: St. Astier / Üretici Firma NHL Bağlayıcı Kullanılarak Hazırlanan Harç Karışımları Test Sonuçları……221

Tablo 44: 1/2.5 St. Astier NHL Harçları Performans Test Sonuçları……222

Tablo 45: 1/2 NHL Harcı Performans Test Sonuçları……223

Tablo 46: En Limitleri İle St. Astier Enformasyonu Karşılaştırma Tablosu……224

Tablo 47: St. Astier NHL Potansiyel Bozucu Bileşen Miktarı……225

Tablo 48: St. Astier Serbest Kireç Miktarı (Söndürme İşlemi Sonrasında)……..……..225

Tablo 49: St. Astier NHL Su Buharı Geçirgenliği Tablosu……..……..225

Tablo 50: St. Astier Genleşme Katsayısı……..……226

Tablo 51: St. Astier Natürel Hidrolik Kireçleri Prizlenme Süresi……226

Tablo 52: St. Astier Doğal Hidrolik Kireçleri Dansite (Birim Hacim Ağırlığı)……226

Tablo 53: St. Astier Natürel Hidrolik Kireçleri Beyazlık Endeksi……226

Tablo 54: St. Astier/ NHL 5.0 Ürün Enformasyonu……227

Tablo 55: St. Astier/ NHL 3.5 Ürün Enformasyonu……228

Tablo 56: St. Astier/ NHL 2.0 Ürün Enformasyonu……229

Tablo 57: Cesa St. Astier NHL Enjeksiyon Harcı Önerileri……230

Tablo 58: NHL 2, 3.5,5 İçeriğinde Bulunan Zararlı Malzemeler……230

Tablo 59: Peristrema Enjeksiyon Harçlarında Kullanılan Agregalar……231

Tablo 60: Tablo 60: Fillite Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri……232

Tablo 61: Tablo 61: Fillite Derecelendirme (Tane Boyut Aralığı Ve Dağılımı)……233

Tablo 62: U.S Silica Inc./ Sil-ko-sil 52 Tane Boyut Dağılımı……233

Tablo 63: U.S Silica Inc./ Sil-ko-sil 52 Kimyasal Analiz Sonuçları……..234

Tablo 64: U.S Silica Inc./ Sil-ko-sil 52 Fiziksel Özellikleri……234

Tablo 65: U.S Silica Inc./ Mın-u-sil Kimyasal Analiz Sonuçları……235

Tablo 66: U.S Silica Inc./ Mın-u-sil Kimyasal Analiz Sonuçları……235

Tablo 67: Roy-Cal-H Hm Royal Inc. Ürün Enformasyonu……236

Tablo 68: İstiridye Kabuğunun Kimyasal Kompozisyonu……..236

Tablo 69: İstiridye Kabuğunun Fiziksel Özellikleri……..237

Tablo 70: Farklı Tane Boyutlarında Öğütülmüş İstiridye Kabuğu Teknik Özellikleri……..237

Tablo 71: The Dow Company Cellosıze™ Er 15m Hec (Hidroksi Etil Selüloz) Analiz Verileri……237

Tablo 72: Kremer Pigment Inc. 63200 Kazein Ürün Enformasyonu……238

Tablo 73: Islak Ağırlık Testi Sonuçları Islak Ağırlık Testi……...239

Tablo 74: Anti-Sedimentasyon / Genleşme Ve Ayrışma Testi Sonuçları……....239

Tablo 75: Su Tutma Ve Bırakma Kapasitesi Testi Sonuçları……240

Tablo 76: Enjekte Edilebilirlik (Basınç Altında) Performans Testi Sonuçları……...240

Tablo 77: Hacimsel Değişim Testi Sonuçları……...241

Tablo 78: Yarmada Çekme Dayanımı Testi (6 Aylık-1 Yıllık)……241

Tablo 79: Peristrema Enjeksiyon Harçları Su Emme Kapasitesi Ortalamaları……...242

Tablo 80: Peristrema Enjeksiyon Harçları Su Buharı Geçirgenliği……...242

Tablo 81: Peristrema Enjeksiyon Harçları Bağlanma Dayanımı (SBS) Testi Sonuçları……243

Tablo 82: Peristrema Enjeksiyon Harçları Prizlenme (Başlangıç Süresi) Testi Sonuçları…243

Tablo 83: Peristrema-1 Formülasyonu Hazırlama Parametreleri
Performans Özellikleri……...107

Tablo 84: Peristrema-3C Formülasyonu Hazırlama Parametreleri
Performans Özellikleri……...108

Tablo 85: Peristrema-5A Formülasyonu Hazırlama Parametreleri
Performans Özellikleri……...109

Tablo 86: Peristrema-6 Formülasyonu Hazırlama Parametreleri Performans Özellikleri…110

Tablo 87: Peristrema-7 Formülasyonu Hazırlama Parametreleri Performans Özellikleri….111

Tablo 88: Peristrema-8 Formülasyonu Hazırlama Parametreleri Performans Özellikleri….112

Tablo 89: Peristrema-2 Formülasyonu Hazırlama Parametreleri Performans Özellikleri….113

Tablo 90: Peristrema-1H Formülasyonu Hazırlama Parametreleri Performans Özellikleri..114

MİKRO HARİTALAR LİSTESİ

MİKRO HARİTA/ESEM EDX 1: BHT-9P, S/1-3……..244

MİKRO HARİTA ESEM/EDX 2: SNG 14A S/12……..245

MİKRO HARİTA/ESEM EDX 3: SNG 14A, S/13……246

MİKRO HARİTA ESEM/EDX 4: STONE S/14……..247

MİKRO HARİTA/ESEM EDX 5: SNG 14 B S/15……248

MİKRO HARİTA ESEM/EDX 6: SNG 14B S/16……..249

MİKRO HARİTA/ESEM EDX 7: DK 5P, S/100……250

MİKRO HARİTA ESEM/EDX 8: DK 9P 14A S/111……251

MİKRO HARİTA/ESEM EDX 9: DK-1P, S/124……252

MİKRO HARİTA ESEM/EDX 10: SNG 1P S/1……253

MİKRO HARİTA ESEM/EDX 11: SNG 3P S/18……..254

MİKRO HARİTA/ESEM EDX 12: BHT-2P, S/102……255

GİRİŞ

Bu çalışma, Kapadokya Bölgesi, Bizans Dönemi Kireç Bağlayıcılı Duvar Resimlerinin korunmasında kullanılan, ticari-ticari olmayan enjeksiyon harçlarının laboratuar ortamında yapılan analiz ve testlerle kimyasal, fiziksel özellikleri ile performanslarının araştırılması ve şu ana dek bölgede, korunması yapılmamış yapılarda bulunan duvar resimlerinin sağlamlaştırılmasında kullanılabilecek, ideal enjeksiyon harçlarının laboratuar ortamında üretilerek, performanslarının analiz ve testlerle değerlendirilmesi esasına dayanmaktadır. Kapadokya Bölgesi'nde günümüze dek devam eden ve duvar resmi konservatörü olarak, şahsen görev aldığım projelerde tecrübe ettiğim ve bölgede ilk konservasyon çalışmalarının başlamasından günümüze dek uygulayıcı konservatörlerle yaptığım istişarelerde ortaya çıkan sonuç; Bizans Dönemi kireç bağlayıcılı duvar resimlerinin konservasyonunda kullanılan ticari-ticari olmayan enjeksiyon harçlarının taşıyıcı-duvar, sıva-sıva arasına birincil olarak uygulama zorluğu ve ikincil olarak güçlükle uygulanabilen harçlardan yeterli performans alınamamasıdır. Bu çalışmada temel olarak; Kapadokya Bölgesi Bizans Dönemi kireç bağlayıcılı enjeksiyon harçlarından performans alınamaması sorunsalı, bilimsel metotlarla irdelenerek performans zorluklarının nedenleri ortaya konulmuş ve Bizans Dönemi kireç bağlayıcılı duvar resimlerinde bölgede uygulanabilecek enjeksiyon harçlarının performans özellikleri kriterleri belirlenerek, 8 adet kireç bağlayıcılı enjeksiyon harcı dizayn edilmiş, performans testleri gerçekleştirilmiş ve protokolleri oluşturulmuştur.

Nevşehir İli Göreme İlçesi, T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Göreme Açık Hava Müzesi'nde Bizans Dönemi kireç bağlayıcılı duvar resmi bulunan Kiliselerde 1973 yılından bu yana ICCROM ve TC. Kültür ve Turizm Bakanlığı Müzeler Müdürlüğü'nün ortaklaşa yürüttüğü duvar resmi koruma çalışmaları esnasında kullanılan enjeksiyon harçları ve terkipleri yazılı olarak 1973 yılından bu yana raporlanmıştır. Göreme Açık Hava Müzesi'nde bulunan duvar resimleri ile Ihlara Vadisi'nde bulunan Bizans Dönemi kireç bağlayıcılı duvar resimleri; yapım tekniği açısından benzerlik göstermektedir. Bu nedenle, Nevşehir İli T.C Kültür ve Turizm Bakanlığı Göreme Açık Hava Müzesi Bizans Dönemi Kiliseleri'nde günümüze dek yapılan ve resmi olarak raporlanmış konservasyon uygulamaları ve bölgede konservatörlerden oluşan bir heyetle gözleme dayanarak yaptığımız saha

araştırmaları referans alınarak, benzer özellikte olan ve konservasyon uygulaması yapılmamış Aksaray İli Güzelyurt İlçesi T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Ihlara Vadisi Açık Hava Müzesi Bizans Dönemi Kiliseleri, çalışma alanı olarak seçilmiştir. Ihlara Vadisi boyunca ve çevresinde yer alan tescilli 105 adet Kilise içerisinde, Göreme Açık Hava Müzesi'nde yer alan Bizans Dönemi kireç bağlayıcılı duvar resmi bulunduran, konservasyon uygulaması yapılmış ve yapım tekniği bu kiliselilerle benzerlik gösteren üç adet kireç bağlayıcılı Bizans Dönemi Kilisesi, pilot çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Bu kiliseler; Bahattin Samanlığı Kilisesi, Direkli Kilise ve Saint George (Kırkdamaltı Kilisesi) kiliseleridir.

Bu çalışmada; yerinde yapılan saha araştırması, örnek alma ve iklim araştırması enjeksiyon harçlarının dizayn edilme aşamasında malzeme seçimi ve performans özellikleri kriterlerinin belirlenmesine yönelik gerekli enformasyonu sağlayan sıva ve taşıyıcının karakterizasyonu, mekanik yapısı ve bozulmuşluk durumunun analiz ve testlerle belirlenmesine yönelik yapılan laboratuar analizleri ve testleri ile günümüze dek ve günümüzde kireç bağlayıcılı duvar resimlerinde kullanılan ve performans analizleri testleri yapılmış standart enformasyon elde edilen ticari ve ticari olmayan enjeksiyon harçlarının, Ihlara Vadisi'nde belirlenen Pilot Yapılarda bulunan duvar resmilerinin konservasyonunda kullanılmasının, uygunluğu ya da uyumsuzluğuna neden olan performans sorunsalı irdelenmiştir. Çalışmanın ilerleyen basamakları; Kapadokya Bölgesi'nde resmi raporları tutulan, Bizans Dönemi duvar resimlerinin konservasyonunda kullanılan enjeksiyon harçlarının, performans özelliklerinin testler ve analizlerle belirlenmesi sonucunda elde edilen enformasyon doğrultusunda, Ihlara Vadisi Bizans Dönemi kireç bağlayıcılı duvar resimlerinin konservasyonunda kullanılabilecek ideal enjeksiyon harçlarında olması gereken performans özellikleri belirlenerek referans kriterlerinin oluşturulması ve laboratuar ortamında elde edilen tüm bilgilerin ışığında enjeksiyon harçlarının dizayn edilmesinde (üretiminde) kullanılacak materyaller ve özelliklerinin araştırılması, enjeksiyon harçlarının terkiplerinin oluşturularak dizayn edilmesi ve dizayn edilen enjeksiyon harçlarının performans analizlerinin yapılarak terkip ve performans özellikleri prosedürlerinin oluşturulması aşamalarıyla gerçekleştirilmiştir. İdeal enjeksiyon harcı üretilse dahi, harcın hazırlanmasından uygulama esnasında geçen sürece dek, uygulayıcı tarafından yapılan hatalar enjeksiyon harcının performansını ve orijinal malzemeyi olumsuz olarak etkilemekte ve bozulma prosesini tetiklemektedir. Bu sebeple

enjeksiyon harçlarının arazide hazırlanması, kalite kontrolü ve uygulanmasında uyulması gerekli olan kurallar belirlenerek maddeler halinde belirtilmiştir. Bu çalışma kapsamında yukarıda anlatılan aşamaların gerçekleştirilmesinde kullanılan bilimsel analiz yöntemleri kısaca şöyledir;

Ihlara Vadisi Saint George, Bahattin Samanlığı ve Direkli Kilisesinde duvar resmi taşıyıcısı ve sıva tabakalarının statigrafisi ve karakterizasyonunun belirlenmesinde; ESEM-EDX **(Philips-FET XL 3D-ESEM-FEG OXFORD X MAX 80 mm^2 Xray Detector/ INCA software)**, XRD (X Ray Diffraction/ X Işınımı Kırınımı), XRF (X Ray Fluorescence/ X-Işınları Floresans Spektrumu) **(XRD-XRF INXITU /DUETTO)**, FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) aletli analiz metotları ve Asitle Muamele, Kızdırma Kaybı, Jeolojik İnceleme (ince ve çapraz kesit) test metotları kullanılmıştır

Duvar resimlerinin bozulmasına neden olan kimyasal, fiziksel ve biyolojik etkenlerin saptanması. Nem kaynakları, tuz hareketleri, biyolojik bozulmanın tespitinde higrometre, protimetre, kondaktometre, ESEM-EDX, basit spot test yöntemleri kullanılmıştır.

Enjeksiyon harçlarının performans özelliklerinin araştırılmasında; Enjekte Edilebilirlik Testi **(IGM/ INJECTABILITY APPARATUS I07 760)**, Akışkanlık Testi **(HAAKE VISCO TESTER 550 THERMO VISCOSITY TESTER)**, Islak Ağırlık Testi, Su Tutma ve Bırakma Kapasitesi Testi **(HUMBOLDT MANUFACTURİNG CO./ WATER RETENTION APPARATUS H-3630A)**, Genleşme ve Ayrışma Testi, Prizlenme Süresi Testi **(MATEST CEMENT SETTING TESTER/ VICATRONIC)**, Bağlanma Dayanıklılığı Testi, Basınç Dayanımı /Yarmada Çekme Dayanımı Testi, (**INSTRON UNIVERSAL TESTING MACHINE 5885H)**, Su Emme Kapasitesi Testi, Islak Kap Metodu ile Su Buharı Geçirgenliği ve İletim Oranı Testlerinin gerçekleştirilmesiyle enformasyon sağlanmıştır. Enjeksiyon harçlarının su içeriğinin saptanmasında TG Analizi, tuzluluk oranının saptanmasında İyon Kromotografisi IC **(DIONEX DX 500 CHROMATOGRAPH)**, analiz teknikleri kullanılmıştır.

1. KAPADOKYA BÖLGESİNİN COĞRAFİ KONUMU TARİHÇESİ VE PİLOT BÖLGE BELİRLEME ÇALIŞMALARI

1.1. Kapadokya Bölgesinin Coğrafi Konumu

Kapadokya Bölgesi, günümüzde Türkiye Cumhuriyeti sınırları içerisindeki Nevşehir, Aksaray, Niğde, Kayseri ve Kırşehir illerinin kapladığı alanda yer alır. Uçhisar, Göreme, Avanos, Ürgüp, Derinkuyu, Kaymaklı ve Ihlara Vadisi çevresi ise Kayalık Kapadokya Bölgesi olarak bilinmektedir. Strabon ise Kapadokya'yı güneyde, Toros Dağları, batıda Aksaray, doğuda Malatya ve kuzeyde Doğu Karadeniz kıyılarına kadar uzanan oldukça geniş bir bölge olarak tanımlamaktadır (Strabon, XII, XIII. XVI).

Kapadokya Bölge'sinde yer alan aktif volkanlar bölgenin jeolojik yapısının oluşmasında son derece etkili olmuştur. Hasandağı, Güllüdağ, Erciyes Dağı ve diğer birçok volkanın, Üst Miyosen Çağ'da, yaklaşık olarak günümüzden on milyon yıl önce aktif püskürme başladığı ve Holosen Çağ'a kadar aktivasyonlarının devam ettiği bilinmektedir. Bu volkanların püskürme aktivasyonu sonucunda çıkan lavlar: plato, göller ve akarsular üzerinde 100-150 m kalınlığında tüf, tüffit, ignimbirit, lahar, kumtaşı, marn aglomera ve bazalt gibi jeolojik kayaç tabakasının oluşmasına neden olmuştur (Gülyaz, 2010:5).

1.2. Kapadokya Bölgesinin Tarihçesi

Kappadokia adına ilk olarak Herodot metinlerinde rastlanmaktadır ve Orta Anadolu, Toros Dağlarıyla Karadeniz arasındaki bölge olarak tanımlanır (Herodotos, I. 71, 72, 73, 76; V.49, 52; VII. 26, 72). Kapadokyalılar metinlerde, *Suriyeliler* olarak adlandırılır "*Bu Suriyelilere Persler Kapadokialılar derler"; "Kapadokialılara Yunanlılar Suriyeli derler",* (a.e. , VII. 72; I. 72). Kapadokya Bölgesi prehistorik çağlardan günümüze kadar jeolojik yapısı gereği, verimli topraklarıyla insanoğlunun ilgisini çekmiş ve yaşam alanı oluşturmuştur. Aksaray Aşıklı Höyük, Niğde Köşk Höyük ve Nevşehir Civelek Mağarası'nda prehistorik dönemin izlerini görmek mümkündür. M.Ö. 2300'e tarihlendirilen Hititçe bir metinde burada ki yerleşim

merkezlerinden bahsedilmektedir. M.Ö. 1200'de Hitit İmparatorluğunun ortadan kalkmasından sonra Kapadokya Kimmerler'in (M.Ö. 700-650), Medler'in (M.Ö. 585) ve Perslerin (M.Ö. 350) hâkimiyetine girmiştir. Pers asıllı III. Ariartes'in bölgede kurduğu krallık Suriye'li II. Antiochus'a bağımlıdır. M.S. 17'de bir Roma eyaleti olan Kapadokya'nın başkenti Mazaka'nın adı Augustus tarafından *Caesarea*'ya dönüştürülmüştür (Ötüken, 1987: 8).

M.S. 1. yüzyıldan itibaren Hıristiyanların varlığı bölgede bilinmektedir (Restle 1967 II: 5-7; Kostov 1989: 3-8). M.S. 1. Yüzyılda Hıristiyanlığın bölgedeki etkinliği hakkında yeterli veri bulunmamasıyla beraber, Havari Paulus'un Galatya Bölgesine yaptığı yolculuk esnasında Kapadokya'dan geçtiği düşünülmektedir. Havari Petrus'un birinci mektubunda burada yaşayan Hıristiyanlardan söz edilmektedir. Casarea ve Melitene'de bu dini kabul etmiş topluluklar M.S. 2. yüzyılda mevcuttur. M.S. 4. yüzyılda bölgede Büyük Basileios, Nazianzos'lu Gregorios ve Nyssa'lı Gregorios gibi din adamları yetişmiştir. Kapadokya Bölgesi M.S. 5 ve M.S. 6. yüzyıllarda İzaura ve Hun akınlarına maruz kalır. M.S. 7. yüzyıllın başlarında bölgeyi Sasaniler istila etmiş ve bir yıl süre ile Kayseri'yi ele geçirmişlerdir. M.S. 7-10 yüzyıllarda Kapadokya Bizans ve Araplar arsında ki savaşta bir tampon bölge haline gelmiştir. M.S. 646 yılında Arap akınlarıyla Kayseri ele geçirilir ve ikinci akınlarla M.S. (640-800) birçok şehir elde edilir. M.S. 7. yüzyıldan itibaren Araplar ve Bizanslılar arasında devam eden savaşlar Bizans ordularının M.S. 863 yılında Melendiz ovasında kazandıkları bir muharebe ile durdurulur ve Araplardan birçok şehir geri alınır. VI. Leon zamanında (M.S. 886-912) İmparatorluğun doğu sınırı Malatya'ya kadar uzanmıştır. M.S. 10 yüzyılın ortalarından, M.S. 11 yüzyılın üçüncü çeyreğine kadar bölgede barış sağlanmıştır.

Bizanslılardan sonra Kapadokya Anadolu Selçukluları'nın sonrasında, Osmanlı İmparatorluğu'nun hâkimiyetine sahne olmuştur. M.S. 1082 yılında Kayseri, Anadolu Selçukluları tarafından ele geçirilir. Anadolu Selçukluları'nın hâkimiyeti sırasında Hıristiyanlar dini inançlarında serbest bırakılmış ve bölgede yaşamlarını sürdürmüşlerdir. 14. yüzyılın sonlarına doğru ise manastır topluluklarının zamanla azaldığı görülmektedir (Ötüken,1987: 8-10).

1.3. Kapadokya Bölgesi Kireç Bağlayıcılı Duvar Resimlerinin Konservasyonunda Kullanılabilecek Enjeksiyon Harcı Üretimi İçin Pilot Bölge Belirleme Çalışmaları

Nevşehir İli, Göreme İlçesi, T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Göreme Açık Hava Müzesi'nde Bizans Dönemi Duvar Resmi Bulunan Kiliselerde 1973 yılından bu yana ICCROM ve TC. Kültür ve Turizm Bakanlığı Müzeler Müdürlüğü'nün ortaklaşa yürüttüğü Duvar Resmi Koruma Projeleri'nde yapılan tüm uygulama ve çalışmalar ayrıntılı olarak raporlanmıştır. Koruma çalışması sırasında kullanılan enjeksiyon harçları ve terkipleri de yazılı olarak 1973 yılından günümüze dek raporlanmıştır. Bu raporlar; enjeksiyon harçlarının aynı terkiplerle hazırlanarak, laboratuar ortamında performanslarının değerlendirilebilmesi için muazzam bir kaynak teşkil etmektedir. T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı ve ICCROM'un ortaklaşa yürüttüğü, Göreme Açık Hava Müzesi Duvar Resimleri Koruma Projeleri'nde uzun yıllar görev yapan, T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü İstanbul Restorasyon ve Konservasyon Merkez Laboratuarı Emekli Duvar Resmi Konservatörü Revza Özil ile bu raporlar üzerinde çalışılmış ve enjeksiyon harçlarının bölgede uygulanma zorluğu ile ilgili istişare yapılmıştır. Aynı ekip üyelerinden; Duvar Resmi Konservatörü Gülseren Dikilitaş, Duvar Resmi Konservatörü Bekir Erzurumluoğlu, T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Niğde Müze Müdürü Duvar Resmi Konservatörü Fazıl Açıkgöz, T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Nevşehir Müze Müdürü Murat Gülyaz ile yapılan görüşmelerde enjeksiyon harçlarının uygulama zorluğu hakkında yapılan istişarenin yanı sıra in-situ olarak bazı enjeksiyon harçları bölgede yapılan çalışmalarda değerlendirilmiştir.

Enjeksiyon harçlarının laboratuarda geliştirme aşamasında uygulanan test ve analiz yöntemleri kireç bağlayıcılı enjeksiyon harçlarının dizayn edilmesinde ve geliştirilmesinde performans özellikleri ile ilgili çok geniş bilgi sağlamaktadır. Fakat arazi şartları ve konservatörlerin uygulama aşamasında raporladıkları performans özelliklerinin değerlendirilmesi enjeksiyon harcının geliştirilme aşamasında göz önünde bulundurulmalıdır. Bölgede uzun yıllar görev yapan Duvar Resmi Konservatörleriyle yapılan istişareler doğrultusunda, T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Nevşehir İli Göreme İlçesi Açık Hava Müzesi Bizans Dönemi kireç bağlayıcılı duvar resimlerinde yapılan enjeksiyon harcı uygulama çalışmaları referans kabul edilmiştir.

Bu resimler ile benzer yapım tekniğine sahip ve duvar resimlerinin korunmasına dair herhangi bir uygulama yapılmadığından çalışma alanı olarak ünik olan; T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Aksaray İli Güzelyurt İlçesi Ihlara Vadisi Bizans Dönemi Kiliseleri pilot yapıların belirlenmesi amacıyla Kapadokya bölgesinde uygun alan olarak belirlenmiştir.

1.3.1. Kapadokya Bölgesi'nde Aksaray İli Güzelyurt İlçesi Ihlara Vadisi'nin Pilot Bölge Olarak Belirlenme Aşamaları

Nevşehir İli Göreme İlçesi aşağıda yer alan Kilise'lerde inceleme ve karşılaştırmalı yapım tekniğin belirlenmesi için 21.09.2010 tarihinde çalışma izni talep edilmiş fakat T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü'nün 18.10.2010 tarihli B.16.0.KVM.0.12.03.00.161.05.-215212 sayılı yazısıyla duvar resmi sıvası ve kaya yüzeyinden örnek alma talebi belirtilen illerde kazı ve araştırma çalışmaları devam ettiğinden reddedilmiş ve konu ile ilgili bölgede çalışan ekiplerle bağlantıya geçilmesi önerilmiştir. Bu sebeple sıva ve kaya yüzeyi örnek alma işlemi iptal edilen yapı listesi aşağıda yer almaktadır.

- Durmuş Kadir Kilisesi
- Yusuf Koç Kilisesi
- El Nazar Kilisesi
- Saklı Kilise
- Meryem Ana (Kılıçlar Kuşluk) Kilisesi
- Tokalı Kilise
- Rahibeler Manastırı
- Aziz Basil Şapeli
- Elmalı Kilise
- Azize Barbara Şapeli
- Yılanlı (Aziz Onuphorios) Kilisesi
- Karanlık Kilise
- Azize Catherina Kilisesi
- Kızlar Kilisesi
- Çarıklı Kilise

Aksaray ili Güzelyurt İlçesi Ihlara Vadisi'nde çalışma izni talep edilen yapılar ise 06.05.2010 günü 95218 sayılı, T.C. Kültür Bakanlığı Müzeler Genel müdürlüğü yazısı gereğince Nevşehir ili Göreme ilçesi Açık Hava Müzesi ve Aksaray İli Güzelyurt İlçesi Ihlara Vadisi'nde yer alan ve aşağıda listelenen yapılarda, Doktora tez çalışmamı gerçekleştirebilmem için T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü'den duvar resimlerinin sıvası ve duvar resmi taşıyıcısının (duvar örgüsü ve kaya yüzeyinden) karekterizasyonu, mekanik direnci, bozulmuşluk durumunu belirlemek için örnek almam, evvelden duvar resmi ve duvar örgülerinin karakterizasyonuna yönelik çalışma yapılmış yapıların, yazılı raporlarına ulaşmam ve belgeleme çalışmaları için görüntü (fotoğraf, çizim ve süreli görüntü) alabilmem için gerekli izin T.C. Aksaray Müzesi Müdürlüğü ve T.C. Nevşehir Müze Müdürlüğü tarafından onaylanmıştır. Ayrıca Ihlara Vadisi'nde yer alan kiliselerde, örnek alma ve arazi çalışmaları için gerekli resmi izin Kayseri Anıtlar Kurulu'ndan alınmıştır. Şahsıma süresiz çalışma izni verilen yapıların listesi aşağıda yer almaktadır;

Ihlara Vadisi'nde bulunan tescilli 105 adet kilise; Ihlara Vadisi: Ihlara'dan başlayıp kuzeye doğru Belisırma'dan geçerek Selime'de son bulan 14km uzunluğunda doğal oluşum. (Kadastro-Pafta: L.32-A3,B4,C1). Bu yapıların bir kısmı şunlardır;

- Ağaçaltı Kilisesi (E.68.05_?)(Daniel Pantonassa) (Güzelyurt) (7-8.yy)
- Pürenli Seki Kilisesi (E.68.05-?) (Ihlara Kasabası/ Ihlara Vadisi) (Duvar Resimleri 10.yy-12yy arası)
- Kokar Kilise (E.68.05-?) (Ihlara Kasabası/Ihlara Vadisi) (9.yy sonu)
- Yılanlı Kilise (E.68.05-?) (Ihlara Kasabası/Ihlara Vadisi) (9.yy)
- Sümbüllü Kilise (Ihlara Kasabası/Ihlara Vadisi) (10 /11 /12.yy başı)
- Eğritaş Kilisesi (Ihlara Kasabası)
- Direkli Kilise (E.68.05-?) (Ihlara Kasabası/Ihlara Vadisi) (11-13.yy)
- Saint George Kilisesi Kırkdamaltı Kilisesi (E.68.05-?) (Ihlara Kasabası/Ihlara Vadisi) (1283-1275-13.yy)
- Bahaddin Samanlığı Kilisesi (68.05-?)(Belisırma/Ihlara Vadisi içi)
- Ala Kilise A1 (68.05.A1) (Belisırma)
- Çanlı Kilise (Akhisar)

- Karagedik Kilisesi (Belisırma)
- Yüksek Kilise (E. L23-B-4)
- Sivişli Kilise No:56 (E.68.05.56) (Pafta 5.- Parsel?)
- Seline Katedrali (Seline Kasabası)
- Kale Manastırı Kilisesi (Seline Kasabası)
- Kaya Kilise No:25 (E.68.05.25) Sol nişte duvar resimleri mevcut oldukça bozulmuş halde (Güzelyurt-Kumluk)
- Kaya Kilise No:25 (E.68.05.77) (Pafta4-Parsel-1056)
- Kaya Kilise No:86 (E.68.05.86) (Pafta5-Parsel-812) (Manastır Vadisi)
- Kaya Kilise No:86 (E.68.05.100) (Pafta1-Parsel?) (Çömlekçi Mevki)
- Koç Kilise ve Şapeller No:102 (E.68.05.102) (Pafta1-Parsel?) (Çömlekçi Mevki)
- Cafarlar Kilisesi (ve Yeraltı Şehri) No:103 (E.68.05.103) (Pafta1-Parsel?) (Çömlekçi Mevki)
- Konut ve Kaya Şapeller No:21 (E.68.05.21) (Pafta3-1411) (Aksaray Caddesi No:25/B) (Konut 19.yy, Arkasında iki adet Şapel Mevcut Tarihi bilinmiyor, birinde (geometrik bezemeler (boyama) mevcut)
- Kilise A3 (E.68.05.A3) (Pafta10-4150) (Selime Köyü)
- Kızıl Kilise (Haçlı Kilise) No:1.0 (E.68.05.A3) (Pafta: L32b24c-Parsel:139-140-207)

1.3.2. Nevşehir İli Göreme İlçesi Açık Hava Müzesi ve Aksaray İli Güzelyurt İlçesi Ihlara Vadisi'nde Gerçekleştirilen Saha Araştırma Çalışmaları

28.10.2010 tarihinde T.C. Niğde Müze Müdürü Fazıl Açıkgöz, T.C. Nevşehir Müze Müdürü Murat Gülyaz, Merkez Laboratuarı Emekli Konservatörü Gülseren Dikilitaş'tan ve tarafımdan oluşan bir ekiple Göreme Açık Hava Müzesi'nde yer alan Saklı Kilise, Tokalı Kilise, Rahibeler Manastırı, Aziz Basil Şapeli, Elmalı Kilise, Azize Barbara Şapeli, Yılanlı (Aziz Onuphorios) Kilise, Karanlık Kilise, Azize Catherina Kilisesi, Çarıklı Kilise ve Şahin Efendi Köyü 40 Martivler Kilisesinde görsel olarak teknik incelemede bulunulmuştur ve gerekli görüntü alma çalışmaları yapılmıştır. Yukarıda adı geçen kişiler aynı zamanda bölgede yapılan duvar resmi konservasyon çalışmalarında duvar resmi konservatörü olarak görev almışlar ve 2012 yılında

tekrar başlatılan Göreme Açık Hava Müzesi Duvar Resmi Konservasyon çalışmalarını sürdürmektedirler. 40 Martivler Kilisesi'nde de, günümüzde duvar resmi konservasyon çalışmaları devam etmektedir.

3-11-2011/6-11-2011 tarihinde Aksaray İli Güzelyurt İlçesi Ihlara Vadisinde bulunan Ağaçaltı Kilisesi, Pürenli Seki Kilisesi, Karanlık Kale Kilisesi, Kokar Kilise, Yılanlı Kilise, Sümbüllü Kilise, Eğritaş Kilisesi, Direkli Kilise, Saint George Kilisesi (Kırkdamaltı Kilisesi), Bahattin Samanlığı Kilisesi ve aynı bölgede Selime Köyünde bulunan Selime Katedrali ve Kale Manastırı Kilisesinde görsel teknik inceleme, görüntü alma ve pilot yapı belirleme çalışmaları Gülseren Dikilitaş ve tarafımdan yapılmıştır. Bu yapılar içerisinden bozulma durumları, yapım teknikleri ve Göreme Vadisi Bizans Dönemi Kiliselerine benzer özellikte yapım teknikleri ve bozulma prosesine kireç bağlayıcılı sıva içerdiği ilk aşamada gözlemlenen **Bahattin Samanlığı Kilisesi, Direkli Kilise ve Saint George Kilisesi (Kırkdamaltı)** çalışma alanı olarak **Pilot Yapılar** adı altında belirlenmiştir.

10-21 Ekim 2012 tarihleri arasında, Ihlara Vadisi Kaya Kiliselerinde daha önce yapılan arazi çalışmasında proje için belirlenen pilot yapılardan; Direkli Kilise, Bahattin Samanlığı Kilisesi, Saint George (Kırkdamaltı) Kiliseleri'nde örnek alma, paralel fotoğraflama, video kaydı, iklim araştırması, yapısal ve duvar resminde meydana gelen bozulmaların tespiti ve çevrede duvar resmi yapımında kullanılabilecek doğal kaynaklardan, örnek alma çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

1.4. Ihlara Vadisi'nde Pilot Yapı Olarak Belirlenen Kiliselerin Tarihçesi

1.4.1. Bahattin Samanlığı Kilisesi Tarihçesi

Kapadokya'nın Ihlara Vadisi Belisırma mevkiinde kayaya oyulmuş kilise, tek nefli bazilikal planlı tiptedir. Kilisenin apsisi doğusunda, girişi ise güneyinde yer almaktadır. Dikdörtgen planlı naos kısmı beşik tonoz ile örtülüdür ve duvarlar kemerli nişlerle hareketlendirilmiştir. Kilisenin içi duvar resimleri ile süslenmiştir. Duvar resimlerinde; İsa'nın Kudüs'e girişi, İsa'nın çarmıha gerilişi, Pantokrator İsa, İsa'nın mezara konulması ve melek Mikael gibi sahneler yer almaktadır. Kilisenin,

muhtemelen 11. yüzyılın ilk yarısında inşa edildiği düşünülmektedir (Restle 1967 I: 41-42, 177-178; Restle 1967 III: fig. LXI, 517-520).(Plan 1) (Resim 1-5).

1.4.2. Kırkdamaltı Kilisesi (Saint. George Kilisesi) Tarihçesi

Kapadokya'nın Ihlara Vadisi Belisırma mevkiinde kayaya oyulmuş kilise, tek nefli bazilikal planlı tiptedir. Asimetrik naos mekanının doğusunda büyük apsis bölümü ile kuzeyinde giriş yer almaktadır. Naos mekanının duvarlarında kemerli arcosolium nişleri ile altta mezar odası yer almaktadır. Naosun üzeri düz tonozludur. Kilisenin içi duvar resimleri ile süslüdür. Duvar resimlerinde; İsa'nın göğe yükselişi, İsa'nın çarmıha gerilişi, İsa'nın değişime uğraması, Aziz Geogre ve bağışçılar gibi sahneler betimlenmiştir. Kilisenin kitabesinde, kilisenin Aziz Geogre'a adandığı, bağışçılar ile kilisenin tarihi hakkında bilgiler bulunmaktadır. Kitabeye göre kilise İmparator II. Andronikos ve Sultan II. Mesud zamanlarında yapılmıştır. Yapının muhtemelen 1282-1304 ya da 1283-1295 tarihleri arasında inşa edildiği düşünülmektedir (Restle 1967 I: 66, 176-177: Restle 1967 III: fig. LX, 510-516; Kostof 1989: 275) (Plan 2) (Resim 6-9).

1.4.3. Direkli Kilise Tarihçesi

Kapadokya'nın Ihlara Vadisi Belisırma mevkiinde kayaya oyulmuş kilise, sütunlu kapalı yunan haçı planlı tiptedir. Doğusundaki ana apsisin kuzeyinde ikinci bir ufak apsis ile yine ana apsisin güneyinde bir paraklesion mekanı yer almaktadır. Kilisenin girişi kuzey yönündendir. Dörtgen planlı naos kısmının merkezi, dört sütunun desteklediği kubbe ile örtülüdür. İçi duvar resimleri ile süslü olup ana apsis ile kuzey apsiste birer kitabe yer almaktadır. Bu kilisedeki duvar resimleri muhtemelen iki ressam tarafından farklı dönemlerde yapılmıştır. Resimlerde, diesis ve kilise babaları gibi sahneler yer almaktadır. Kitabelerden kilisenin İmparator II. Basil ve VIII. Konstantin zamanlarında yapıldığı anlaşılmaktadır. Yapı araştırmacılara göre muhtemelen 976-1025 ya da 979-1025 tarihleri arasında inşa edilmiştir. Ayrıca kitabede Isaak isimli bağışçıdan bahsedilmektedir (Restle 1967 I:178-179; Restle 1967 III: fig. LXII, 520-521; Kostof 1989: 271) (Plan 3) (Resim 10-15).

2. KİREÇ BAĞLAYICILI DUVAR RESİMLERİNİN KONSERVASYONUNDA KULLANILAN ENJEKSİYON HARÇLARI PERFORMANS TESTLERİ VE SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

2.1. Ticari Enjeksiyon Harçları Performans Testleri ve Sonuçların Değerlendirilmesi

2008-2009 yıllarında stajyer olarak görev aldığım, GCI Bilim ve Saha Projelerinin Bölümlerinin ortaklaşa yürüttüğü, Mimari Yüzeylerde Kullanılan Enjeksiyon Harçlarının Araştırılması ve Geliştirilmesi Projesi ve GCI Bilim Bölümü Herculaneum Projesi kapsamında; günümüzde kullanılan ticari ve ticari olmayan enjeksiyon harçları için performans analizlerinin modifikasyonu ve performans analizleri, GCI laboratuarlarında yukarıda belirtilen projeler kapsamında gerçekleştirilmiştir. Toplam olarak 11 adet ticari enjeksiyon harcının performans testleri yayımlanmıştır (Şimşir, Rainer: 2014). Günümüze dek kullanılan ve kullanılmakta olan kireç bağlayıcılı enjeksiyon harçlarının performans enformasyonu bu enjeksiyon harçlarının, Ihlara Vadisi Bizans Dönemi Kireç Bağlayıcılı Duvar Resimleri'nin konservasyonuna uygunluğunu ya da uyumsuzluğunu değerlendirmek açısından son derece önemlidir.

Harçların test edilmesinde üretici firma tarafından tavsiye edilen miktar kullanılmıştır. Üretici firma tarafından kullanılacak su miktarı belirtilmemişse genleşme ayrışma testiyle FB %4 ya da <FB %4 referans alınarak su miktarı belirlenmiştir. Üretici firmalar ağırlıkları %v (hacimce) vermektedir. Hacimce alınan ölçümlerin hataya yol açmaması için %v, %w (ağırlıkça) çevrilerek standartlaşması sağlanmıştır (Tablo 1). Herculaneum Projesi kapsamında test edilen ticari enjeksiyon harçları ve performans testi sonuçları tablolar halinde gösterilmiştir (Tablo 2-9). Bresciani Malta 6001 ve Tecno Edile Ledan serisine ait harçlar Göreme Açık Hava Müzesi Bizans Dönemi kireç bağlayıcılı duvar resimlerinin korunmasında kullanıldığından ve tez çalışması için performans sonuçları referans oluşturduğundan Bölüm 2.3.2 'te ayrıntılı olarak incelenmiştir (Tablo 20-21-22) .

Duvar resimlerinin korunması açısından ticari-enjeksiyon harçları değerlendirildiğinde bir çok üretici firmanın kimyasal içerik ve performans özellikleri hakkında yeterince enformasyon sağlamadığı görülmekte bu da enjeksiyon harçlarının kullanımında sakınca doğurmaktadır (Tablo 11-12). Konservasyonda kullanılan malzemelerin kimyasal ve fiziksel özelliklerinin bilinmesi konservasyon malzemesi seçiminde en önemli kriterdir. Ticari enjeksiyon harçlarının içeriğindeki malzemelerin miktarları ticari kaygılarla açıklanmayabilir fakat ürünün kimyasal ve fiziksel özellikleri ve dizaynında kullanılan malzemelerin ileride istenmeyen bir etkiye yol açıp açmayacağını belirlemek ancak bu özelliklerin bilinmesiyle mümkündür. Tarihi duvar resimlerinde kullanılan enjeksiyon harçlarının, malzeme enformasyonu standardının sağlanması ve her firmanın buna uygun şekilde veri sağlaması gerekmektedir. Her duvar resmi ve bozulma biçimi ünik olduğundan, malzeme enformasyonun standartlaşması, korumada kullanılacak malzemeyi ve etkilerini belirlemek açısından yararlı olacaktır. Üretici firma; enjeksiyon harçlarının, orijinal eserde bozulmaya yol açıp açmayacağına dair bilgi edinmemizi sağlayacak yeterli veri sağlamıyorsa bu malzemeler göz ardı edilmeli ya da yeni yapılacak test ve analizlerle enformasyon edinilmelidir.

GCI tarafından standart ve standartlara uygun bir şekilde test edilen 11 farklı enjeksiyon harcının performans özelliklerine bakıldığında bir çok dezavantajları bulunmasına rağmen duvar resmi uygulaması bozulma ile paralel ilerlediğinden; bozulma ve orijinal malzemenin kimyasal ve fiziksel özelliklerine göre uygun olanlar kullanılabilir. Bu çalışma Ihlara Vadisi Kaya Kiliseleri Kireç Bağlayıcılı Duvar Resimlerinin Konservasyonunda kullanılacak enjeksiyon harçlarını kapsadığından; ticari-enjeksiyon harçları bu yapılarda korumaya, performans sonuçlarıyla uygun ya da uygun olmayan olarak değerlendirilmektedir.

Günümüze kadar Kapadokya'da tutulan konservasyon raporlarında ve bölgede çalışan konservatörlerle yapılan istişarelerde, Kazein Harcı ve Malta 6001 harcı dışında kullanılan kireç bağlayıcılı enjeksiyon harçlarından, enjekte edilebilirlik performansı alamadıklarını belirtmişlerdir. Bu iki harcın performans özelliklerine bakıldığında enjekte edilebilirliği ve su tutma kapasiteleri yüksektir. Bir enjeksiyon harcı yüksek su tutma kapasitesine sahip ise taşıyıcının sıvı absorbe etme durumuna en yüksek direnci göstererek daha ileri noktalara akacaktır. Yoğun

malzemelerde kütlece su emme potansiyeli ile porozite değerlerinin birbirine yakın olması, bu malzemelerin içinde mevcut olan gözeneklerin nerdeyse tamamımın suyla dolduğunu göstermektedir (Özdemir, 2002: 23). Ihlara Vadisi Kireç bağlayıcılı duvar resimlerinde belirlenen üç pilot yapıda sıva tabakalarının porozite değerleri %P (m) 16.38-41.13 arasında değişmektedir (Tablo 28). Hacimce porozite değerleri ise %P (V) 32.43-50.14 arasında değişmektedir. Taşıyıcı duvar ignimbirit ise su içerisinde kohezyonunu kaybettiğinden %P değerleri ölçülememiştir ve "F"[1] olarak kayıtlara geçmiştir. Fakat taşıyıcı duvar ignimbiritin su içerisinde kohezyonunu kaybetmesi enjeksiyon harçlarının uygulanma zorluğu için çok önemli bir veridir. Taşıyıcı duvar ve sıva katmanları yüksek absorvatiftir ve taşıyıcının su ile kısmen de olsa kohezyon kaybetme özelliği vardır. Enjeksiyon harcından segregasyon yoluyla ayrışan H_2O taşıyıcıda, kohezyona yol açmakta ve kohezyon nedeniyle ignimbiritten ayrışan maddeler enjeksiyon kanalını tıkamaktadır. Bunların yanı sıra enjeksiyon harcı öncesi yapılan su-alkol karışımı ile duvarın suya doyurulması işlemi ignimbiritte kohezyona yol açarak kopan mikro parçaların yerçekimi kuvveti yönünde birikmesine yol açacaktır. Bu nedenle Ihlara Vadisi Kaya Kiliseleri kireç bağlayıcılı duvar resimlerinde enjeksiyon harcı uygulamadan önce su absorbe etme işlemi yapılmamalıdır. Kullanılacak enjeksiyon harcının %CE ve %FE oranlarının "0" olması ve hiç segregasyona uğramaması gereklidir, su tutma kapasitesi "0" olmalıdır.

Şu ana dek uygulanan harçlar içerisinde kolaylıkla enjekte edilebilen harç kazein harcıdır (C1), bu enjeksiyon harcının su tutma kapasitesi %97.30 ve %FB oranının "0.0" dır. Ledan ITAL B2 ve Ledan TB1 ICR %FB 0.0 Malta 6001 %FB 0.1'dir (Tablo 23-21-22-20). Bu da Kapadokya Kaya Kiliselerinde su tutma kapasitesi yüksek olan enjeksiyon harçlarının enjekte edilebilir olduğunu ortaya koymaktadır fakat enjekte edilebilirlik bir enjeksiyon harcını belirlemede "uygulamanın yapılabilir olması" ilkesi gereği ilk sırada tercih edilse de uzun vadeli ve etkin koruma için enjeksiyon harcının diğer performans özellikleri de uygun olmalıdır. Kazein Harcı (C1) enjekte edilebilir olması ve su tutma kapasitesinin uygun normlarda olmasına karşın hacimsel küçülmesi **($\%H^{D-57.70}$)** %57.70'tir ve bu değer enjeksiyon harçlarının

[1] "F": Failure: Analiz ve testlerde örnek hazırlama prosedürü tamamlanamayan ya da analiz esnasında doğru enformasyon alınmasını engelleyebilecek miktarda bozulmaya uğrayan enjeksiyon harcı örneği.

kabul edilen Hacimsel küçülme limitlerin **(%H^{D-4})** **%4** çok üzerindedir (Tablo 23-10). Enjeksiyon harçlarında prizlenme süresi ve kuruma aşamasında hacminin stabil olması duvar resmi tabakaları arasında adezyon sağlanması ve mikro-makro çatlak ve boşluklarda tam dolgu işleminin tamamlanmasıyla sürekli mukavemet oluşması açısından gereklidir.

Kazein Harcının (C1) prizlenme ve katı hal performans analizleri, harcın çok fazla hacimsel küçülmeye uğraması nedeniyle örnek oluşturma işlemini dahi gerçekleştirememiş ve kayıtlara "F" olarak geçmiştir (Tablo 23). Kazein Harcı (C1), prizlenme süresi ve kuruma aşamasında hacminin stabil olmaması nedeniyle duvar resmi tabakaları arasında, adezyon sağlanamamasına yol açarak ve mikro-makro çatlak ve boşluklarda dolgu işlemini gerçekleştiremeyerek, limitler dahilinde mukavemet sağlayamadığından kullanımı önerilmemektedir.

Performans sonuçları açıklanan ticari enjeksiyon harçları içerisinde performans özellikleri göz önünde bulundurulduğunda, CTS firmasının ürettiği PLM I tüm zorunlu testleri kabul edilen limitler dahilinde geçmiştir (Tablo 9-10). Yardımcı testlerden Sülfat Direnci Testi sonuçları ise **25 (-60%)**' tır ve buda asidik tip sülfat atağından etkilenebileceğini ortaya koymaktadır, asidik tip sülfat atağı enjeksiyon harcının yüzeyinin yumuşaması ve pul pul dökülmesine yol açarak mukavemetini kaybetmesine neden olur. Ihlara Vadisi Kaya Kiliseleri kireç bağlayıcılı duvar resimlerinde yapılan ESEM-EDX, XRD-XRF ve FTIR analizlerinde sıva tabakalarında gypsum $Ca(SO_4)(H_2O)_2$ dedekte edilmiştir. Bu durum duvar resminin sülfat atağına uğradığının göstergesi olabileceği gibi harcın içerisine karıştırılmış ya da kontaminasyon olabilir. Sülfat direnci olmayan PLM I enjeksiyon harcının bünyesinde sülfat bulunan bir duvar resmine uygulanması malzemenin bozularak mukavemetini kaybetmesi riskini taşıdığından Ihlara Vadisi kireç bağlayıcılı $Ca(SO_4)(H_2O)_2$ detekte edilmiş, duvar resimlerinde uygulanması önerilmemektedir. Ledan TB1 ICR enjeksiyon harcı da sülfat atağına direnci olmayan 25 (-90%) enjeksiyon harcı grubundadır.

Ticari Enjeksiyon Haçları içerisinde Ihlara Vadisi Duvar Resimlerinin konservasyonunda enjeksiyon harçlarının uygulanabilir olma birincil performans kriterlerine PLM I dışında yaklaşan diğer harçlar ise Ledan ITAL SM2, Ledan TB1

ICR, Malta 6001'dir. Su buharı geçirgenliğinde (WVP) limiti WVP=9.0E-05 $g.Pa^{-1}.h^{-1}.m^{-1}$'ye eşit ya da WVP=9.0E-05 $g.Pa^{-1}.h^{-1}.m^{-1}$ 'den büyüktür. Malta 6001 enjeksiyon harcı WVP= 6.0 E-05 $g.Pa^{-1}.h^{-1}.m^{-1}$, Ledan TB1 ICR WVP=7.6E-05 $g.Pa^{-1}.h^{-1}.m^{-1}$'dir. İki harcında WVP değerleri, kabul edilen limit dâhilinde değildir. Bunların dışında Malta 6001 (Na^+ 6) Ledan TB1 ICR (Na^+ 6, SO_4^{2-} 9) ve Ledan ITAL B2 (Na^+ 26, SO_4^{2-} 6) enjeksiyon harçlarının çözünebilir tuz limitleri yüksektir. Brescianni Malta 6001 enjeksiyon harcının ise CE %1.6 'dır, prizlenme halinde genleşmeye uğramaktadır. Prizlenme halinde genleşmeye uğrayan bir harcın enjeksiyon aşamasında kontrolü çok zordur ve sıvı-prizlenme ya da katı halde genleşmeye uğraması harcın uygulanabilirliğinde bir dezavantajdır. Ihlara Vadisi Kireç Bağlayıcılı Duvar Resimlerinde uygulanabilir kriterlerini yaklaşan fakat dezavantajları bulunan harçlar içerisinde PLM I A 0.069 ($g.cm^{-2}.s^{-0,5}$) dışında su emme kapasitesi limitlerine uygun harç bulunmamaktadır. Bir enjeksiyon harcının çözünebilir tuzlar barındırmasının yanı sıra, su emme kapasitesi sonuçlarının çakışması ileride taşıyıcı ve sıva katmanlarda nem ve su yoluyla ortaya çıkabilecek tuzlanma probleminin bir göstergesidir.

Tüm sonuçlar bir araya getirildiğinde ticari harçlar içerisinde Ihlara Vadisi Kaya Kiliseleri kireç bağlayıcılı duvar resimlerinin konservasyonunda kullanılabilecek performans özelliklerine en yakın olan enjeksiyon harcı CTS firmasının ürettiği PLM I' dır fakat sülfat dayanımı testlerini geçemediğinden ve orijinal malzeme sülfat barındırdığından kullanımı uygun görülmemiştir. Bu da her tarihi duvar resmi ve bozulma prosesinin ünik olduğu ve orijinal materyale uygun ve uzun süreli koruma sağlayabilecek enjeksiyon harçlarının idealize edilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

2.2. Ticari Olmayan Enjeksiyon Harçları Performans Test Sonuçları ve Değerlendirilmesi

ICCROM tarafından duvar resmi konservasyonunda kullanılmak üzere dizayn edilen ve **ICCROM Grout**[2] olarak tanımlanan iki adet harç GCI Herculaneum projesi

[2] Grout: "Enjeksiyon Harcı": Adezyon ve kohezyon kaybı olan mimari sıvalı yüzeylerin konservasyonunda duvar-sıva sıva-sıva arasındaki mikro ve makro boşluk, ayrılma, çatlakların dolgulama yoluyla kaybolan adezyonunu tekrar sağlayan akışkan harç.

kapsamında GCI laboratuarlarında test edilmiştir (Tablo 14-15). Bu enjeksiyon harçlarının terkibi şöyledir 100 kısım Lafarge Chaux Blanche NHL 3.5-z (LF NHL3.5-z), 100 kısım tuğla tozu (<0.25mm) (BD) ya da pozzolana superventilata grigia (P), 1 kısım sodyum glukonat (10%v çözelti), 10 kısım Primal B60A ve 125-150 kısım su %v. Bu terkip w%'e çevrilmiş ve performans testleri için standartlaşması sağlanmıştır (Tablo 13).

Bu enjeksiyon harçları, Göreme Kaya Kiliseleri Duvar Resmi Koruma Projesi'nde yerel malzeme ile hazırlanarak kullanılmıştır. Fakat sıva duvar arası enjeksiyonlarda enjekte edilme zorluğu yaşanmış ve duvarlarda bulunan yapısal çatlaklarda kullanılmak üzere modifiye edilerek, yapısal enjeksiyon olarak kullanılmıştır. ICCROM enjeksiyon harçlarının, Ihlara Vadisi Kireç Bağlayıcılı duvar resimlerinde kullanımında oluşabilecek dezavantajlar performans sonuçlarına göre şunlardır. Ihlara Vadisi kireç bağlayıcılı duvar resimleri öncül enjekte edilebilirlik kriterlerinden olan %FB "0.0" kriterinin üzerinde olması; ICCROM BD LF NHL 3.5z %FB 0.1, ICCROM BD LF NHL 3.5z ise %FB 0.3'tür. Bunların dışında, enjekte edilebilirlikleri Ihlara Vadisi kireç bağlayıcılı duvar resimlerinin uygulanma performans kriterlerine uygun değildir. Genel konservasyon uygulamalarında tavsiye edilen enjekte edilebilirlik limitleri; T/D (traverten kırığı dolu kolon), F (feasible): T/W (su absorbe edilmiş traveren kırığı dolu kolon) E (easy): B/D (tuğla kırığ dolu kolon) >D_{100} (difficult/ kolonda enjeksiyon harcı seviyesi 100 mm ve >100mm): B/W (su absorbe edilmiş tuğla kırığı dolu kolon) F, olarak kabul edilmektedir (Şimşir, Rainer, 2014: 11).

Ihlara Vadisi kireç bağlayıcılı duvar resimlerin de taşıyıcı ve sıva tabakasının porozitesi ve kütlece su emme potansiyeli yüksek yapısı gereği, su absorbe etme kapasitesi yüksek tuğla kırığı kolon ile basınç altında kapiler yükselme kapasitesi test edilmiştir ve enjekte edilebilirlik testinde uygun olan limitler **B/D (D_{100}), B/W (E)** ya da **(F)** olarak belirlenmiştir. ICCROM BD LF NHL 3.5z B/D (D_{10}) ve B/W (F)'tir; ICCROM BD LF NHL 3.5z B/D (D_{10}), B/W ($D_{50'}$)' dir. Ihlara Vadisi Kaya Kiliseleri enjekte edilebilirlik limitlerine sadece ICCROM BD LF NHL 3.5z, B/W (F) uymaktadır fakat bu enjeksiyon harcında agrega olarak tuğla tozu kullanılmaktadır ve hafif bir enjeksiyon harcı değildir, Islak Ağırlığı 1.57 ($g.cm^{-3}$)' tür. Ihlara Vadisi duvar resmi sıvalarının 0.1cm ile 1cm arasında değişen cidar kalınlığı ve bozunmuşluk durumları

göz önüne alınarak mukavemetlerinin düşüklüğü "hafif" bir enjeksiyon harcının kullanımıyla daha uzun süreli ve etkin bir koruma sağlanacağını öngörmektedir. Bunların yanı sıra sülfat direnç testlerinin sonuçları, ICCROM BD LF NHL 3.5z, 11; ICCROM P LF NHL 3.5z ise 13' tür. Ihlara Vadisi duvar resimlerinin sülfat barındıran yapısı ile sülfat atağı oluşturma potansiyeli gereği bu iki enjeksiyon harcının kullanımı; “dayanım risk potansiyeli yüksek”, olarak sınıflandırılmıştır.

2.3. Kapadokya Bölgesi Kireç Bağlayıcılı Duvar Resimlerinin Konservasyonunda Kullanılan Enjeksiyon Harçları ve Özellikleri

2.3.1. Kazein Enjeksiyon Harcı (Ticari Olmayan)

Kapadokya Bölgesi Göreme Açık Hava Müzesi’nde Bizans Dönemi kaya kiliselerinde duvar resmi konservasyon çalışmaları; 1971 yılında Türkiye Cumhuriyeti Hükümetinin, **ICCROM** [3] Genel Kurulu’na başvurması sonucu başlatılmıştır (Schwartzbaum,1986: 52).

Proje ile Göreme Vadisi’nde yer alan duvar resmi bulunan erken dönem Bizans Kiliseleri'nin restorasyon-konservasyonu ve ülkemizde görev yapan konservatörlerden oluşturulan ekibin spesifik olarak bu duvar resimleri üzerinde uzmanlaştırılmasını hedef almış ve gerçekleştirilmiştir. Proje kapsamında ilk olarak Tokalı Kilise Konservasyon projesi 1973 yılında başlatılmış ve 1980 yılında konservasyonu tamamlanmıştır. Tokalı Kilise de konservasyon projesi gerçekleştirilirken; Elmalı Kilise, Kılıçlar Kilisesi ve Karanlık Kilisede konservasyon çalışmaları eşzamanlı yürütülmüştür. Bu konservasyon projesinde sıva ve taşıyıcı katmanı arasında kullanılan harç, kayıtlara kalsiyum kazeinat enjeksiyon harcı olarak geçmiştir. Kalsiyum kazeinat maddesi, katkı olarak kullanıldığından dolayı harca adını vermiştir. Kalsiyum kazeinat enjeksiyon harcı raporlar doğrultusunda 1973-1980 yıllarına Tokalı Kilise, 1978-1978 yıllarında Kılıçlar Kilisesi kurtarma projesinde ve 1978-1980 yılları arasında Karanlık Kilisede sıva ve taşıyıcı arasındaki

[3] ICCROM: International Center for Conservation of Rome

boşluklara uygulanmıştır. Kazein harcı dışında **ICCROM** enjeksiyon harcı yerel malzeme ile hazırlanarak yapısal enjeksiyon olarak kullanılmıştır. Bu çalışma kireç bağlayıcılı duvar resmi sıvalarında kullanılan enjeksiyon modifikasyonunu kapsadığından, yapısal enjeksiyon harçları tez kapsamına kısmı olarak alınmıştır. Kalsiyum kazeinat adı verilen harç bu tezde analiz sonuç kodlamasına göre **"C1**" olarak adlandırılmıştır. Bu enjeksiyon harcının yapımında kullanılan malzemeler ve hazırlanışı T.C Kültür Bakanlığı Tokalı Kilise raporunda geçtiği biçimiyle tabloda belirtilmiştir (Tablo 16).

Göreme projesiyle ilgili yapılan diğer bir yayımda ise;

"Sıva tabakasının birleştirilmesinde; kalsiyum kazeinat, kireç ve kazein %10'luk Polivinil asetat emülsiyonu karışımıyla enjekte edilmiştir." şeklinde geçmektedir (Schwartzbaum, 1986: 55). Yayımda malzemeleri miktarları belirtilmemiştir. Bu sebepten dolayı Kültür Bakanlığı'nın raporlarında miktar ve uygulama şekli ayrıntılı olarak anlatıldığından harcın hazırlanması ve test edilmesinde tabloda belirtilen miktar ve üretim biçimi dikkate alınmıştır (Tablo 16). Sadece bu kaynakta bahsi geçen Polivinil Asetat'ın ismi ***"Vinavil"*** olarak geçmektedir. Döneminde malzeme, İtalya'dan temin edilmiş ve firma adı kayıtlara geçmemiştir. Enjeksiyon harcının üretiminde kullanılan her malzeme ve miktarı; harcın performans analiz sonuçlarını etkilemektedir. Bu sebeple ürüne ulaşılmaya çalışılmış; İtalya'da ve Avrupa'da günümüzde PVA üretimi yapan ve Vinavil adıyla satan firmalarla bağlantıya geçilmiş ve malzemenin Vinavil 59 isimli CTS firmasının ürettiği vinil asetat homopolimer dispersiyonu olduğu sonucuna varılmıştır. 1970 ve 1980'li yıllarda Vinavil 59 vinil asetat homopolimer dispersiyonu konservasyonda yaygın olarak kullanılmaktadır.

CTS firmasının ürettiği Vinavil 59, Getty Konservasyon Laboratuarı Bilim Bölümü Malzeme Referans bölümünden temin edilmiştir. Bu malzeme 1970'li yıllardan günümüze zamanla bozulma riski göz önüne alınarak kullanılmamıştır. Bu malzemenin yerine benzer kimyasal içerikli ve aynı dönemlerde kullanılan fakat günümüzde üretimi devam eden Jade 403 Adhesive isimli A.B.D. Talas firması tarafından temin edilen ve teknik bilgide modifiye edilmiş polivinil asetat emülsiyonu olarak tanımlanan malzeme kullanılmıştır.

Enjeksiyon harcının yapımında kullanılan kaymak kireç 1970-1980'li yıllarda bölgeden temin edildiğinden aynı malzemenin temini imkânsızdır. Bu malzeme yerine, U.S. Heritage Group firması tarafından üretilen kaymak kireç kullanılmıştır. Kalsiyum kazeinat ise Kremer Pigment Inc. Firmasından temin edilmiştir (Tablo 17). Kazein ürün enformasyonu; Bölüm 6.1.3.2 'de Kazein başlığı altında ayrıntılı olarak incelenmiştir.

2.3.1.1. Kazein Enjeksiyon Harcı (C1) Performans Testi Sonuçları

Kazein Enjeksiyon Harcı (C1) performans testleri 2012 yılında GCI Bilim bölümü Laboratuarı'nda Beril Bicer Şimşir ve Prof. Dr. Giacomo Chiari gözetiminde tarafımdan gerçekleştirilmiştir.

Performans analizlerinin gerçekleştirilmesinde doğru enformasyon sağlamak için, ticari olmayan enjeksiyon harçlarının hazırlanmasında, test edilen malzeme ile orijinal malzemenin performans farkı riski azaltılarak standartlaşması sağlanmalıdır. Ticari olmayan enjeksiyon harçlarının üretiminde enjeksiyon harcının hazırlanmasında;

- Orijinal enjeksiyon harcının yapımında kullanılan malzemeler temin edilmeli ve aynı miktarlarda kullanılmalı.

- Hazırlanma prosedürü aynı adımlarla uygulanmalı (karıştırma hızı, süzme aşaması v.b.).

- Malzemenin ağırlıkça (w%) miktarları hesaplanarak harcın standartlaşması sağlanmalıdır.

C1 enjeksiyon harcının %H_2O miktarını saptamak için T.L.C. kullanılmıştır. T.L.C. analizi GCI Bilim Bölümü'nden Kimya Mühendisi Dr. Michael Schilling tarafından gerçekleştirilmiştir ve %59 H_2O miktarı sonucu alınmıştır (Grafik 1). C1 enjeksiyon harcı performans testlerinde kullanılmak üzere, yukarıda ki hususlar göz önüne alınarak standartlaştırılması sağlanmıştır (Tablo:18).

2.3.2. Ticari Enjeksiyon Harçları Performans Testi Sonuçları

Kapadokya, Göreme Açık Hava Müzesi Karanlık, Tokalı ve Elmalı Kiliseleri'nde yapılan duvar resmi koruma çalışmalarında, 1999-2003 yılları arasında Brescianni Firması'nın ürettiği Malta 6001 ve Tecno Edille Firması'nın ürettiği Ledan serisinden enjeksiyon harçlarının kullanıldığı fakat yeterli performans alınamadığı için %40-%50'lik Primal AC 33 enjeksiyonu yapıldığı, T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Restorasyon Merkez Laboratuarı Müdürlüğü raporlarında belirtilmektedir. Primal enjeksiyonu uygulanmasının nedeni, ticari harçlar ile sıva-sıva ve sıva-duvar arası katmanlarda enjekte edilebilirlik sağlanamamasıdır.

Primal AC 33 emülsiyonu bir enjeksiyon harcı (dolgu malzemesi) değildir, duvar resimlerinin konsolidasyonunda adezyon arttırıcı ajan olarak kullanılmaktadır. Taşıyıcı-sıva ve sıva-sıva arası boşluklarda enjeksiyon harcı yerine kullanımı kısmi ve geçici adezyon sağlamanın ötesine geçememektedir ve dolgu malzemesi olmadığından enjeksiyon harçları sınıfında bir malzeme olarak değerlendirilemez. Bu tez kapsamında kireç bağlayıcılı enjeksiyon harçlarının performansları ve modifikasyonu incelendiğinden Primal AC 33 emülsiyonu tez kapsamına alınmamıştır. Primal AC 33 emülsiyonunun enjeksiyon harcı ya da onarım harçları içerisinde adezyon arttırıcı katkı maddeleri sınıfında değerlendirilmesi mümkündür. Günümüzde inşaat malzemesi sanayi hızla ilerlemektedir ve enjeksiyon harçları için sayısız performans düzenleyici malzeme mevcuttur bu malzemelerin bazıları bir çok performans özelliğinin düzenlenmesinde yardımcıdır, bu sebeple formülasyon içerisinde tek bir malzemeden tek yönlü bir fayda sağlamak yerine birçok özelliği aynı anda sağlayan malzemelere yönelmek daha faydalı bir yaklaşım olacaktır.

2.3.2.1. Malta 6001 (Art. 31051) Firma Enformasyonu

Malta 6001 enjeksiyon harcı İtalya' da bulunan **Bresciani**, **Materials and Equipments for the Restoration and Conservation Firması** tarafından üretilen ve 20 yılı aşkın süredir duvar resmi konservasyonunda Avrupa ülkeleri ve Italya'da rağbet gören bir enjeksiyon harcıdır.

Üretici firmadan temin edilen teknik data'da (Bresciani TDS ver. 1/09. Malta 6001) ürününe dair enformasyon şöyledir;

Malta 6001; fresko yüzeyi ve taş eserlerin üzerindeki boya tabakasının mukavemetinin arttırılmasında kullanılan en fazla 5 mm ölçülerindeki çatlak ve boşlukların konsolidasyonunda kullanılması önerilen enjeksiyon harcıdır (Tablo 11). Malta 6001 enjeksiyon harcının firma tarafından verilen bilgilerinde; önceden sıvı absorbe edilmesine gerek kalmadan mükemmel akışkanlık, kimyasal ve fiziksel özellikleri hidrolik kireçlere benzer, düşük mekanik stabiliteye sahip, tozumayan, hacmi plastik halde ve duvar tarafından tamamen absorbe edildiğinde değişmeyen özelliklerde enjeksiyon harcıdır. Teknik datada Malta 6001'in kimyasal içeriği şu şekilde tanımlanmıştır; *major ve minor maddeler; kimyasal olarak stabil kimyasal bağlayıcı ajan komponentleri, az miktar tuz, silika, mikro dolgu, akışkanlık arttırıcı, su azaltıcı.* Bu malzemelerin içeriklerine dair bilgi verilmemiştir. Malta 6001 enjeksiyon harcı üretici firma tarafından, kireç içerikli bağlayıcı ajan olarak tanımlanmaktadır. Uygulanma aşamasında fresko için 10kg/8L ve sıva altı aplikasyonlar için 10 kg/12L şeklinde 6-8 dakika (700 rev/min) karıştırılması önerilmektedir. <5ºC ile >35 ºC' de çalışılması önerilmemektedir. Firma tarafından teknik data da yer alan analiz sonucu bilgileri, tabloda gösterilmiştir (Tablo 19).

2.3.2.2. Malta 6001 (Art. 31051) Enjeksiyon Harcı Performans Testi Sonuçları

GCI Bilim Bölümü, Herculeneum Projesi kapsamında İtalyan firmaları tarafından üretilen 11 adet kireç-bağlayıcılı enjeksiyon harcının performansını test edilmiştir. 2008-2009 yılları arasında enjeksiyon harçlarının test edilmesinde, şahsen görev aldığım projeni sonuçları 2014 yılında yayımlanmıştır (Şimşir, Rainer, 2014).

Herculaneum Projesi kapsamında Bresciani Firması Malta 6001 enjeksiyon harcının performansının değerlendirilmesinde, genleşme ve ayrışma testi, enjekte edilebilirlik, rötre, yarmada çekme dayanımı, çözülebilir tuz miktarı, su emme kapasitesi, su buharı geçirgenliği testleri yapılmıştır. Performans özelliklerinin anlaşılması ve spesifik uygulamalar için enjeksiyon harçlarının özelliklerin tanımlanmasında ise

tamamlayıcı testlerden kuru ve ıslak ağırlık testi, bağlanma dayanıklılığı testi ve sülfat direnç testi yapılmıştır (Tablo 20).

2.3.2.3.Tecno Edile Ledan Enjeksiyon Harçları

Ledan serisi İtalya'nın Toscana ilinde bulunan Tecno Edile firması tarafından üretilmiştir. Ledan serisine ait iki enjeksiyon harcının performans testleri GCI bilim bölümü tarafından gerçekleştirilmiştir (Tablo 21-22).

2.3.3. Kazein Harcı (C1), Brescianni/Malta 6001, Tecno Edile/ Ledan Serisi Enjeksiyon Harçlarının Performans Testleri Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Göreme Açık Hava Müzesi Kaya Kiliseleri Duvar Resimlerinin konservasyonunda kullanılan Kazein Harcı (C1), Brescianni Malta 6001, Tecno Edile Ledan serisi enjeksiyon harçlarının performansları sıvı, prizlenme ve katı halde incelenmiştir (Tablo 20-21-22-23). Göreme Açık Hava Müzesi'nde bulunan Bizans Dönemi kireç bağlayıcılı duvar resimleri ile Ihlara Vadisi Bizans Dönemi kireç bağlayıcılı resimleri yapım tekniği ve bozulma parametreleri açısından son derece benzerlik göstermektedir. Bu harçların performans testi enformasyonu; avantaj ve dezavantajların saptanması ve elde edilen verilerin değerlendirilmesiyle, uzun vadeli koruma için Ihlara Vadisi Bizans Dönemi kireç bağlayıcılı duvar resimlerinde "ideal" enjeksiyon harcının dizayn edilmesi aşamasında limitlerin belirlenmesinde, bu çalışmanın ilk adımını oluşturması bakımından son derece önemlidir. Performans testlerinin uygulanma aşaması ayrıntılarıyla Bölüm 4'te anlatılmıştır.

2.3.3.1. Sıvı Halde. Kazein Harcı (C1), Malta 6001, Ledan Serisi Performans Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Enjeksiyon harcının sıvı hali; belirtilen ya da belirlenen miktarlarda tüm enjeksiyon harcı malzemesinin (kuru ya da sıvı halde) belirlenen ya da belirtilen karıştırma hızı ve yöntemiyle karıştırıldıktan sonra süzme işleminin yapılarak harcın kullanıma hazır hale getirildiği haldir. Enjeksiyon harcı sıvı halde iken karıştırma hızı ile açığa çıkan ısının enjeksiyon harcının performansına etki edip etmediğinin anlaşılması için sıvı-

termometresiyle ölçülmesi ve not edilmesi önemlidir. Bu enjeksiyon harçlarının performans test sonuçları ve GCI kireç bağlayıcılı enjeksiyon harçları performans testi limitleri için bkz (Tablo 20-21-22-23-10).

Anti-Sedimantasyon Genleşme ve Ayrışma Testi; sıvı halde enjeksiyon harçlarında ayrışan su miktarının belirlenmesinin yanı sıra segregasyon ve genleşme miktarının belirlenmesi amacıyla uygulanan testtir. Doğru miktar ve malzeme kullanarak formüle edilmiş bir enjeksiyon harcı ayrışma, segregasyon ve genleşmeye uğramamalıdır. Final ayrışma miktarı **(%FB) %0.4**'ü geçmemelidir. Ayrışma ya da segregasyon harcın performans özelliklerini olumsuz olarak etkiler ve enjektörün tıkanmasına yol açarak enjeksiyon işlemini zorlaştırır. Genleşme ise uygulandığı alanda yarattığı basınç nedeniyle mukavemeti etkileyerek ayrılma ve kopmalara neden olabilir. Genleşme miktarının **(CE%)** ise **0.5%**'ten fazla olduğu durumlarda duvar resmi sıva katmanlarında mikro ya da makro lokal kayıplara neden olabileceğinden kullanımları önerilmemektedir (Şimşir, Rainer, 2014:9).

Kazein Enjeksiyon Harcı (C1) ve Ledan Ital B2 ve Ledan TB1 ICR enjeksiyon harçlarının F.B%. 0.0 ve CE% 0.0'dır (Tablo 23-21-22). Bresciani Malta 6001enjeksiyon harcı F.B.% 0.1, **CE% 1.6'dır** (Tablo 20). Bresciani Malta 6001 harcı %CE miktarı öngörülen limitin üzerinde olduğundan kullanımı mukavemeti düşük ve bozulmaya uğramış sıva katmanlarında fiziksel bozulmaları tetikleyerek kopma, ayrılma mikro ve makro çatlaklarda ilerleme gibi sonuçlara neden olabileceği gibi bu bozulmaların oluşmasına da neden olabilir. Ayrıca yarattığı basınç ile sıva katmanını iterek şişmesine ve yüzey alanının genişlemesine neden olarak ince sıva ve boya katmanlarında ki flaking, tozuma gibi fiziksel bozulmaları tetikleyecektir.

Enjekte edilebilirlik testi (basınç altında) enjeksiyon harcının enjektörden geçerek, dahili mikro çatlak ve boşlukları kapiler doldurabilme potansiyelini ölçmekte kullanılır. Tarihi eserlerde sıva özellikleri ve bozulma durumu ünik olduğundan, enjekte edilebilirlik performans değerlendirmesi kriterleri enjeksiyon harcının uygulandığı alanın özelliklerine göre belirlenmelidir.

Genel konservasyon uygulamalarında tavsiye edilen enjekte edilebilirlik limitleri; **T/D (traverten kırığı dolu kolon), F (feasible): T/W (su absorbe edilmiş traveren**

kırığı dolu kolon) E (easy): B/D (tuğla kırığ dolu kolonı) □D_{100} (difficult/ kolonda enjeksiyon harcı seviyesi 100 mm ve □100mm): B/W (su absorbe edilmiş tuğla kırığı dolu kolon) F, olarak kabul edilmektedir (Tablo 10).

C1 harcının enjekte edilebilirlik test sonuçları, dört testte de kolay enjekte edilebilir (E) sonucunu vermiştir (Grafik 2-3-4-5). C1 harcının enjekte edilebilirlik grafiğine bakıldığında T/W E^{58}'dir (Grafik 3). Bu veri su absorbe edilmiş traverten kırığı dolu kolon içerisinden geçip, mezürü 1ml doldurma hızının 58 saniye olduğunu göstermektedir. T/D E^{131}, bu veri traverten kırığı dolu kolon içerisinden geçip, mezürü 02 dakika 11 saniyede doldurduğu; B/W E^{77} ise, su absorbe edilmiş tuğla kırığı kolon içerisinden harcın geçip, mezürü 1ml doldurma hızının 01 dakika 17 saniye olduğu ve B/D E^{718} tuğla kırığı dolu kolon içerisinden harcın geçip 1ml mezürü doldurma hızının 11 dakika 58 saniye olduğunu göstermektedir (Grafik 2-3-4). GCI bilim bölümünde günümüze dek yapılan ticari ve ticari olmayan enjeksiyon harçları enjekte edilebilirlik (basınç altında) testleri sonuçları ile karşılaştırıldığında, dört testte birden bu denli kolay enjekte edilebilirlik sonucuna ulaşan harç bulunmamaktadır. TC verileri kontrol edildiğinde **WWL% 59** sonucu, su miktarının harcın toplam ağırlığına oranla çok yüksek olduğunu göstermektedir (Grafik 1). Enjekte edilebilirliğin bu denli "kolay" oluşu sıvı miktarının toplam ağırlığa oranla fazla oluşu, harcın içerisindeki katkı maddeleri sebebiyle segregasyona uğramaması ve kazeinin süper-plastikleştirici özelliği ile viskoziteyi düşürmesi nedeniyledir. Diğer performans sonuçlarıyla karşılaştırıldığında bu maddelerin doğru oranda kullanılmaması nedeniyle harcın performansına olan olumsuz etkisi değerlendirilecektir.

Malta 6001 enjekte edilebilirlik sonuçları ise şöyledir; T/D (traverten kırığı dolu kolon), D_{140} : T/W (su absorbe edilmiş traveren kırığı dolu kolon) D_{200} : **B/D** (tuğla kırığı dolu kolon) **D_{50}** : B/W (su absorbe edilmiş tuğla kırığı dolu kolon) F., Enjekte edilebilirlik limitlerinin altında kalan tek sonuç B/D **D_{50}**'dir (Tablo 20).

Ledan ITAL B2 enjeksiyon harcının enjekte edilebilirlik performans sonuçları ise: T/D (traverten kırığı dolu kolon), E: T/W (su absorbe edilmiş traveren kırığı dolu kolon) E: B/D (tuğla kırığı dolu kolon) E: B/W (su absorbe edilmiş tuğla kırığı dolu kolon) E,

Enjekte edilebilirlik limitlerinin altında kalan sonuç bulunmamakla beraber, harcın enjekte edilebilirlik performansı oldukça iyidir (Tablo 21).

Ledan TB1-ICR enjekte edilebilirlik test verileri ise: T/D (traverten kırığı dolu kolon), E: T/W (su absorbe edilmiş, traverten kırığı dolu kolon) E: B/D (tuğla kırığı dolu kolon) D_{125}: B/W (su absorbe edilmiş, tuğla kırığı dolu kolon) E'dir. Enjekte edilebilirlik limitlerinin altında kalan sonuç bulunmamaktadır (Tablo 23).

2.3.3.2. Prizlenme Halinde Kazein Harcı (C1), Brescianni/ Malta 6001, Tecno Edile/ Ledan Serisi Enjeksiyon Harçlarının Performans Testi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Prizlenme halinde ve kuruma aşamasında enjeksiyon harçlarının hacim değişimi Rötre Testi (Rötre%-%S) ile ölçülmektedir. Test günümüze kadar **shrinkage, rötre büzülme, çekme** testi gibi isimlerle adlandırılmıştır fakat bu test hacim değişimini ölçmeye dayalı bir testtir ve enjeksiyon harcının hacminin azalma miktarı, hacminin fazlalaşma (genleşme) miktarı ya da hacminin stabilitesine dair veri sağlar. Bu sebeple test bu çalışmada **hacimsel değişim** testi olarak adlandırılmıştır **(%$H^{\pm D}$)** Test edilecek enjeksiyon harcı plastik standart kalıplarda ve aynı miktarlarda kurutularak ilk kuruma hacmi alınır. Final hacmi ise; örneğin, atmosfer basıncında ve kerosene içerisine daldırılarak ağırlıklarının alınması ve bu ağırlıkların arasındaki farkın hesaplanmasıyla oluşturulur. Hacimsel değişim yüzdesi ise (%$\mathbf{H^{\pm D}}$) ilk ve son hacim arasındaki fark hesaplanarak elde edilir.

Enjeksiyon harçlarında prizlenme süresi ve kuruma aşamasında hacminin stabil olması duvar resmi tabakaları arasında adezyon sağlanması ve mikro-makro çatlak ve boşluklarda tam dolgu işleminin tamamlanmasıyla sürekli mukavemet oluşması açısından önemlidir. Bu test ile ayrıca su miktarının ve katkı maddelerinin enjeksiyon harcının stabilitesine etki edip etmediğine dair veri elde etmemizi sağlar. Bu metot ile ölçülen hacimsel değişimin **%H^{D-4}** ya da bu miktardan az olması tercih edilir.

Kazein Harcı (C1)'in **%$H^{D-57.70}$**'tir. %57,70 oranında bir hacimsel küçülme enjeksiyon harçlarında kabul edilen limitin (**%H^{D-4}**) çok yüksek oranda üstündedir (Tablo 10-23). Kazein harcı mikro-makro çatlak ve boşluklarda ve sıva-duvar, sıva-sıva katmanları

arasında dolgu ve adezyon sağlayarak sürekli mukavemet sağlamadığından, enjeksiyon harcı olarak kullanımı önerilmemektedir. Kazein harcının (C1) toplam miktarına oranla su miktarının fazlalığı kuruma aşamasında hacmin küçülmesine neden olmuştur. Kazein Harcı (C1) modifikasyonu sonrasında yeniden değerlendirmeye alınabilir. Kazein Harcı'nın (C1) duvar resmi koruma malzemesi olarak uygulanması önerilmemektedir.

Brescianni Malta 6001 enjeksiyon harcının **$\%H^{D-3}$**'tür, Ledan Ital B2 **$\%H^{D-1.8}$**, Ledan TB1 ICR **$\%H^{D-2.7}$**'dir. Malta 6001, Ledan Ital B2 ve Ledan TB1 ICR enjeksiyon harçları kabul edilen hacim değişimi limitlerine (**$\%H^{D-4}$**) uygundur fakat Malta 6001 harcının %CE değeri 1.6'dır, %CE değeri ıslak halde ölçülmektedir, prizlenme ve kuruma halinde harcın hacmi stabil hale gelmektedir (Tablo 10-20-21-22). Malta 6001 harcını sıvı halde enjekte edildiğinde ve perküsyon testi ya da herhangi bir görüntüleme metodu ile harcın duvarın boşluklarını doldurma durumunu kontrol etme aşamasında harç boşluklara dolmuş görünecek fakat kuruma sonrası hacmi stabil hale dönerek boşluk içerisinde hacmi küçülecektir. Hacimsel olarak sıvı, prizlenme ve katı-kuru halde enjeksiyon harçlarının değişime uğramaması gereklidir. Malta 6001 harcının hacimsel küçülme değerleri limitlerin altında olmasına rağmen, prizlenme halinde genleşmeye uğradığından ve uygulama aşaması ve sonrasında birçok olumsuzluğa sebep olabileceğinden kullanımı önerilmemektedir.

2.3.3.3 Katı/ Kuru Halde Kazein Harcı (C1), Brescianni /Malta 6001, Tecno Edile/ Ledan Serisi Enjeksiyon Harçlarının Performans Testi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Katı halde uygulanan performans testlerinde ilk sırayı basınç dayanımı testleri almaktadır. Enjeksiyon harçlarının mekanik direncini ölçmede, basınç dayanımı testi yaygın olarak uygulanmasına rağmen yarmada çekme dayanımı ve kesme mukavemeti, basınç dayanımından önemlidir (Şimşir, Rainer, 2014: 12). Onarımda kullanılan enjeksiyon harçlarının mukavemetinin orijinal malzemede gerilme yaratmaması için mukavemetinin orijinal malzeme ile aynı ya da daha az olması gereklidir.

Kazein harcının (C1) **%H$^{D-57.70}$** olması ve bu sebeple kuruma esnasında, toplam hacminin yarısından fazlasını kaybederek büzülmesi sebebiyle katı halde yapılacak testler için masif örnek oluşturmak mümkün olmamıştır. Bu sebeple kazein harcının (C1) yarmada çekme dayanımı testi ve diğer tüm masif örnek gerektiren performans testleri iptal edilerek "**F**" **(failure)** olarak kaydedilmiştir (Tablo 23).

Genel uygulamalarda enjeksiyon harçlarının yarmada çekme dayanımının iki aylık testlerde **0.30-0.60 MPa** arasında olması ve iki yıllık testlerde **1.5 MPa'ı** geçmemesi gereklidir (Tablo 10). Malta 6001 enjeksiyon harcının yarmada çekme dayanımı, iki aylık testlerde (0.63 MPa), Ledan ITAL B2 (0.38 MPa), Ledan TB1-ICR'nin ise iki aylık test sonucu (0.59MPa), iki yıllık test sonucu ise (1.02 MPa'dir.). Ledan ITAL B2 ve TB1-ICR' nin referanslara uygun olmasına karşın Malta 6001 kabul edilen limitin çok azda olsa üstündedir, iki yıllık yarmada çekme dayanımı testlerinin yapılarak limitin üzerinde artış olup olmayacağı kontrol edilmelidir (Tablo 20-21-22).

Duvar resimlerinin korunmasında kullanılan enjeksiyon harçlarında çözünebilir tuz miktarı, bozulmaya yol açarak orijinal malzemeye zarar vermemesi için mümkün olduğunca az olmalıdır. Enjeksiyon harçlarında çözünebilir tuz miktarı limitleri; **Na^+, K^+ ve SO_4^{2-} iyonları 5 meq/100 g ya da bu miktardan az: Cl^- ve NO_3^- anyonları için 1 meq/100g'dan az: Ca^{2+} katyonları için 100 meq/ 100 g'dan az olmalıdır** (Tablo 10). Malta 6001 ve Ledan ITAL B2 ve TB1-ICR enjeksiyon harçları bu limitleri karşılamamaktadır (Tablo 10-20-21-22).

Katı halde enjeksiyon harçlarının su emme kapasitesi; enjekte edildiği alanda orijinal malzeme ile denk ve uyumlu davranabilmelidir. Su, nem ve bunların neden olduğu tuz hareketleri gibi bozulmaları en aza indirgemek için enjeksiyon harcının su emme kapasitesinin düşük olması önemlidir. Su emme kapasitesi testinde limitleri sıva katmanlarının su emme kapasitesi değerleri belirler fakat taşıyıcının su emme kapasitesi son derece önemlidir. Referans değer belirlenirken, taşıyıcı ve sıva katmanları değerlendirilip maksimum su emme miktarına göre, referans belirlenmelidir. Kapadokya Bölgesi'nde şu ana dek yapılan çalışmalarda, taşıyıcı duvar haricinde su emme kapasitesi testleri sonuçlarına dair enformasyon yayımlanmamıştır. Bu nedenle su emme kapasitesi referans değerleri (limitleri) belirlenememiştir. Su emme kapasitesi için gerekli olan örnek miktarı temin etmek

neredeyse boyanmamış hiç boş yüzey alanı bulunmayan Kapadokya Bölgesi Bizans dönemi duvar resimlerinde koruyucu bir yaklaşım değildir. Ayrıca kaba sıva tabakası düzgün bir profil oluşturmadığından ve kohezyon kaybı olduğundan su emme kapasitesi testini gerçekleştirmek ve sağlıklı enformasyon sağlamak zordur. Bu nedenle GCI tarafından tavsiye edilen limitler referans alınmıştır (Simşir, Rainer, 2014: 9) limitlere göre, su emme kapasitesi "**A**" ile gösterilir ve **A=0.055 g.cm^{-2}.s$^{-1/}$2** ile **0.085 g.cm^{-2}.s$^{-1/2}$** arası değer kuru-katı halde enjeksiyon harçlarında olması gereken limittir (Tablo 10). Malta 6001 enjeksiyon harcı A=0.015 g.cm^{-2}.s$^{-1/2}$, Ledan ITAL B2 A=0.039 g.cm^{-2}.s$^{-1/2}$, Ledan TB1 ICR A=0.048 g.cm^{-2}.s$^{-1/2}$'tür (Tablo 20-21-22). Bu enjeksiyon harçlarının üçü de kabul edilen su emme kapasitesi limitleri dahilindedir.

Enjeksiyon harçlarının su buharı geçirgen olmalıdır. Su buharı geçirgenliği çözünebilir tuzların ara katmanlarda kristalize olmasını engelleyerek nem ve tuzların taşınması yoluyla oluşabilecek bozulmaların engellenmesini sağlar. Orijinal materyal ile enjeksiyon harcının su buharı geçirgenliğinin uyumlu olması ise katmanları arasında su buharının bariyer yaratmasını engeller. Su buharı geçirgenliğinde (WVP) limit **WVP=9.0E-05 g.Pa^{-1}.h^{-1}.m^{-1}'ye eşit ya da WVP=9.0E-05 g.Pa^{-1}.h^{-1}.m^{-1} 'den büyüktür**. Malta 6001 enjeksiyon harcı **WVP= 6.0 E-05 g.Pa^{-1}.h^{-1}.m^{-1}**, **Ledan ITAL B2 WVP=1.1E-04 g.Pa^{-1}.h^{-1}.m^{-1}** ve **Ledan TB1 ICR WVP=7.6E-05 g.Pa^{-1}.h^{-1}.m^{-1}'dir** (Tablo 10). Üç harcında WVP değerleri, kabul edilen limit dâhilinde değildir (Tablo 20-21-22).

Enjeksiyon harçları uygulandıkları alanın ağırlığını arttırırlar; bu sebeple sıvı-halde ağırlıkları mukavemeti düşük alanlarda kopma, ayrılma ve çatlaklarda ilerlemeye yol açabilir. Zamanın getirdiği bozulmalarla mukavemeti düşük olan duvar resimlerinin konservasyonu için enjeksiyon harcı dizayn edilirken; mümkün olduğunca hafif **(light weight)** malzemelerin seçimi son derece önemlidir. Bir enjeksiyon harcının hafif olması performans kriterlerinde, ilk sıraları diğer önemli bileşenlerle paylaşır. Enjeksiyon harçlarında genel sıvı hal ağırlık limiti, **ρ_{wet}= 1.14-1.89 g.cm^{-3}** arası olarak kabul edilmektedir (Tablo 10). Islak ağırlık **ρ_{wet} (g.cm^{-3})** olarak gösterilir. Kazein Harcı (C1) ρ_{wet} = 1.18 g.cm^{-3}; Malta 6001 ρ_{wet} = 1.63 g.cm^{-3},; Ledan ITAL B2 ρ_{wet} =1.14 g.cm^{-3}, Ledan TB1 ICR ρ_{wet} = 1.36 g.cm^{-3}' tür. Bazı performans testi sonuçları dair enformasyonu olan Ledan SM 02 ρ_{wet} = 1.24 g.cm^{-3}'tür. Bu enjeksiyon

harçları, hafif enjeksiyon harcı limitleri dahilindedir. **Kazein (C1) harcı**, Herculaneum Projesi için GCI da performans testleri gerçekleştirilen ticari ve ticari olmayan enjeksiyon harçları ıslak ağırlığı verileriyle karşılaştırıldığında **ıslak ağırlığı en düşük** harç konumundadır (Tablo 23).

Enjeksiyon harçlarının bağlanma dayanımı tavan tonozlardaki geniş sıva katmanı ayrılmalarında, tavan ve tonozlarda harcın bağlanma oluşturabilmesine dair veri sağladığından önemli bir parametredir. Tarihi duvar resimlerinde, bağlanma dayanımı taşıyıcı ve sıva katmanlarının basınç dayanımından yüksek olmamalıdır. Orijinal sıva katmanlarının ağırlık ve yarmada çekme dayanımı verilerinin karşılaştırılmasıyla, bağlanma dayanımı limitleri oluşturulmaktadır. İlk yapılan çalışmada 6 aylık testlerde bağlanma dayanımı limitleri **100-350 kPa** arası olarak belirlenmiştir (Tablo 10). Kazein harcı (C1) altı aylık bağlanma dayanımı testleri enjeksiyon harcı %57.70 oranında rötre yaparak hiç bağlanma oluşturmaması nedeniyle yapılmamıştır. Analiz kayıtlarında kazein harcının bağlanma dayanımı **"F" (failure)** olarak geçmiştir. (Tablo 23) **Malta 6001** harcının bağlanma dayanımı **52 kPa**: Ledan ITAL B2 345 kPa: **Ledan TB1 ICR 817 kPa** ve **Ledan SM 02 85 kPa**'dır (Tablo 20-21-22). Bu enjeksiyon harçları içerisinde referans limitlere dahil olan Ledan ITAL B2'dir. Kapadokya bölgesinde duvar resmi sıvalarına ait basınç dayanımı verilerine dair yayın bulunmamaktadır. Basınç dayanımı testleri için örnek almak tarihi dokuya zarar vereceğinden konservasyon etikleri ile uyuşmamaktadır. Mukavemet verileri ölçülmediği halde gözlemlere dayanarak mukavemetin çok düşük olduğu göz önünde bulundurulursa yüksek bağlanma dayanıklılığı verisine sahip enjeksiyon harçlarının kullanılması önerilmemektedir. Herculaneum duvar resmi sıvaları Göreme duvar resmi sıvaları karşılaştırıldığında dönem ve yapım tekniği nedeniyle Herculaneum harçlarının mukavemetinin daha yüksek olması beklenmektedir. Herculaneum harçlarının basınç dayanımı ve yarmada çekme dayanımı verilerine göre **100-350 kPa** bağlanma dayanımı limiti belirlenmiştir. Bu veri dikkate alınarak Göreme de kullanılan enjeksiyon harçlarının bu limitin aşağısında olması gerektiği öngörülmektedir.

Sülfata Dayanım Testi sonuçlarına göre ise, Ledan TB1 ICR 25 devir dayanım göstermiş olup ağırlık kaybı %90'dır. Malta 6001 ve Ledan SM 02 13 devirden önce kürlenme esnasında başarısız olmuştur (Tablo 20-21). Ledan ITAL B2 ise 4 devir

dayanım göstermiştir. Sülfat dayanım testinde ağırlık kaybı ne kadar yüksekse bozulma o oranda yüksek olacaktır. Ledan TB1 ICR asidik tip sülfat atağından, en fazla etkilenen enjeksiyon harcıdır. Bu tür etki diğer test edilen enjeksiyon harçlarında **F** olarak geçer ve yüzeyde genleşme, çatlak oluşturma değil yumuşama, soyulma şeklinde kendini gösterir (Tablo 22).

3. IHLARA VADİSİ PİLOT YAPILARI KİREÇ BAĞLAYICILI DUVAR RESİMLERİNİN KARAKTERİZASYONU VE BOZULMA NEDENLERİ

Ihlara Vadisi Saint George, Bahattin Samanlığı ve Direkli Kilisesinde duvar resmi taşıyıcısı ve sıva tabakalarının statigrafisi ve karakterizasyonunun belirlenmesinde; ESEM-EDX **(Philips-FET XL 3D-ESEM-FEG OXFORD X MAX 80 mm^2 Xray Detector/ INCA software)**, XRD (X Ray Diffraction/ X Işınımı Kırınımı), XRF (X Ray Fluorescence/ X-Işınları Floresans Spektrumu) **(XRD-XRF INXITU /DUETTO)**, FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy/ Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi) aletli analiz metotları ve Asitle Muamele, Kızdırma Kaybı, Jeolojik İnceleme (ince ve çapraz kesit) test metotları kullanılmıştır

Duvar resimlerinin bozulmasına neden olan kimyasal, fiziksel ve biyolojik etkenlerin saptanmasında ise nem kaynakları, tuz hareketleri, biyolojik bozulmanın tespiti ESEM-EDX, Higrometre, Protimetre, Kondaktometre kullanılarak açığa çıkartılmaya çalışılmıştır. Mekanik dayanım testleri Amerika Birleşik Devletleri'ne yeterli miktarda örnek geçiş izni olmadığından ve hiç boyanmamış boş yüzeyi bulunmayan Ihlara Vadisi Pilot yapılarında mekanik dayanım testi için (yarmada çekme dayanımı ve basınç dayanımı) gerekli miktarda duvar resmi sıvası örneği almak tarihi dokuya zarar vereceğinden iptal edilmiştir, taşıyıcı duvar örnek alma ve Amerika Birleşik Devletleri jeolojik örnek taşıma prosedürüne uygun olduğundan, basınç dayanımı testleri gerçekleştirilmiştir. Basınç dayanımı testleri GCI Bilim Bölümü'nden Asistan Bilim İnsanı İnşaat Mühendisi Beril Bicer Şimşir tarafından gerçekleştirilmiştir.

3.1. Ihlara Vadisi Kireç Bağlayıcılı Duvar Resmi Pilot Yapıları Saint George Kilisesi, Bahattin Samanlığı Kilisesi ve Direkli Saray Kilisesi Duvar Resmi Sıvaları ve Taşıyıcının Karekterizasyonunu

Ihlara Vadisi Saint George, Bahattin Samanlığı ve Direkli Kiliseleri'nde duvar resmi sıva tabakası ve taşıyıcının karakterizasyonunun belirlenmesinde ESEM-EDX **(Philips-FET XL 3D-ESEM-FEG OXFORD X MAX80mm^2 Xray Detector/ INCA**

software) , XRD (X Ray Diffraction/ X Işınımı Kırınımı), XRF (X Ray Fluorescence/ X-Işınları Floresans Spektrumu), XRD-XRF VE FTIR aletli analiz metotları ve Asitle Muamele, Kızdırma Kaybı, Jeolojik İnceleme (ince ve çapraz kesit) test metotları kullanılmıştır. Aletli analizlerinin tamamı GCI Bilim Bölümü Laboratuarları'nda 2012 yılında gerçekleştirilmiştir. Örnek ve yöntemlerin belirlenmesinde GCI Bilim Bölümü Başkanı Prof. Dr. Giacamo Chiari başkanlık etmiştir. XRD-XRF analizleri Prof. Dr. Giacomo Chiari ile ESEM-EDX analizleri 2012 yılında GCI Bilim Bölümü Genel Müdürü Dr. David Carson ve FTIR analizleri GCI Bilim Bölümü Asistan Bilim İnsanı Dr. Lee Lym ile gerçekleştirilmiştir. Diğer analizler ise İstanbul Üniversitesi Taşınabilir Kültür Varlıkları Kimya Laboratuarı'nda 2011 yılında Doç. Dr. Ahmet Güleç gözetiminde gerçekleştirilmiştir (Tablo 24). Sıva tabakasındaki organik bağlayıcının araştırılması FTIR ve spot test yöntemleri kullanılmıştır.

Çalışmanın amacı Ihlara Vadisi kireç bağlayıcılı duvar resimlerinin konservasyonunda kullanılmak üzere "ideal" enjeksiyon harcı üretmek olduğundan ve boya analiz verileri enjeksiyon harcı üretimi için yararlı veri sağlamadığından çalışma kapsamına alınmamıştır. Sıva ve taşıyıcı karakterizasyonuna dair veriler ise enjeksiyon harçlarının üretiminde bağlayıcı seçimi ve enjeksiyon harcında istenilen performans özelliklerinin belirlenmesinde son derece önemlidir. Enjeksiyon harçları dizayn edilmeden önce bağlayıcı, agregalar ve boyutları, katkılar ve porozite, mekanik dayanımı, bozulmaya yol açan etkenler ve bozulmanın boyutu verilerinin elde edilmesi duvar resimlerinde kullanılabilecek enjeksiyon harçlarının istenilen performans özelliklerinin belirlenmesinde ve duvar resmi ile uyumlu formülasyonun oluşturulmasında birincil sıradadır.

3.1.1. Ihlara Vadisi Pilot Yapıları Sıva Örnekleri Görsel Tanımlamaları

Ihlara Vadisi Pilot Yapılarından alınan örnekler Bahattin Samanlığı Kilisesi için BHT-örnek no, Saint George Kilisesi için SNG-örnek no ve Direkli Kilise için DK-örnek no şeklinde numaralandırılmıştır ve farklı sıva katmanları ayrılarak A-B şeklinde gösterilmiştir.

3.1.1.1. Bahattin Samanlığı Kilisesi Sıva Örneği Tanımlamaları

BHT-1: Kilisenin apsis kısmı 1.50m seviyesinden alınan, bej renkli, içerisinde saman katkısı ve küçük boyutlu gri renkli muhtemelen tüf agregaları görülebilen, yüzeyinde bir kat lacivert fon boyası bulunan, min:1.5 mm max:5mm kalınlıkta oldukça hassas sıva örnekleri.

BHT-2: Kilisenin apsis kuzey-doğu kısmı 1.50m seviyesinden alınan, bej renkli, içerisinde saman katkısı ve küçük boyutlu gri muhtemelen tüf agregaları görülebilen, üzerinde bir katman terakota-bej-koyu yeşil-gri boya katmanı bulunan, min:3mm max:8mm kalınlıkta oldukça hassas sıva örneği.

BHT-3: Kilisenin giriş kapısı güney-doğu 1.70m seviyesinden alınan, bej renkli içerisinde saman kıtık katkıları ve gri renkli muhtemelen tüf agregaları görülebilen, 3-8mm arasında kalınlığı değişen, üzerinde bir katman terakota renkli boya katmanı bulunan oldukça hassa sıva örneği.

BHT-4: Kilisenin giriş kapısı güney-batı 1.60 seviyesinden alınan, bej renkli, içerisinde saman ve kıtık katkıları ve görülebilen, içerisinde gri renkli ve şeffaf muhtemelen kum-tüf karışımı agregaları görülebilen, min: 1mm max:3mm arasında kalınlığı değişen oldukça hassas sıva örneği.

3.1.1.2. Direkli Kilise Sıva Örneği Tanımlamaları

DK-1: Kilisenin batı duvarı kapının sağ tarafındaki duvar 1.50m yükseklikten alınan, kırık beyaz renkli içerisinde saman katkısı ve bej beyaz ve gri renkte çok küçük boyutlu agregaları görülebilen, 3-5mm arasında sıva kalınlığı değişen, üzerinde bir kat badana, lokal alanlarda badana üzeri bir kat siyah boya katmanı görülen hassas sıva örneği.

DK-2: Kilisenin batı duvarı kapının sağ tarafında girinti 1.30 m seviyesinden alınan, kırık beyaz renkli içerisinde saman katkısı ve muhtemelen kireç taşı kırığı agregaları ve bol miktarda küçük yuvarlak boşlukları görülebilen, üzerinde bir katman beyaz badana bulunan, 6mm-1.4mm kalınlıklarında sağlam sıva örneği.

DK-3: Kilisenin kuzey batı duvarı girintisi 70cm seviyesinden alınan, bej renkli, içerisinde saman katkısı görülebilen, mikro boyutta yuvarlak boşluk bulunan, 3-6mm kalınlıkta üzerinde bir kat siyah boya katmanı bulunan, hassas sıva örneği. Örnek miktarı asitle muamele ve kızdırma kaybı analizi için yetersiz olduğundan boya örneği olarak stoklanacaktır.

DK-4: Kilisenin ikinci sütünün güney doğu tarafı 1.20m seviyesinden alınan, içerisinde saman katkısı ve gri küçük boyutlu muhtemelen tüf agregaları görülebilen, 3-6mm arasında kalınlığı değişen, üzerinde bir katman beyaz badana bulunan sağlam durumda sıva örneği.

DK-5: Kilisenin kuzey hücre (prothesis) 70cm seviyesinden alınan, içerisinde çok az saman katkı izleri bulunan, gri renkli agregaları muhtemelen tüf bol miktarda görülebilen, 3mm-5mm arasında kalınlığı değişen, üzerinde bir katman bozunmuş durumda kırmızı boya bulunan, sağlam sıva örneği.

DK-6: Kilisenin güney hücre (diakonikon) 3m seviyesinden alınan, içerisinde saman katkı izleri ve gri renkli agregaları muhtemelen tüf görülebilen, 5mm-3mm arasında kalınlığı değişen, üzerinde bir kat beyaz badana tabakası bulunan, sağlam sıva örneği.

3.1.1.3. Saint George Kilisesi (Kırkdamaltı Kilisesi) Sıva Örneği Tanımlamaları

SNG-1: Kilisenin kuzey duvarı 2.00 m seviyesinden alınan koyu bej renkli içerisinde bol miktarda saman katkı ve gri-siyah muhtemelen tüf agregaları görülebilen 7-1,3cm arasında kalınlığı değişen çok hassas, kohezyon ve adezyon kaybı olan sıva örneği.

SNG-2: Kilisenin doğu apsis kısmı 1.80m seviyesinden alınan açık toprak renkli içerisinde az miktarda saman katkı (keten lif olabilir) gri tüf agregaları görülebilen. Muhtemelen kireç ve toprak bağlayıcılı ya da tüf katkısı dolayısıyla kahverenginde olan 3-6mm arasında kalınlığı değişen üzerinde bir kat bordo boya bulunan hassas durumda sıva örneği.

SNG-3: Kilisenin batı duvarı sol niş 50cm seviyesinden alınan, bej renkli içerisinde kum agregaları görülebilen, 1,2-1,3cm kalınlıkta üzerinde bir katman bordo boya katmanı bulunan, sağlam sıva örneği.

SNG-4: Kilisenin batı duvarı orta nişten alınan, koyu bej renkli, içerisinde muhtemelen kum agregaları görülebilen, 5-6mm arasında kalınlığı değişen üzerinde bir katman is-kir tabakası bulunan sağlam sıva örneği.

SNG-5: Kilisenin kuzey duvarı sol niş 50cm seviyesinden alınan, içerisinde ince saman katkıları görülebilen, gri tüf ve muhtemelen kum agregaları görülebilen, 2-5mm arasında kalınlığı değişebilen, üzerinde bir kat gri-mavi boya katmanı bulunan sağlam durumda sıva örneği.

SNG-6: Kilisesin batı sol nişinden alınan, koyu krem renkli, içerisinde saman katkısı ve gri tüf agregaları görülebilen, 5mm kalınlığında sağlam sıva örneği. Örnek miktarı sadece çapraz kesit için yeterlidir.

SNG-7: Kilisenin kuzey duvarı 50cm seviyesinden alınan, bej renkli, içerisinde gri renkli tüf agregaları görülebilen, 2mm-9mm arasında kalınlığı değişebilen, üzerinde bir katman gri boya tabakası bulunan sağlam durumda sıva örneği.

SNG-8: Kilisenin batı duvarı sol niş 25cm seviyesinden alınan, bej renkli içerisinde gri agrega ve kireç taşı katkıları görülebilen, 4mm-6mm arasında kalınlığı değişebilen, üzerinde bir katman yeşil, terekota ve beyaz boya katmanı bulunan, iyi durumda ince kesit için uygun sıva örneği.

3.1.2. Kızdırma Kaybı Tayini ve Asitle Reaksiyona Girmeyen Agregaların Analiz Sonuçları

Kızdırma Kaybı Tayini ve Asitle Reaksiyona Girmeyen Agregaların Analizi, kireç bağlayıcılı duvar resmi sıvalarının tayininde, kombine yapılan bir analizdir. İki analiz enformasyonun karşılaştırılması yoluyla duvar resmi sıvasının yapımında kullanılan ve %10'luk HCL asit ile reaksiyona girmeyen agregalar ve organik katkı (keten kıtık, saman v.b) miktarı ve boyutları, % $CaCO_3$ miktarı hakkında enformasyon ve genel

bilgi sağlanmaktadır. %$CaCO_3$ miktarı bağlayıcının toplam miktarı olarak düşünmek yanıltıcı olabilir. Karbonat kökenli agregalara bağlı olarak %$CaCO_3$ artış gösterecektir bu nedenle petrografik analizlerle karşılaştırmalı olarak Kızdırma Kaybı Tayini yapılması sağlıklı veri elde edilmesini sağlar. Ihlara Vadisi kireç bağlayıcılı duvar resimlerinin konservasyonunda kullanılmak üzere dizayn edilen Peristrema enjeksiyon harçlarında, sıva yapımında kullanılan agregalar ve %$CaCO_3$ enformasyonu Ihlara Vadisi kireç bağlayıcılı duvar resimleriyle uyumlu enjeksiyon malzemelerinin (bağlayıcı kireç, katkılar) seçiminde önemli rol oynamıştır. Enjeksiyon harcı malzemesinin, orijinal duvar resmi sıvası yapım tekniğine uyumlu malzeme içermesi uygulamamanın uzun vadeli koruma oluşturması bakımından önemlidir. Kızdırma Kaybı Analizi; artan ısıya bağlı olarak meydana gelen ağırlık değişiminden yararlanarak higroskopik su, molekül suyu (bağıl su) ve organik madde miktarı ile CO_2 kaybı enformasyonundan yararlanarak %$CaCO_3$ miktarının hesaplanması prensibine dayanır.

Kızdırma Kaybı Analizi uygulama adımları şöyledir;

Örnekler çok ince öğütülür ve porselen krozelere alınarak tartımları yapılır **(W).** 105C°'lik etüvde iki saat süreyle bekletilir ve ardından desikatörde soğutularak tekrar tartılır (**W1)**. $\%\boldsymbol{Nem}$ miktarını saptamak için aşağıdaki formül kullanılmıştır (Güleç, 1992: 30–34).

$$\%\boldsymbol{Nem} = \frac{\mathbf{W} - \mathbf{W1}}{\mathbf{W1}}\mathbf{x100}$$

W=Alınan örneğin gram miktarı.

W1=Kuru örneğin gram miktarı.

Nem tayini yapılmış örneklerin bileşim suyu ve organik madde içeriklerinin tayini için 505C°'lik fırında bir saat bekletilen örnekler desikatöre alınarak soğutulmuş ve tartılmıştır **(W2)**. $\%\ \boldsymbol{Kızdırma\ Kaybı}$ aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$\%\ \boldsymbol{Kızdırma\ Kaybı} = \frac{\mathbf{W1} - \mathbf{W2}}{\mathbf{W1}}\mathbf{x100}$$

W2: Fırından sonraki örnek gram miktarı.

Örneklerin içirdiği karbonat miktarını saptamak için nem ve kızdırma tayini yapılan örnekler, 1055C°'lik fırında sabit tartıma kadar kızdırılmıştır **(W3)**. Bu sıcaklıkta kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) bozunarak sönmemiş kirece ($CaO+CO_2$) dönüşür. % $\boldsymbol{Karbonat\ Miktarı}$ aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$\%\ \boldsymbol{Karbonat\ Miktarı} = \frac{\mathbf{W2 - W3}}{\mathbf{W1}} \mathbf{x} \frac{\mathbf{100}}{\mathbf{44}} \mathbf{x100}$$

W3=1055C° kızdırmadan sonra alınan tartım

Asitle reaksiyona girmeyen agregaların analizi ise: Kireç bağlayıcılı duvar resmi sıvası örneğinde ki bağlayıcılı ve karbonatlı agregalar dışındaki silikatlı agregalar ile puzzolanik maddeler ve asitle reaksiyona girmeyen organik katkıların (saman, keten kıtık, hububat kabuğu) oranları ve boyut dağılımlarının saptanması amacıyla yapılan analizdir (Teutenico, 1988).

Bu işlemde yaklaşık 10g örnek etüvde 105C°'de 4 saat kurutulur ve ardından %10'luk HCl (%10 hidroklorik asit / saf su içinde) ile muamele edilir Asitli çözeltide reaksiyon tamamlanana dek bekletilen örnekler, çökeltileri klor-iyon reaksiyonu vermeyene dek destile edilir ve ardından 105C° etüvde 24 saat kurutulur.

Asitle reaksiyona girmeyen agregalar 1000, 500, 250 ve 125 mikronluk eleklerde elenir ve her aşamada örneklerin tartımı alınır. Örneklerin içerdiği silikatlı agregalar, puzzolanik maddeler, kıtık, saman ve hububat kabuğu gibi organik katkılar stereo mikroskop altında incelenerek veriler formlara kaydedilir.

Uygulama aşaması yukarıda anlatıldığı gibi gerçekleştirilen Ihlara Vadisi Direkli Kilise, Bahattin Samanlığı Kilisesi ve Saint George Kilisesi Kızdırma Kaybı Tayini ve Asitle Reaksiyona girmeyen agregaların analiz verilerinin karşılaştırmalı sonucu şu şekildedir (Tablo- 26-27).

Direkli Kilise duvar resmi sıva örneklerinin %$CaCO_3$ oranı; % 61, 78-69, 64 arasındadır. İçerikte büyükten küçüğe doğru belirlenen agregalar; feldspat, volkanik kayaç parçaları, siyah cüruf, kuvartz, muskovit, biyotit ve microclinedir. Genel agrega tanımı köşeli, 1mm elek altı krem beyaz renkli feldspat ağırlıklı volkanik kayaç parçaları olup, ortalama %5-7 oranında saman katkı içermektedir. Direkli

Kilise sıva örneklerinin içerikleri birbirleriyle benzer özellikte olup DK-5 ve DK-6 2500 µ'luk elekten geçen agregalar bulundurmaktadır. Asitte kalan miktarının %16,11-21,44 arasında değişmesi ve %$CaCO_3$ oranının % 61, 78-69, 64 arasında olması HCL asitte kaybolan agrega ya da katkı maddeleri olduğunu düşündürmektedir (Tablo 26-27).

Bahattin Samanlığı Kilisesi kızdırma kaybı tayini sonuçlarına göre %$CaCO_3$ oranı % 80, 83-70, 29 arasındadır. BHT-2 örneği iki katmanlı olup A-B olarak katmanlarına göre ayrılmıştır. BHT-2A sıva BHT 2B örneği ise taşıyıcı duvar katmanı içermektedir ve bu sebeple %$CaCO_3$ oranı 1,83'tür. Asitte kalan %96,60 olup 8mm elek altı kuvartz ve feldspat ağırlıklıdır. Taşıyıcının içeriğinde görülen agregalar köşeli olup büyükten küçüğe doğru feldspat, kuvartz, volkanik kayaç parçaları-siyah cüruf, biyotit -muskovit ve microclinedir. **Bu veri kilisenin iç kısmının oyulması sırasında çıkan ignimbiritin öğütülüp 1-2,5 mm elekten geçirilerek kullanıldığını akla getirmektedir.** Sıva içeriğinde büyükten küçüğe doğru belirlenen agregalar; feldspat, volkanik kayaç parçaları, kuvartz, biyotit ve muskovittir. Genel agrega tanımı köşeli, 1mm elek altı deve tüyü renkli feldspat ağırlıklı volkanik kayaç parçalarıdır, ve ortalama %35-40 oranında saman katkı içermektedir. Bahattin Samanlığı duvar resmi sıva örneklerinin içerikleri birbirleriyle benzer özellikte olup BHT-4 örneği 5000 µ'luk elekten geçen BHT-2A ise 2500 µ'luk elekten geçen agregalar ihtiva etmektedir (Tablo 26-27).

Saint George (Kırkdamaltı) Kilisesi'nin ise SNG-5 örneği içerik olarak farklıdır ve ayrıca değerlendirilecektir. Diğer örnekler benzer içerikte olup %$CaCO_3$ oranı 43,01-63,17 arasındadır. İçerikte büyükten küçüğe doğru belirlenen agregalar; volkanik kayaç parçaları, kuvartz, feldspat siyah cüruf, biyotittir. Genel agrega tanımı köşeli, 2mm elek altı açık deve tüyü renkli volkanik kayaç parçaları olup, ortalama %2-3 oranında saman katkı içermektedir. SNG-3 örneğinde organik katkı maddesi, saman, bulunmamaktadır. SNG-5 örneği ise analiz sonuçlarına göre diğer sıva örneklerinden farklılık göstermektedir; %$CaCO_3$ oranı 45.60'tır ve agregaları köşelidir ve volkanik kayaç parçaları, kuvartz, feldspat, demir oksit, siyah cüruf, biyotitt, muscovit ve microcline gözlemlenmiştir. Demir oksitin varlığı kontaminasyondan kaynaklı olabileceği gibi, katkı ya da bağlayıcı olarak kil kullanıldığını

düşündürmektedir. %5-10 arasında kil içerdiği düşünülen sıvada katkı maddesi olarak %3-5 saman içermektedir (Tablo 26-27).

3.1.3. Ihlara Vadisi Pilot Yapıları Kireç Bağlayıcılı Duvar Resmi Sıvaları Porozite Tayini ve Sonuçları

Porozite tayini suya doygun hale getirilen sıva-harç-kayaç örneğinin bağlantılı boşluklar içerisine su dolma prensibine dayalı olarak ölçülmektedir. Kayaç içindeki boşluklar/gözenekler kapalı olabileceği gibi birbiriyle ilişkili de olabilmektedir. Bir kayaç suya doygun hale getirildiğinde bağlantılı boşluklar içerisine su dolar. Kapalı boşluklar ise su almaz. Kapalı boşluklar kayaç oluştuktan sonra kabuk parçaları gibi çözünebilir malzemenin çözünmesinden oluşabilmektedir. Çoğunlukla düzensiz şekillidirler. Mikrondan onlarca metreye kadar değişen farklı boyutlarda olabilirler.

Yoğunluk ve özgül ağırlık birbiriyle karıştırılmaması gereken fiziksel özelliklerdir. Yoğunluk kuru veya suya doygun numunenin kütlesinin hacmine oranı olup, özgül ağırlık aynı hacimdeki kayacın +40C'deki suya kütlece olan oranıdır. Yoğunluğun birimi g/cm^3 cinsinden ifade edilirken, özgül ağırlık herhangi bir birimle ifade edilmemektedir. Kaya malzemesinde suyun girebildiği bağlantılı gözeneklerin toplam hacmine göre belirlenen poroziteye açık gözeneklilik (etkin porozite) denir. Tüm boşluklar hariç katı kısma göre belirlenen porozite ise toplam gözeneklilik olarak adlandırılır. Toplam gözeneklilik yoğunluk ve özgül ağırlık arasındaki farklılığın bir ölçütüdür. Düşük yoğunluklu kayaç genellikle çok gözeneklidir. Gözeneklilik (porozite) kaya malzemesinin oluşumuna bağlı olarak artar veya azalır. Gözeneklilik (porozite) boşluk/gözenek oluşumunun kayaç oluşumu ile aynı zamanda olması ve sonradan oluşmasına göre sırasıyla birincil ve ikincil porozite şeklinde sınıflandırılabilmektedir. Buna göre; tortul malzemenin çökelmesi sırasında, örneğin kumtaşlarındaki taneler arası gözeneklilik ve kireçtaşlarındaki kristaller arası gözeneklilik birincil poroziteyi oluştururken; çökelme sonrası çeşitli jeolojik süreçler sonrası meydana gelen, örneğin şeyl ve kireçtaşlarındaki çatlak oluşumları ve kireçtaşlarındaki erime boşluk veya mağaraları ikincil porozite örnekleri olmaktadır. Birincil poroziteye sahip kayaçlar daha düzenli bir yapı gösterir (Emir, 2011: 10-11).

Gözenekliliğe etki eden faktörler arasında, ilk olarak tane şekli yer almaktadır ;tanelerin köşeliliği arttıkça porozite artar, tanelerin sıralanma şekli ve tane boyu dağılımları da poroziteye etki eder. Taneler birbirine ne kadar yakın boyutta ise gözeneklilik o denli artacaktır. Tanelerin boyutu birbirinden farklı veya büyük kum taneleri küçük kum taneleriyle karışım halindeyse gözeneklilik azalacaktır. Çimentolanma derecesi: bileşimi ve bağlayıcılığı da poroziteye etki etmektedir, çimentolanma derecesi ne kadar fazlaysa gözeneklilik o denli az olur. Sıkılaşma/kompaktlaşmanın poroziteye etkisi ise; sıkılaşma ile meydana gelen hacim azalışının gözeneklilikteki azalışının göstergesi olmasıdır.

Nevşehir Ürgüp tüfünün %Porozitesi 41.3'tür. Kaya malzemesi yapısı içerisinde boşluk ve gözeneklerin olması dayanımını azaltır ve deforme olabilirliğini artırır. Ayrıca, açık boşluk ve gözeneklerin içine su dolması bu etkileri artırabilmektedir. Kapalı boşlukların su emme ve su geçirimliliği üzerine etkisi bulunmazken açık ve bağlantılı boşlukların yani açık gözenekliliğin önemli etkisi bulunmaktadır.

Ihlara Vadisi kireç bağlayıcılı sıva örneklerinin Porozite Testi aşamaları şöyledir:

İlk aşamada sıva örneklerinin kütle ve hacimce su emme oranlarının belirlenerek malzemenin su geçirgenliği tespit edilir. Kütle ve hacimce su emme oranların tespiti şu aşamalarla gerçekleştirilir (Uğur, 2011).

- Örneklerin üzerinde ki depozitler temizlendikten sonra de-iyonize suda bekletilerek içerisindeki suda çözünebilir tuzlardan arındırılır.

- .105 Cºlik etüvde ağırlıkları sabitleninceye kadar kurutulduktan sonra 0,001 hassasiyetli AND GF-60 markalı Arşimet terazisinin üst kefesinde tartılarak kuru ağırlığı **Gk** alınır.

- 25Cº'de Arşimet terazisinin de-iyonize su bulunan kefesinde doygunluğa erişinceye kadar bekletilir ve ağırlığın sabitlendiği değer, su içerisindeki doygun ağırlığı $\mathbf{G_{ds}}$, yoğunluğu (görünür yoğunluk) Δ_h kaydedilir.

- Örnekler de-iyonize su içerisinden alınarak, yüzeylerinde ki fazla su asitsiz havlu kâğıda emdirilerek alınır ve terazinin üst kefesinde tartılarak havadaki doygun hali $\mathbf{G_{dh}}$ kaydedilir.

Sıva örneklerinin kütlece $\mathbf{S_k/\ P(m)}$ ve hacimce $\mathbf{S_h/\ P(V)}$ su emme değerleri ve görünür yoğunluk Δ_h aşağıdaki formüllerle hesaplanır[4].

$$S_k/\ P(m) = \frac{G_{dh} - G_k}{G_k} \times 100$$

$$S_h/\ P(V) = \frac{G_{dh} - G_k}{G_{dh} - G_{ds}} \times 100$$

$$\Delta_h = \frac{G_k}{G_{dh} - G_{hs}} \times 100$$

Örneklerin görünür porozite değerleri, hacim ve kütlece su emme değerlerinden yararlanılarak hesaplanır. Su emme deneyi sırasında ortam sıcaklığı ölçülerek su emme deneyinde kullanılan suyun yoğunluğu belirlenir, hacim ve kütlece su emme değerleri suyun yoğunluğuna bölünerek, görünür porozite $\mathbf{P_g}$ değeri hesaplanır[5].

$$\mathbf{P_g} = \frac{G_{dh} - G_k}{G_{dh} - G_{ds}} \times 100 \quad k = 100 - P_g\%$$

---

[4] $\mathbf{S_k}$ = Numunenin kütlece su emme oranı (v/v, %).
$\mathbf{S_h}$ = Numunenin hacimce su emme oranı (v/v, %).
$\mathbf{G_k}$ = Değişmez kütleye kadar kurutulmuş deney numunesinin kütlesi (g)
$\mathbf{G_{dh}}$ = Doygun haldeki deney numunesinin havadaki kütlesi (g).
$\mathbf{G_{ds}}$ = Doygun haldeki deney numunesinin su içindeki kütlesi (g) .
$\mathbf{\Delta_h}$ = Görünür yoğunluk/ Numunenin birim hacim kütlesi (gr/cm^3).

[5] $\mathbf{P_g}$ = Numunenin görünür porozitesi (V/V, %)
$\mathbf{G_k}$ = Değişmez kütleye kadar kurutulmuş deney numunesinin kütlesi, (g)
$\mathbf{G_{ds}}$ = Doygun haldeki deney numunesinin su içindeki kütlesi, (g)
$\mathbf{G_{dh}}$ = Doygun haldeki deney numunesinin havadaki kütlesi, (g)
$\mathbf{d_{su}}$= Suyun deney sıcaklığındaki yoğunluğu, (25C°'de 0,997 g/cm^3)
k= Kompasite, (%)

Düzgün şekilde olmayan harç sıva örneklerinin birim hacim kütlesi, su emme deneyinden yararlanılarak yapılır[6] (Teutonico, 1988).

$$\Delta_{\mathbf{h}} = \frac{G_k}{G_{dh} - G_{ds}} \times 100$$

Ihlara Vadisi kireç bağlayıcılı pilot yapıları duvar resmi sıvalarında; **% P(V) 28.31-50.14** arasında değişmekte olup ortalama Saint George Kilisesi sıva örneklerinde (SNG) % P(V) 37.13; Direkli Kilise sıva örneklerinde (DK) % P(V) 42.20 ve Bahattin Samanlığı sıva örneklerinde (BHT) % P(V) 46.76' dır (Tablo 27). Taşıyıcının %P(V) değerleri su ile reaksiyona girerek dağıldığından bu metot ile tayin edilememiştir. Ürküp tüfünün porozitesinin %41.3 olduğu göz önünde bulundurulursa sıvaların %P(V) değerlerinin bu rakama çok yakın olması duvar resmi ustalarının taşıyıcı duvarın özelliklerine uygun malzeme seçimi ve tekniği ile taşıyıcı ile sıva arasında uyumluluk prensibini gözettiğini düşündürmektedir. Oldukça yüksek porozite değerlerine sahip taşıyıcı ve sıva tabakalarının enjeksiyon harcı dizayn edilirken yüksek porozite özelliği tüm performansa etki edebilecek olması göz önünde bulundurulmalıdır. Günümüze kadar benzer özelliklere sahip duvar resimlerinde Kapadokya'da yapılan enjeksiyon uygulamalarında enjeksiyon harçlarının uygulanma zorluğunun başlıca nedenlerinden biri yüksek gözenekliliğe sahip ve doğru orantılı olarak hacimce su emme kapasitesi yüksek ve su ile ayrışmaya uğrayan taşıyıcı duvar ve su emme kapasitesi taşıyıcı ile yakın değerlerde fakat su ile ayrışmaya uğramayan sıva tabakasının segregasyona uğrayan ve su tutma kapasitesi yüksek olmayan enjeksiyon harçlarının fazla su miktarının hızlıca duvar ve sıva tarafından absorbe edilerek enjeksiyon kanalını tıkaması nedeniyle olduğu düşünülmektedir. Bunun yanı sıra taşıyıcı ve sıva arasındaki boşluklarda yapılan enjeksiyonlarda da taşıyıcının su ile ayrışarak enjeksiyon kanalını tıkama olasılığı göz ardı edilmemelidir. TLC verilerine dayanarak, içeriğindeki su miktarı % 59. olan Kazein Harcının (C1) Göreme Vadisi kireç bağlayıcılı duvar resimlerinde enjekte edilebilir olması; Kazein Harcının (C1) segregasyona uğramaması ve su tutma kapasitesinin "0" değerinde olması ile açıklanabilir. Bu veriler orijinal malzemenin porozite değerleri yükseldikçe su tutma kapasitesi düşük ve segregasyona uğrayan

[6] $\mathbf{\Delta_h}$ = Numunenin birim hacim kütlesi (g/cm^3)

kireç bağlayıcılı enjeksiyon harçların uygulanabilirliğinin azaldığını ortaya koymaktadır.

3.1.4. Ihlara Vadisi Kireç Bağlayıcılı Duvar Resimleri Haritalandırma/Mikro Yapı Analizleri (ESEM-EDX, XRD/XRF, FTIR) Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Ihlara Vadisi Saint George, Bahattin Samanlığı ve Direkli Kilisesinde duvar resmi sıva tabakası ve taşıyıcının karakterizasyonunun belirlenmesinde: ESEM-EDX **(Philips-FET XL 3D-ESEM-FEG OXFORD X MAX80mm^2 Xray Detector/ INCA software)** , XRD (X Ray Diffraction/ X Işınımı Kırınımı), XRF (X Ray Fluorescence/ X-Işınları Floresans Spektrumu), XRD-XRF VE FTIR aletli analiz metotları ve Asitle Muamele, Kızdırma Kaybı, Jeolojik İnceleme (ince ve çapraz kesit) test metotları kullanılmıştır. Aletli analizlerinin tamamı GCI Bilim Bölümü Laboratuarları'nda 2012 yılında adı geçen bilim adamlarıyla beraber tarafımdan gerçekleştirilmiştir (Tablo 24). Örnek ve yöntemlerin belirlenmesinde GCI Bilim Bölümü Başkanı Prof.Dr. Chicamo Chiari başkanlık etmiştir XRD-XRF analizleri Prof.Dr. Giacomo Chiari ile, ESEM-EDX analizleri 2012 yılında GCI Bilim Bölümü Genel Müdürü Dr. David Carson ve FTIR analizleri GCI Bilim Bölümü Asistan Bilim İnsanı Dr. Lee Lym ile gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada asıl amaç sıva statigrafisinin ve statigrafi de görülen kimyasal içeriğin, haritalanarak belirlenmesidir. Çalışmanın ilk aşaması ESEM-EDX ile statigrafik haritalandırma ve noktasal spektrum taramalardır. Genel kimyasal yapısı belirlenen örneklerden ayrıntılı alt element gruplarını görmek istediğimiz örnekler daha ayrıntılı olarak XRD-XRF ile incelenmiş ve organik içerik araştırmasında FTIR kullanılmıştır. Bahattin Samanlığı Kilisesi sıva örneklerinden on iki adet, Direkli Kilise'den on iki adet ve Saint George Kilisesi'nden toplam on altı adet sıva ve bir adet taşıyıcı duvar örneği üzerinde çalışılmıştır. Bunların dışında Ihlara Vadisi çevre kaynaklardan alınan iki adet örnek üzerinde kimyasal içerik araştırması yapılmıştır (Tablo 29-30-31).

ESEM-EDX analizlerinin gerçekleştirilme aşamalarında izlenen yöntem şöyledir: Bu analizler Getty Konservasyon Enstitüsü (GCI) Bilim Bölümü Laboratuarı'nda, GCI Bilim Bölümü Laboratuarı Müdürü Kimya Mühendisi Dr. David Carson ile yapılmıştır ve ESEM-EDX (**Philips-FET XL 3D-ESEM-FEG OXFORD X MAX80mm^2 Xray**

Detector) INCA software ile kullanılmıştır. ESEM-EDX analizlerinde veri tabanını oluşturan software programı oldukça önemlidir.

Ihlara Vadisi Direkli Kilise, Bahattin Samanlığı ve Saint George Kilisesinden alınan mikro boyutta örneklerin statigrafik veri sağlayan çapraz kesitleri hazırlanmıştır; Çapraz kesitlerin hazırlanma aşamaları şöyledir; epoksi reçinenin reaksiyonu sırasında açığa çıkan ısıdan etkilenmeyecek kalıplara dikey olarak yerleştirilmiş örnekler, yüksek poroziteye sahip olduklarından, epoksi içerisinde sıva halde reçinenin kaldırma kuvvetinden etkilenmemeleri için çift taraflı bantla kalıbın iç alt yüzeyine sabitlenmiş, ardından epoksi reçineye gömülmüş ve desikatörde sıva örnekleri vakumlanarak gözeneklerin içerisindeki havanın boşalması sağlanmıştır. epoksi reçinenin 12 saatlik polimerleşme sürecinden sonra örnekler kalıplardan çıkarılmış ve statigrafi sağlayan üst yüzeyleri parlatılmıştır.

ESEM-EDX ile haritalandırma sıva tabakasının stratigrafisinin belirlenmesi ile ayrıca gözenek boşluk dağılımı ve genel kimyasal yapı hakkında ayrıntılı veri sağlamaktadır elde edilen verilerin değerlendirilmesiyle dizayn edilecek enjeksiyon harcının, orijinal sıva ile kimyasal yapı olarak uyumlu malzeme seçiminde son derece önemlidir. ESEM-EDX ile haritalandırma ayrıca gözenek boşluk dağılımı, tuz içeriği ve genel kimyasal yapı hakkında ayrıntılı veri sağlamaktadır. ESEM EDX ile haritalandırma yapılan örneklerde ardından bağlayıcı, agrega ve kimyasal yapısının belirlenmesi için spektrumlar belirlenerek ayrıntılı data alınmıştır. Çevre kaynaklardan alınan bağlayıcı ya da agrega olarak kullanılması muhtemel olan örneklerin ESEM-EDX ile kimyasal yapıları açığa çıkarılmıştır.

ESEM-EDX analizinin ilk aşamasında polarizan mikroskop görüntü transfer sistemiyle örneklerin statigrafik fotoğrafları alınmıştır, statigrafik haritalandırma ve spektrumların alınacağı noktanın belirlenmesi açısından son derece önemlidir. Kimyasal mikro yapı ve haritalandırma işlemleri, statigrafik görüntüleme ESEM-EDX ile haritalandırma ile kimyasal genel yapının açığa çıkarılması ve noktasal spektrum ların alınması ve tüm verilerin yorumlanması aşamalarıyla gerçekleştirilmiştir. ESEM EDX, FTIR, XRD-XRD analizinden elde edilen veriler, her yapı için ayrı yorumlanmıştır.

Bahattin Samanlığı Kilisesinden toplam 12 adet örnek üzerinde çalışılmıştır (Tablo 29). ESEM-EDX taraması yapılan tüm Bahattin Samanlığı Kilisesi sıva örneklerin bağlayıcısı kireçtir. Tüm örnekler birbirleriyle benzerlik göstermekte olup BHT-9P ve BHT-2P örneği üç katmandan oluşmaktadır. Katmanlar sıva-boya-gypsum'dan oluşmaktadır. BHT-9P örneğinde ilk aşamada $SO_4^{-2,}$ BHT-2P SKa[1] olabileceği yorumlanmış ve gypsum'un bir katman mı yoksa tuz kontaminasyonu mu olabileceğine dair araştırma için XRD-XRF metotlarına başvurulmuştur. Örnekler toz haline getirilerek XRD ve XRF analizleri gerçekleştirilmiştir.

ESEM-EDX XRF-XRD sonuçları bir araya getirildiğinde BHT-2 örneği pure kalsit olup ($CaCO_3$); kireç taşı bağlayıcı içeren kireç sıva (intanacco) ve neredeyse tamamı pure gpysumdan ($CaSO_4.2H_2O$) olan yüzey katmanı (intonachino) tabakasından oluşmaktadır. Genel olarak tüm sonuçlar bir araya getirildiğinde Bahatttin Samanlığı Kilisesi duvar resmi sıvaları $CaCO_3$ (bağlayıcı ve agrega olarak) içermekte ve bu tabakanın üzerinde yüzey tabakası olarak gypsum bulundurmaktadır. Gypsum bazı örneklerde kontaminasyon gibi görülmesine rağmen genel kanı boya altı yüzey düzeltici katman olarak uygulandığıdır. BHT-10P örneğine FTIR analizi yapılmış ve aluminyum hidrat, sodyum oksalat, gypsum ve kalsit detekte edilmiştir. Sodyum oksalat pegmatitte bulunur. Ihlara vadisi ve civarında pegmatit yoğun olarak bulunmaktadır.

Direkli Kilise'den alınan, toplam 12 adet sıva örneği ile çalışılmıştır (Tablo 30). Analiz sonuçları incelendiğinde tüm örneklerin sonuçları benzerlik göstermekte olup, sıva tabakasında kireç ve silika detekte edilmiştir. Kirecin bağlayıcıdan ve kireç taşı kırığından, silikanın ise silikatlı agregalardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Direkli kilise sıva örneklerinden DK-1P'de az miktarda P (fosfat) pure gypsumla karışık halde bulunmuştur. Fosfat sıvada kullanılan kazein kaynaklı olabilir. DK-2P örneğinde beyaz kireç taşı agregalar net biçimde görülebilmektedir (Şekil 7). DK-2P, DK-4P örneğinde yüzeyde gypsum detekte edilmiştir fakat DK-5P, DK-7P, DK-8P örneğinde boya tabakasıyla karışık halde görülmektedir. BHT örneklerinin bazılarında da durum aynıdır bu örneklerde gypsum renk açıcı olarak beyaz renk gibi kullanılmış olabilir. Beyaz renk olarak kullanılan boya örneğinden alınan spektrumlarda pure gypsum sonucu görülmektedir. Bazı örneklerde düzgün bir katman halinde badana tabakası gibi bazılarında ise boya ile karışık partiküller

halinde pure gypsum bulunması duvar resminde kısmen pürüzsüz yüzey elde etmek kısmen ise hem boya rengini açıp hem de daha tok bir boya elde etmek için kullanılmış olması ihtimal dahilindedir. DK1 örneğinde gypsumla karışık olarak fosfat bulunması gypsum ve kazein karışımı kullanıldığını düşündürmekte olup bu konu tüm vadide alınan farklı örneklerin analiz edilmesi ve karşılaştırılması ile sağlıklı bir şekilde ortaya koyulabilir. Tüm veriler bir araya getirildiğinde Direkli Kilise sıva örnekleri bir kat kireç bağlayıcılı kireç taşı kırığı ve silikatlı agrega içeren ince sıva (intanacco) ve lokal alanlarda yüzey uygulaması ve bazı örneklerde renk açıcı olarak kazein katkı olması muhtemel gypsum içermektedir. DK 2P örneğinin FTIR analizi yapılmış ve kalsiyum karbonat, gypsum, sodyum oksalat detekte edilmiştir. Sodyum oksalat pegmatitte bulunur. Ihlara vadisi ve civarında pegmatit yoğun olarak bulunmaktadır (Şekil 7).

Saint George (Kırkdamaltı) kilisesinde ise toplamda 16 sıva örneği ve 1 adet boya örneği ile çalışılmıştır (Tablo 31). Saint George Kilisesinin SNG-14P örneği haricinde diğer örnekleri birbirleriyle benzer özelliktedir. SNG-14 örneğindeki farklı yapı nedeniyle karşılaştırmalı sonuç almak için bir çapraz kesit daha oluşturulmuş ve bu örnekler SNG-14A ve SNG 14B olarak ayrılmıştır. SNG-14P örneği dışındaki örnekler kireç bağlayıcılıdır ve silika, alüminyum feldspat ve demir detekte edilmiştir. Silika, alüminyum ve feldspat ve demirin tüfik agrega kaynaklı olduğu düşünülmektedir. SNG-14A örneğinde ise üç tabaka görünmektedir. Alttan yukarıya doğru, 1. katmandan önce görülen taşa bağlanma fazı ya da tuz kristalizasyonu; 1.katman sıva Ca_2CO_3 deniz kabuğu agrega görülebilmektedir. 2. katmanda ise büyük miktarda pure Ca_2CO_3 ve alüminyum silikat bulunmaktadır. 2. katmanın badana olduğu ilk aşamada düşünülmüştür. 3. tabaka ise boya katmanından oluşmuştur. SNG 14A örneğinin devamı olan SNG14B örneği de üç tabakalıdır. Alttan üste doğru birinci katman gibi görünen -1. seviyede kireç suyunu taşıyıcı duvarın absorbe etmesiyle az miktarda Ca_2CO_3 tüfik agregalarla birlikte görülmektedir bu sıva tabakasıyla karıştırılmamalıdır. 1. katman az miktarda Ca_2CO_3 detekte edilen bol feldspat ve kuvartz içeren sıva katmanı olup 2. katman SNG14 A örneğiyle aynı şekilde bir kat pure Ca_2CO_3 badana yüzey düzelme tabakası (intonaccino), 3. katman gypsum ve boya tabakası olarak görülmektedir. (Mikro Harita ESEM-EDX 2-3) Tüm veriler bir araya getirildiğinde kireç bağlayıcılı silikatlı ve tüfik agrega içeren sıva ve boya tabakasından oluşan iki katmanlı bazı bölgelerde iki

kat uygulanmış sıva ve üç tabakalı yüzey düzeltme sıvası içeren sıva olarak analizleri yapılan örnekler içerisinde iki ayrı grupta toplamak mümkündür. SNG-9P örneğinin FTIR analizi yapılmış ve kalsiyum karbonat, sodyum oksalat, gypsum ve caput mortum detekte edilmiştir. Sodyum oksalat pegmatitte bulunur. Ihlara vadisi ve civarında pegmatit yoğun olarak bulunmaktadır. Kaput mortum hematite demir oksit kaynaklı olmalıdır (Şekil 8).

3.2. Ihlara Vadisi Pilot Yapıları Kireç Bağlayıcılı Duvar Resimlerinin Bozulma Nedenleri ve Bozulma Etkenlerinin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler

Ihlara Vadisi Bahattin Samanlığı, Direkli ve Saint George Kilisesi duvar resimlerinin bozulma nedenlerini araştırmak ve laboratuar ortamında bozulma nedenlerinin anlaşılabilmesi için, örnek alma ve duvar resimleri ve yapının nem ölçümlerini gerçekleştirmek amacıyla 2011 yılında yapılarda ölçümler alınmıştır. Sıvalarda bozulmaya yol açan nedenlerin belirlenebilmesi için spot testler ile klor (Cl^-), sülfat (SO_4^{-2}), karbonat (CO_3^{-2}), nitrat (NO_3^-) analizleri ve Kondaktometre ile tuzluluk oranı ölçümleri, İstanbul Üniversitesi Taşınabilir Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Bölümü Kimya Laboratuarı'nda gerçekleştirilmiştir. GCI' da 2012 yılında yapılan analizlerden, ESEM-EDX verileri tuzluluğun stratigrafik olarak sıva içerisinde görülmesini sağlamıştır. İyon Kromotografisi (IC) metodu kullanılmak istenilse de Amerika Birleşik Devletlerine götürülebilecek örnek miktarı ancak sıva içeriğinin tanımlanması için yeterli miktarda olduğundan iptal edilmiştir. Bozulma analizi sonuçları tablo halinde gösterilmiştir (Tablo 32). Bozulmaları başta vandalizm ve fiziksel bozulmalar olmak üzere kimyasal ve biyolojik etkenlerin neden olduğu bozulmalar olarak dört grup içinde sınıflandırabiliriz.

Bu çalışmanın amacı kireç bağlayıcılı duvar resimlerinin korunması için enjeksiyon harcı geliştirilmesine esasına dayandığından, orijinal malzemede çözünebilir tuzların varlığı enjeksiyon harçlarının geliştirilmesinde önem taşımaktadır. Ayrıca orijinal duvarın ve yapı iç dış bağıl nem oranları ve sıcaklığı enjeksiyon harcının uygulanacağı alanın özellikleri hakkında yararlı verilerdir. Ihlara vadisi kaya oyma kiliseler olduğundan ve jeolojik oluşumu devam ettiğinden ana kayadaki tüm mekanik hareketlilikten etkilenmektedir. Bu konuda Jeoloji ve Jeoloji Mühendislerinin

yaptığı birçok çalışma bulunmaktadır. Enjeksiyon harçlarının duvar resimleri için dizaynında önemli olan bozulma durumuna dair veriler, taşıyıcı ve sıvanın kimyasal yapısı ve mekanik dayanım enformasyonudur. Ihlara vadisinde oluşan fiziksel bozulmaların neden olduğu yapısal çatlaklar ve boyutları, yapısal enjeksiyon başlığı altında incelenmelidir. Bu çalışma duvar-sıva ve sıva-sıva arası ayrışmalar ve mikro, makro çatlakların korunması için enjeksiyon harcı geliştirmek ve tabakalar arasında adezyonun tekrar sağlanarak duvar resimlerinin korunmasını kapsadığından, yapısal bozulmalar tez kapsamına alınmamıştır. Ihlara Vadisi duvar resimlerinde bozulmada ilk sırayı vandalizm (insan eliyle yapılan bozulma) almaktadır. Ihlara Vadisinde duvar resmilerinin hızlıca yok olmasında en büyük sorun vadinin büyüklüğü nedeniyle yeterli güvenliğin sağlanamamasıdır. Duvar resimleri üzerinde yüzyıllardan beri insan eliyle tahribat yapılmaktadır (Fotoğraf 6). Grafiti duvar resimlerinin neredeyse tüm yüzeylerinde bulunmaktadır. Direkli Kilise tavan yüksekliği nedeniyle vandalizmden diğer iki kiliseye göre daha az etkilenmiştir. İnsan eliyle yapılan bozulmalar fiziksel, kimyasal ve biyolojik bozulmalardan daha fazla tahribata neden olmuştur. Bu nedenle Ihlara Vadisi Kaya Kiliseleri için acil yönetim planı hazırlanmalı ve gerçekleştirilmelidir. Yapılarda nem ve nem nedeniyle oluşan bozulmalar dikkat çekicidir. Kapiler yükselme (zeminden yükselen nem) ve mekanik hareketlilik zemin seviyesinden başlayarak duvarlarda ileri boyutta ayrışma ve kopmalara neden olmuştur (Fotoğraf 7-11-12-13-14). Makro yapı çatlaklarından sızan sularında çözünebilir tuz hareketini tetiklemesinin yanı sıra yüzeyde aşınmaya neden olarak duvar resminin yüzey tabakasını erozyona uğrattığı görülmektedir (Fotoğraf 3-5). Yapılarda mekanik hareketlilik ve kayacın fiziksel özellikleri nedeniyle, taşıyıcı duvar-sıva arasında yoğunlaşmakla birlikte, sıva-sıva arası ayrılmalar bulunmaktadır. Boya tabakası oldukça sağlam olup gerçek fresko ve lokal alanlarda fresco secco tekniğinde çalışıldığı düşünülmektedir. Sıvalarda çatlak oluşumu daha çok yapının mekaniği ile bağlantılı makro çatlak ayrışmalar gözlemlenmiş olup sıva tabakalarında yoğun olarak kapiler yükselme ve mekanik hareketliliğe bağlı ayrışmalar ve ayrışmaya bağlı erozyon ve kopmalar yoğunluktadır. Tuz kristalizasyonuna bağlı bozulma ise lokal alanlarda özellikle Saint George Kilisesinde gözlemlenmektedir (Fotoğraf 9).

Kiliselerde yapılan tuz analizlerinde çözünebilir tuzlardan nitrat ve klor ve sülfat tuzlalarına rastlanmıştır (Tablo 32). Bu analizler tuz miktarına ilişkin enformasyon sağlamamakla beraber miktarın az veya çok olduğuna dair genel bilgi

edinebilmektedir. Test sonuçlarına göre sıralandığında **DK= (NO_3^-) Cl^-**; **BHT= (NO_3^-) Cl^- SO_4^{-2}, SNG=(NO_3^-) Cl^- SO_4^{-2}** olarak nitelendirilebilir. DK örneklerinde sülfat bulunmamasına rağmen BHT ve SNG örneklerinde bulunmaktadır, SO_4^{-2} sıva içeriğinde bulunan gypsumdan kaynaklı olabilir. Fakat iletkenlik testi verilerine bakıldığında 130-510 µS enformasyonu tuzluluk oranının çok yüksek olmadığını göstermektedir.

Yapılarda 2011 yılında nem ve sıcaklık ölçümleri alınmıştır. Nem ve sıcaklık ölçümlerinin yıllık olarak alınması, ortalama veri alınması için gerekli olmasına rağmen ölçümler kaynak yetersizliği nedeniyle yapılamamıştır. Higrometre ile alınan nem ve sıcaklık ölçümleri sonuçları tabloda gösterilmiştir (Tablo 33). Yapılarda iç %RH ölçümleri 31.5 ile 42 arasında olup yapı içerisinde ki nem nedeniyle meydana gelebilecek bozulmaları tetiklemeyecek ölçüdedir. Yapı iç relatif nem değişimleri ile sağlıklı enformasyon alabilmek için yıllık ölçümler yapılmalıdır.

Duvarın nemlilik oranını belirlemek için ise protimetre ile ölçümler alınmıştır. duvarın nemlilik oranı ve sıcaklığı verileri tabloda gösterilmiştir. 1 ile 35 arasında değişen iletkenliğe bağlı duvar nemliliği verilerine dayanarak, duvar ve sıva tabakalarının nemlilik oranının düşük olduğu söylenebilir (Tablo 34).

4. KİREÇ BAĞLAYICILI ENJEKSİYON HARÇLARININ PERFORMANSININ BELİRLENMESİNDE KULLANILAN TESTLER

4.1. Sıvı Halde Uygulanan Performans Testleri

4.1.1. Enjekte Edilebilirlik Testi (Basınç ile Uygulama)

Enjekte edilebilirlik testi, 0.075 MPa basınçlı hava ile enjeksiyon harcının 2-4mm harcı tuğla kırığı/granit kırığı dolu kolon içerisinden geçerek mezürü 20ml'ye kadar doldurabilme potansiyeline bağlı olarak ölçülür. Bu test; kum dolu kolon kullanılarak çimentolu harçların enjekte edilebilirliğini ölçmede kullanılan, NF EN 1771 standardının modifiye edilmesiyle GCI Bilim Bölümü Laboratuarları'nda oluşturulmuştur (Şimsir, Rainer, 2013: 11).

EN NF 1771 standart testi ile farkı; bu testte 2-4mm tuğla ve granit kırığı kullanılmasıdır. Kolon içerisinde ki malzemenin değiştirilme amacı, standart testte kullanılan EN 196-1 silika kumunun absorbe etme kapasitesinin düşük olmasıdır (w%3). Traverten kırığının ağırlıkça 10 dakikada su emme kapasitesi w%12, tuğla kırığının ise w%30' dur. İki farklı su emme kapasitesine sahip malzeme ile testi gerçekleştirmek standart uygulamalar için üretilecek enjeksiyon harçlarında karşılaştırmalı veri elde etme olanağı sağlamaktadır.

Test edeceğimiz malzemenin su emme kapasitesini verilerine sahipsek ona uygun malzeme ile bu testin yapılması önerilmektedir. Ihlara vadisi sıvaları çok ince olduğundan (0.1mm min.-1.1cmmax.), su emme kapasiteleri ölçülmemiştir. Su emme kapasitesi testi, oldukça büyük miktarda örnek almayı gerektiren bir testtir. Sıvalar yapısı gereği bu teste uygun bulunmamıştır. Bunun yerine GCI standartlarında 2-4mm tuğla kırığı ve traverten kırığı kullanılarak doldurulan kolonların bu testte kullanılarak iki farklı su emme kapasitesine sahip malzemeyle karşılaştırmalı olarak testin yapılması uygun görülmüştür.

Basınç altında enjekte edilebilirlik testi in-situ uygulamada; enjektör ile manüel olarak uygulanan basınçla, harcın mikro çatlaklar ve boşluklardan geçebilme performansı hakkında, laboratuar ortamında ortalama veri elde etmeye dayalı bir testtir. 2-4mm'lik granit kırığı 10 dakika su absorbasyonunda w%12 su emme kapasitesi ve 0.3mm-0.6mm'lik mikro çatlak ortamı sağlamaktadır. 2-4mm tuğla kırığı ise 10 dakika su absorbasyonunda w%30 su emme kapasitesi ve granitte olduğu gibi 0.3mm-0.6mm mikro çatlak ortamı sağlamaktadır. EN 196-1 standart testte kullanılan silika kum ise 0.2mm mikro çatlak ortamı ve w%3 su emme kapasitesi sağlamaktadır. Bu testin laboratuar uygulaması için oldukça komplike oluşu ve şu ana dek elde edilen verilerde ki tutarsızlık nedeniyle yeniden modifikasyonu gereklidir.

4.1.1.1. Enjekte Edilebilirlik (Basınç ile) Testi İçin Gerekli Malzemeler

4.1.1.1.1. Kolon Hazırlığı İçin Gerekli Malzemeler

- Polimetilmetakrilat kolon. 390mm boy, 22.00±0.05mm iç çap, 1.75mm cidar kalınlığı ölçülerinde.
- 2-4mm ölçülerinde tuğla kırığı (141±2g bir adet kolon için gerekli miktar)
- 2-4mm ölçülerinde granit kırığı (205±2g bir adet kolon için gerekli miktar)
- 200ml de-iyonize su.
- 0.5mm metal ağ.
- 0.1mm tekstil ağ.
- İki adet lastik tıpa (no:4).
- Marker kalem.
- Elmas diskli taş kesme makinesi, ya da seramik kesme makinesi PMMA kesme bıçağı ile.
- 400 mm cetvel
- 0.1g hassas tartı
- Etüv (125º)
- Desikatör

4.1.1.1.2. Kolonların Hazırlanması

- Elmas taş kesme diskinde polimetilmetakrilat saydam tüpler 390mm ölçülerine kesilir.

- Tıpa içten tüpün alt kısmına yerleştirilerek, tüpün dış kısmından tıpanın maksimum tüpün içine yerleştiği yer marker ile işaretlenir bu tüpün "0" noktasıdır. Tüpün üst kısmına doğru 50mm aralıklarla 350mm kadar tüp markerla işaretlenir.

- Tüpün iç çapına eşit kesilen (22.00±0.05mm) tekstil ağ yukarıdan itilerek, tüpün tıpa ile birleştiği noktaya "0" noktasına, tıpa ve cidarla arasında boşluk kalmayacak biçimde oturtulur.

- Tüp metal ağ ve diğer tıpa da eklenerek hassas tartıda tartılır, darası forma kaydedilir (M_1). Eğer test için tüpün içerisine koyulacak maddenin miktarı önceden saptanmış ise dara alma işlemi atlanmalıdır[7].

- Her bir kolon için gerekli olan granit ve tuğla kırığı tartılır (M_f)[8].

- Tüpün içerisine testte kullanılacak malzeme (tuğla ya da granit kırığı) 120±5mm aralıklarla üç aşamalı olarak doldurulmalıdır. İlk olarak 120±5mm kadar malzeme doldurulur, tüp dikey olarak tutulur ve masa yüzeyi ile alt kısmına 50 dikey ve aralıklarla 10 kadar çevirerek hafif vuruşla malzeme arasında ki boşlukların eşitlenmesi sağlanır, işlem doğru uygulandığında malzeme 100±5mm yükseklik çizgisine dek tüp içerisinde sıkışacaktır. Ardından iki aşamalı olarak aynı işlem malzeme 350mm yüksekliğe gelene dek tekrarlanarak tüp doldurulur[9].

---

[7]Tuğla kırığı ve granit kırığı 105 ºC etüvde 20 saat süreyle kurutulur. Desikatöre alınan ve oda ısısına gelene dek soğutulan granit ve tuğla kırığı; aynı malzemede iki tartım arasında maksimum %0.1'lik fark olana dek tartılır.

[8]Her bir kolon için saptanan standart miktar 141±2g tuğla kırığı için ve granit kırığı için 205±2 g' dır.

- Dolu olan tüpün üst kısmına metal ağ ve tıpa yerleştirilir.

- Doldurma işlemi tamamlanan tüp 0.1g hassas tartı ile tartılır (M_2).

- Tüp üzerine markerla hangi test için uygulanacağı, hazırlanma tarihi ve saati kaydedilir. Teste başlamadan önce malzeme higroskopik olduğundan tekrar 0.1g hassas tartı ile tartılmalıdır, (M_2) ile aralarında fark olmaması gereklidir. Eğer fark olursa malzeme nem almıştır malzemenin etüvde kurutularak işlemin tekrar edilmesi gereklidir.

Teste başlayana kadar hazırlanan kolonlar dikey olarak yerleştirilerek 65±4%RH ve 20±3Cº uygun ortamda depolanmalıdır.

4.1.1.1.3. Enjekte Edilebilirlik (Basınç ile) Testi İçin Gerekli Malzemeler

- Yukarıda ki standartlara birebir uyularak hazırlanmış her test edilecek enjeksiyon harcı için iki adet tuğla kırığı ve granit kırığı doldurulmuş kolon.
- NF 1771 standartlarında Enjekte Edilebilirlik Test Aleti-Kolonları ve mezürü yerleştirmek için stant.
- Kolonları test aletine tutturmak için u şekilli alüminyum kelebek uçlu mengene (GCI).
- 200ml deiyonize su.
- Çelik ya da plastik ortalama 80mm iç çaplı 175 mm yüksekliğinde kap.
- 400 mm cetvel.
- Kronometre.
- Hassas tartı (0.1g).
- Marker kalem.
- Termometre (1 Cº).
- Nemölçer (%1).

[9] Tüp içerisine granit ya da tuğla kırığı doldurulduktan sonra yüksekliği ölçülmelidir. Eğer malzemenin yüksekliği 360±1mm'den fazla ise malzeme tüpten boşaltılarak işlem tekrarlanmalıdır. Her tüpte benzer kılcal boşlukların sağlanması test açısından son derece önemlidir.

- Cam beher (100 cc).

4.1.1.2. Enjekte Edilebilirlik Testi (Basınç ile) Uygulama

Kireç bağlayıcılı duvar resimlerinin enjeksiyon harcı ile konsolidasyonu esnasında genel olarak duvar ilk olarak vakumlu hava ile (puar ya da düşük vakumlu elektronik aletlerle) ardından alkol-su karışımı verilerek; enjekte edilecek kanal, boşluk, mikro ve makro çatlakların içerisinde bulunan ve enjekte etme işlemini engelleyecek her türlü yabancı maddenin çekilmesi ya da itilmesi sağlanır. Bu uygulama ile duvar suya doyurulduğundan, su tutma özelliği bulunmayan enjeksiyon harçlarının enjekte edilebilirlik performansı azda olsa yükselmektedir. Ayrıca enjekte edilecek alanda tıkanmaya yol açabilecek her türlü yabancı maddenin uzaklaştırılması enjeksiyon işlemini kolaylaştırmaktadır.

Bu uygulamada dikkat edilmesi gereken husus; ilk olarak vakumlu hava ile duvar resmine zarar vermeden, sıva-duvar boşlukları arasından uygulamaya engel teşkil edebilecek kirliliğin uzaklaştırılmasıdır. Vakumlu hava işlemi doğru adımlarla uygulandığında, duvar resimlerinde zarara yol açtığına dair herhangi bir olumsuz etki bildirilmemiştir.

Enjektör ile uygulanan basınçlı su ya da su-alkol karışımı işleminde ise; yabancı maddeleri iterek duvar arkasında depolanmalarına neden olup, zayıf bölgeler oluşturulmamasına dikkat edilmelidir. Enjeksiyon harcı uygulamasından önce su ya da alkol-su karışımı enjekte etme işleminin, enjeksiyon harcının enjekte edilebilirlik performansını olumlu etkilediği bilinmektedir fakat bu işlem örneğin viskoziteden başlayarak prizlenme zamanı gibi bir çok performans özelliğini etkileyerek, harcın performansının düşmesine neden olabilir. Bu uygulamanın enjeksiyon harcının performansına etkileri laboratuar ortamında yapılan testlerle araştırılmalıdır.

Arazi şartlarında enjeksiyon öncesi duvara basınçlı su ya da alkol-su karışımı enjekte etme işlemi, vakum ve puar ile uzaklaştırma işleminin uygulanabilir olmadığı durumlarda gerekli olabilir. Bu nedenle enjekte edilebilirlik testi; tuğla kırığı ve granit kırığı kolona arazide uygulanan ya da uygulanacak yöntemi ve içeriği takiben aynı

miktarlarda hazırlanan sıvı ile, laboratuarda belirlenen standart ölçülerde (200mL) basınçlı hava ile absorbe edilerek uygulanmıştır.

Kapadokya duvar resimlerinde daha önce yapılan uygulamalarda enjeksiyon harcı uygulaması öncesinde sıvı enjekte etme işlemi; etil alkol - distile su ve PVA uygulaması ile yapılmıştır. Performansı test edilecek enjeksiyon harcına göre, aynı oranlarda hazırlanan malzemeler ile sıvı absorbe etme işlemi uygulanarak, ticari ve ticari olmayan enjeksiyon harçlarının enjekte edilebilirlik testi gerçekleştirilmiştir.

4.1.1.3. Sıvı Absorbe Etmeden Enjekte Edilebilirlik Testi Uygulama Aşamaları

- Hazırlanmış kolon standa yerleştirilir.
- Alt ve üst kısmında bulunan tıpalar çıkartılır kenara alınır (tartım için).
- Enjeksiyon harcı standartlar doğrultusunda hazırlanır konteynıra 500ml seviyesinde yerleştirilir.
- Enjeksiyon harcı karıştırıldıktan 4dk sonra teste başlanmalıdır.
- Basınç kabına konteynır yerleştirilir ve aletin kapağı kapatılır.
- Basınç aletine bağlı bükülebilir boru kolonun alt kısmına yerleştirilerek alüminyum mengene ile sıkıştırılır.
- Basınç valfı 0.075 MPa olacak şekilde ayarlanır ve kapta hava sızıntısı olup olmadığı kontrol edilir, eğer basınç göstergesinde yükselme ya da alçalma varsa kap açılarak yerleştirme işlemi 0.075 MPa sabit basınç elde edilene dek tekrarlanır.
- Basınç aletine bağlı bükülebilir boru kolonun alt kısmına yerleştirilerek alüminyum mengene ile sıkıştırılır.

- Basınç vanası açılır ve enjeksiyon harcı "0" seviyesine ulaştığında kronometre çalıştırılır.

- Enjeksiyon harcının ulaştığı yükseklik ve zaman kaydedilir. İşlem kolon tamamen dolana ve enjeksiyon harcı kolonu geçip mezürü 1ml/1dk, 20ml doldurana ya da kolonda 30mm/30dk ulaşma hızı yavaşlayıncaya kadar devam edilir. Bu şartlardan herhangi biri oluştuğunda kronometre durdurulur ve basınç vanası kapatılır.

- Basınç kabı açılır ve enjeksiyon harcının sıcaklığı sıvı termometresi ile ölçülür. Sıcaklığı 23±2 ºC olmalıdır.

- Boru kaldırılarak kolonun alt kısmına tıpa yerleştirilir, kolon stanttan alınır ve ters çevrilerek diğer tıpa yerleştirilir.

- 0.01g hassas tartıda kolon tartılır (M_3)

4.1.1.4. Sıvı Absorbe Ederek Basınç Altında Enjekte Edilebilirlik Testi Uygulama Aşamaları

Duvar resimlerinin enjeksiyon harçları ile konsolidasyonunda, harç enjeksiyonundan önce, distile su ya da etil-alkol karışımı ile birinci enjeksiyonu yapmak tüm dünya da yapılan genel bir uygulamadır. Bu test tuğla kırığı ve granit kırığı kolona, arazide uygulanan ya da uygulanacak işleme göre hazırlanan oranlarda ve laboratuara göre belirlenen standart ölçülerde (200ml) basınçlı hava ile sıvı absorbe edilerek uygulanan bir testtir. Bu sayede iki aşamalı yapılan enjeksiyonlarda, sıvı enjekte işleminin harcın enjekte edilebilirlik performansına etkisi ölçülmektedir. Test şu şekilde gerçekleştirilir;

- Kolonlar 0.01g hassas tartıda tartılır (M).

- Kolon standa yerleştirilir.

- Kolonun alt kısmına, kolondan akan fazla sıvının boşaltılması için boş konteynır yerleştirilir.

- 200mL de-iyonize su ya da in-sitü uygulanan-uygulanacak 200mL'lik sıvı, test konteynırına yerleştirilir.

- Test konteynırı basınç kabına yerleştirilir ardından kapağı kapatılır vidaları sıkılır.

- Basınç valfı 0.075 MPa olacak şekilde ayarlanır ve kapta hava sızıntısı olup olmadığı kontrol edilir, eğer basınç göstergesinde yükselme ya da alçalma varsa, kap açılarak yerleştirme işlemi 0.075 MPa sabit basınç elde edilene dek tekrarlanır.

- Kolonun alt kısmında bulunan tıpa çıkartılır ve bükülebilir borunun tıpası kolonun alt kısma yerleştirilir, üst kısmında bulunan tıpa çıkartılır ve pirinç ters L mezür bağlantı borusuna tıpası bağlanır. Alüminyum mengene ile kolona bağlı bağlantı tıpaları, sıkıştırılarak sızıntı olmayacak şekilde iyice sıkıştırılır. Tıpalar kenara alınır (tartım için)[10]

- Bükülebilir boruda bulunan basınç vanası yavaşça açılır. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, su ve alkol su gibi malzemelerin viskozitesi düşük olduğundan vana açıldığında sıvı çok hızlı ilerleyecektir, vanayı yavaşça açmak oluşabilecek olumsuz durumları önlemektedir.

- 0.0075 MPa basınç ile konteynırdan bükülebilir boru ile kolona ve kolondan ara pirinç ters L boru ile mezüre aktarılan sıvı, 20mL seviyesine ulaştığında basınç vanası kapatılır.

- Kolonun alt kısmına bağlı bükülebilir borunun tıpası yavaşça çıkartılır ve 10dk süre ile fazla sıvının boş konteynıra akıtılması sağlanır.

[10]Kolonun alt ve üst iç kısmında; bağlantı noktalarında olan metal ve tekstil ağın, tam olarak kolonun içine oturduğundan emin olunmalıdır.

- Hassas tartıda (0.01g), tıpalarıyla birlikte kolon tartılır (M_4).

- Basınç kabı temizlenir ve kurulanır.

- Enjeksiyon harcı standartlar doğrultusunda hazırlanır konteynıra 500ml seviyesinde yerleştirilir.

- Enjeksiyon harcı karıştırıldıktan 4dk sonra teste başlanmalıdır.

- Basınç kabına konteynır yerleştirilir ve aletin kapağı kapatılır.

- Basınç aletine bağlı bükülebilir boru kolonun alt kısmına yerleştirilerek alüminyum mengene ile sıkıştırılır.

- Basınç valfı 0.075 MPa olacak şekilde ayarlanır ve kapta hava sızıntısı olup olmadığı kontrol edilir, eğer basınç göstergesinde yükselme ya da alçalma varsa kap açılarak yerleştirme işlemi 0.075 MPa sabit basınç elde edilene dek tekrarlanır.

- Basınç aletine bağlı bükülebilir boru kolonun alt kısmına yerleştirilerek alüminyum mengene ile sıkıştırılır.

- Basınç vanası açılır ve enjeksiyon harcı "0" seviyesine ulaştığında kronometre çalıştırılır.

- Enjeksiyon harcının ulaştığı yükseklik ve zaman kaydedilir. İşlem kolon tamamen dolana ve enjeksiyon harcı kolonu geçip mezürü 1ml/1dk, 20ml doldurana ya da kolonda 30mm/30dk ulaşma hızı yavaşlayıncaya kadar devam edilir. Bu şartlardan herhangi biri oluştuğunda kronometre durdurulur ve basınç vanası kapatılır.
- Basınç kabı açılır ve enjeksiyon harcının sıcaklığı sıvı termometresi ile ölçülür. Sıcaklığı 23±2 ºC olmalıdır.

- Boru kaldırılarak kolonun alt kısmına tıpa yerleştirilir, kolon stanttan alınır ve ters çevrilerek diğer tıpa yerleştirilir.

- 0.01g hassas tartıda kolon tartılır (M_3)

Hesaplama tabloda gösterilmiştir (Tablo:35).

4.1.2. Islak Ağırlık Testi

Enjeksiyon harçlarının ıslak ağırlığını ölçmekte uygulanan testtir. Özellikle yata eğrili[11] ve yer çekimi kuvvetine ters eğrili duvar ve sıva katmanlarında ve duvarın çeşitli bozulma etkenleri nedeniyle mukavemetinin zayıfladığı noktalarda. Enjeksiyon harcı uygulandığı alanın ağırlığını arttırdığından yapısal stabilitede değişiklik ve uygulandığı alanda ayrılmalara neden olabilir, bu nedenle ıslak ağırlığın ölçülmesi önemlidir.

Bu test, ASTM C185 standart test metodunun aynı şekilde uygulanmasıyla gerçekleştirilmekte olup, standartta asıl olarak hidrolik çimentolu harçların hava içeriğini ölçmekte kullanılmaktadır. Bu testin GCI tarafından modifikasyonunda şu değişiklikler yapılmıştır; standart protokolde üç eşit aşamalı olarak silindirik kabın içerisine harç yerleştirilir ve her aşamada tokmakla sıkıştırılır; duvar resmi konservasyonunda kullanılan enjeksiyon harçlarının viskozitesi harçlardan daha yüksek olduğundan bu test tek aşamada dökülerek uygulanır ve yine viskozite nedeniyle sıkıştırmaya gerek duyulmaz. Tokmak ile enjeksiyon harcının havasını alma işlemi, dışarıdan vurularak sağlanır. Eğer viskozitesi düşük bir enjeksiyon harcı ile test gerçekleştirilecekse standart protokol takip edilmelidir.

4.1.2.1. Islak Ağırlık Testi İçin Gerekli Malzemeler

- 400±1mL yaklaşık 88mm derinlikte silindirik metal (enjeksiyon harcıyla reaktif olmayan) kap.

[11]Yay gibi kavislenmiş, eğmeçli, mukavves.

- 120-150 mm uzunlukta, 13×25mm çapraz kesit ölçülerinde, sıvı absorbe etmeyen, perdahlı, kırılgan olmayan ve renk vermeyen dikdörtgen tokmak.
- 100-150mm düz uçlu paslanmaz, çelik spatula.
- 0.1g hassas tartı.

4.1.2.2. Islak Ağırlık Testi Uygulama Aşamaları

- 400mL boş silindirik kap 0.1g hassas tartı ile tartılır (M_0)

- Yavaşça enjeksiyon harcı hava kabarcığı oluşturmamaya dikkat ederek kabın ağız kısmına silme gelecek şekilde doldurulur.

- Silindirik kap kendi ekseninde çevrilerek dış kısmından beş ayrı lokasyonda tokmakla vurularak hava kabarcıklarının yukarı çıkması sağlanır.

- Harcın yüzeyi spatula ile düzeltilir. Harç kabın ağzından hiç taşmamalıdır ya da eksik olmamalıdır.

- Kabın ağız kısmında taşmış olan harç varsa kâğıt havlu ile temizlenir.

- Kabın ağırlığı 0.1g hassas tartıda alınır (M_t)

Bir enjeksiyon harcı için test, iki kez tekrarlanır ve sonuçları alınır. Eğer iki tartım arasındaki sonuç %5'ten fazla farklılık içeriyorsa test tekrarlanmalıdır. Islak ağırlık hesaplama işlemi tablo da gösterilmiştir (Tablo:36).

4.1.3. Su Tutma ve Bırakma Kapasitesi Testi

Bu test, enjeksiyon harçlarının emme yoluyla su tutma kapasitesini ölçmede kullanılmaktadır. Testte uygulanan metot standart hidrolik çimento bağlayıcılı harç ve sıvalarda kullanılan ASTM C 1506 ve yeni karıştırılmış agregalı harçların su

tutma kapasitesinin ölçülmesinde kullanılan DIN 18 555 Bölüm 7 [12] testleri, uygulanarak gerçekleştirilmektedir. Enjeksiyon harcı tabanı delikli kaba yerleştirilerek 60 saniye süreyle vakuma maruz bırakılır ve su bırakma kapasitesi, vakuma maruz bırakılan enjeksiyon harcı ile vakumlanmadan önceki enjeksiyon harcının ağırlık farkı alınarak hesaplanır. Bu test metodu enjekte edilebilirlik testinin uygulanamadığı durumlarda enjekte edilebilirlik ve akışkanlık performansı ile ilgili bilgi edinmemize yardımcı olabilir şöyle ki eğer enjeksiyon harcı yüksek su tutma kapasitesine sahip ise taşıyıcının sıvı absorbe etme durumuna en yüksek direnci göstererek daha ileri noktalara akacaktır. Bu test hidrolik olmayan enjeksiyon harçlarında da uygulanabilir niteliktedir. Bu test metodu ASTM C 1506 test prosedürü temel alınarak iki farklı değişiklikle enjeksiyon harçlarına GCI tarafından uyarlanmıştır.

Tabanı delikli kaba doldurulan harcın hacmi azaltılmıştır; orijinal standartta harç delikli kaba ağız seviyesine kadar doldurulur. 200mL enjeksiyon harcı kullanılır. Harcın hacminin azaltılmasının sebebi şudur: Duvar resmi konservasyonunda kullanılan enjeksiyon harçlarının viskozitesi sıvalara ve harçlara göre oldukça düşüktür bu sebeple kaptan tartım için taşıma esnasında taşan enjeksiyon harcı ağırlık kaybına neden olmaktadır. Ayrıca yine enjeksiyon harçlarının düşük viskozitesi nedeniyle su tutma kapasitesi akışkanlık testi ile hesaplanamamaktadır çünkü bu test için tasarlanan akışkanlık tablasının çapı viskozitesi düşük enjeksiyon harçları için yeterli değildir. Bu sebeple tüm hesaplamalar ağırlık üzerinden olup DIN 18 555 Bölüm 7 standardını takip etmektedir.

4.1.3.1. Su Tutma ve Bırakma Kapasitesi Testi için Gerekli Malzemeler

- ASTM C 1506 standardında filtre aleti.
- Filtre kâğıdı (Çap:150mm Watman 42)
- 120-150 mm uzunlukta, 13×25mm çapraz kesit ölçülerinde, sıvı absorbe etmeyen, perdahlı, kırılgan olmayan ve renk vermeyen dikdörtgen tokmak.

[12] DIN 18 555 Bölüm 7: Testing Mortars Containing Mineral Binders: Determinatinon of Water Retentivity of Freshly Mixed Mortar by the Filter Plate Method to Determine the Water Retention Value (WRV).

- Vakum yağı
- De-iyonize su
- 250mL'lik beher
- Hidrofil olmayan bez
- Kronometre
- Bağıl nem ölçer
- Hassas tartı (0.01g)
- Termometre

4.1.3.2. Su Tutma ve Bırakma Kapasitesi Testi Uygulama Aşamaları

- Filtre kâğıdı de-iyonize su ile her tarafı suyu absorbe edecek fakat akıtmayacak ıslatılır ve delikli kabın içerisine hiç hava boşluğu kalmayacak şekilde yerleştirilir.

- Distile su absorbe edilmiş filtre kâğıdı yerleştirilen delikli kap hassas tartıda (0.01g) tartılır (M_1).

- Enjeksiyon harcı 200mL'lik olarak beher ile ölçülerek delikli kaba dikkatlice aktarılır. Eğer enjeksiyon harcının viskozitesi yüksek ise kap hafifçe sarsılarak harç oturtulur ve dikdörtgen tokmak ile kenarlarından çevirerek ilk önce 15 kez rastgele vurularak harcın kap içerisine tam olarak yayılması sağlanır. Genellikle 10 vuruş yeterli gelmektedir, yeterli gelmediği durumlarda beş kez daha vurarak harcı iyice kap içerisine yayılmazsı sağlanmalıdır. Enjeksiyon harcı yerleştirilen kap hassas tartı (0.01g) ile tartılır (M_2).

- Lastik kelepçe vakum yağı ile yağlanır ve huni üzerine hiç boşluk kalmayacak bir şekilde yerleştirilir.

- Huni üzerine lastikle arasında hiç hava boşluğu kalmayacak şekilde delilikli kap oturtulur.

- Üçlü vananın kapalı olduğundan ve huninin vakuma maruz kalınmadığından emin olunmalıdır. Vakum 53.00±0.05mm (mm Hg) seviyesinde ayarlanır.

- Vana yavaşça açılır ve aynı anda kronometre çalıştırılır.

- 60 saniye süre ile vakuma maruz bırakılır arsından vana açılarak huninin atmosfer basıncına eşitlenmesi sağlanır.

- Delikli kap huninin üzerinden alınır ve hidrofil olmayan bir bez üzerine dikkatlice oturtularak kabın altındaki deliklerde bulunan su zerreciklerinin emilmesi sağlanır. Ardından kap hassa tartı (0.01g) ile tartılır (M_3).

Su tutma ve bırakma kapasitesi hesaplaması tabloda gösterilmiştir (Tablo 37).

4.1.4. Genleşme ve Ayrışma Testi

Bu test yeni karıştırılmış enjeksiyon harçlarının, periyodik aralıklarla ayrışan su ya da genleşme miktarını iki eşit miktara ulaşılana dek ölçülmesi esasına dayanır. ASTM C 940 standart testinden tek farklılığı 800±10mL olan enjeksiyon harcı miktarının 400±10mL'ye düşürülmesidir.

4.1.4.1. Genleşme ve Ayrışma Testi Gerekli Malzemeler

- 500mL/10 mL'lik cam mezür.
- 25 mL/1mL'lik cam mezür.
- Termometre
- Kronometre
- Parafilm

4.1.4.2. Genleşme ve Ayrışma Testi Uygulama Aşamaları

- Enjeksiyon harcı karıştırılır ve hemen sıcaklığı sıvı termometresi ile ölçülür.

- Mezür vibrasyona maruz kalmayan düz zemine yerleştirilir.

- Enjeksiyon harcı 500mL'lik mezüre 400±10ml doldurulur.

- Parafilm ile mezürün ağzı hava sızmayacak şekilde kapatılır.

- Enjeksiyon harcının hacmi ve zaman kaydedilir V_0(mL).

- Enjeksiyon harcı Vg (mL) ve ayrışan suyun hacmi V_t (mL); ilk olarak toplamda 60 dakika 15 dakika aralıklarla ardından her 60 dakikada bir eşit iki ölçüm alana dek kaydedilir.

- Test bitiminde ayrışan su V_w (mL) 25mL' lik mezüre aktarılır ve hacmi kaydedilir (0.5mL).

Genleşme ve ayrışma testi hesaplaması tabloda gösterilmiştir (Tablo 38).

Bu testlerin dışında sıvı halde enjeksiyon harçlarının test edilmesinde Reolojik Ölçüm (Viskozite) ve Islak Kap Metodu ile Su ve Su Buharı Geçirgenliği (WVP-WVT) testleri yapılmaktadır. Bu testlerin uygulamasında 2013 yılında GCI'da yayımlanan protokollere bire bir uyulduğundan tez kapsamına alınmamıştır. Reolojik ölçüm ve Islak Kap Metodu ile Su ve Su Buharı Geçirgenliği (WVP-WVT) için bkz. (Şimşir, Rainer, 2013: 55-57,40-43). Diğer tüm testler 2012 yılında yapıldığından ve Ihlara Vadisi enjeksiyon harçlarına uyarlanan, bazı farklılıklar gösterdiğinden aşamalarıyla anlatılmıştır.

4.2. Prizlenme Haline Uygulanan Performans Testleri

Prizlenme Halinde: Hidrolik sistemler için, nemli ya da kuru ortamlarda, makul bir sürede prizlenebilmelidir (Vicat, testine göre prizlenme süresi 48 saati geçmemelidir). Fakat duvar resmi konsolidasyonunda kullanılan enjeksiyon harçlarının, sıva katmanlarının ve taşıyıcının porozite, yapım malzemelerinin hidrofobik olup olmayışı, nemlilik ya da ıslaklık-kuruluk durumu, hava sirkülasyonu olup olmaması, sıcaklığı gibi etkenlerle; prizlenme süresi, arazi şartlarında büyük değişkenlik gösterebileceği unutulmamalıdır. Prizlenme süresinin başlama zamanı ile ilgili arazi şartlarıyla örtüşen veri elde edilebilmesi bakımından, arazi şartları göz

önüne alınarak prizlenme testinin modifiye edilmesi daha sağlıklı veri elde etmek açısından önemlidir.

4.2.1. Prizlenme Süresi Testi

Bu test; enjeksiyon harçlarında hidratasyon yoluyla başlayan prizlenmenin başlangıç zamanını belirlemek amacıyla, ASTM C 953, ASTM C 780, ASTM C 191 standartları kullanılarak gerçekleştirilir. Bu test esnasında laboratuarda %60±10 RH ortamı sağlanmalıdır, tüm malzemeler 23±2Cº sıcaklıkta saklanmalıdır. Ayrıca nem odasının sıcaklığı 23±2Cº olmalıdır. Şu ana kadar yapılan test sonuçları göz önünde bulundurulduğunda testin, örneğin hazırlanmasından sonra 3 ile 8 saat arasında başlatılması önerilmektedir. Prizlenme süresine sıcaklık ve relatif nem etki ettiğinden Vicat Test Aleti hava sirkülâsyonu olmayan bir yerde muhafaza edilmelidir.

4.2.1.1. Prizlenme Süresi Testi için Gerekli Malzemeler

- VICAT aleti (300g baskı yapabilecek 1 mm' lik iğne ile).
- Cam disk.
- Konik yüzük kalıp.
- Parafin.
- Sıcak silikon tabancası ve silikon.
- Mala.
- Çap kâğıdı.

4.2.1.2. Prizlenme Süresi Testi Örnek Hazırlama Aşamaları

- Konik yüzük kalıbın taban kısmına parafin ince bir tabaka halinde sürülür.

- Cam disk çap kâğıdı üzerine yerleştirilir ve konik yüzük kalıp, tam merkez noktasına ortalanarak cam disk üzerine yerleştirilir.

- Konik kalıbın cam ile birleşme kenarları, hiç boşluk kalmayacak şekilde sıcak silikon ile kapatılır.

- Kalıpların önceden hazırlanması ve %60±10 RH ve 23±2Cº'de muhafaza edilmesi gereklidir.

- Önceden hazırlanmış kalıplara standart ölçülerde hazırlamış enjeksiyon harcı karıştırıldıktan 2 dakika sonra kalıplara silme ağız seviyesinde aktarılır, ve spatula ile taşan ve fazla olan kısımlar düzeltilir.

- Hazırlanan örnekler bekletilmeden >%95 RH, 23±2Cº'ye ayarlanmış, nem kabinine yerleştirilir.

4.2.1.3. Prizlenme Süresi Testi Uygulama

- Nem kabininde en az 8 saat süreyle bekleyen örnekler Vicat test aletine yerleştirilir.

- 1mm'lik iğnenin penetrasyonu; 10 dakikalık aralılıklarla uygulanacak şekilde ayarlanmalı ve 25mm ya da daha altı penetrasyon verisi elde edilene dek test devam ettirilmelidir.

25mm'lik penetrasyon verisi ilk prizlenmenin başladığı zamanı gösteren veridir. Sağlıklı veri elde edilmesi açısından aynı malzemede üç ayrı örnekte aynı verinin elde edilmesi gereklidir. Eğer elde edilemezse, nem kabininde bekleme süresi uzatılarak üç ayrı örnekte eşit 25mm penetrasyon verisi elde edilene dek test tekrarlanmalıdır.

4.2.2. Hacimsel Değişim Testi

Bu test kurumaya bağlı hacimsel büzülmeyi ölçmekte kullanılır (ASTM C 474). Enjeksiyon harçlarının hacimsel olarak stabil olmaması dayanıklılık ve adezyonu direkt olarak etkilediğinden performansta önemli bir parametredir. Bu test aynı zamanda enjeksiyon harçlarında kullanılan fazla su miktarının, hacimsel küçülme üzerinde direkt etkisini de ortaya koymaktadır. Fazla su miktarı enjekte edilebilirlik gibi bazı özellikleri arttırırken, hacimsel stabiliteye etki ederek azaltmakta ve çatlak oluşumuna neden olmaktadır bu da sıva ve taşıyıcı katmanları arasında bağlanma

dayanıklılığı yaratması gereken enjeksiyon harcının, bağlanma dayanıklılığı katsayısını düşürmekte ve enjeksiyon harcının mukavemetini olumsuz etkilemektedir. Enjeksiyon harçlarının hacimsel küçülmesi (macun halden katı hale geçene dek) minimum seviyede olmalı ve %4'ü geçmemelidir.

Bu test ASTM 474[13]- standart test metodu temel alınarak uygulanmaktadır. Test edilecek enjeksiyon harcı plastik standart kalıplarda ve aynı miktarlarda kurutularak ilk kuruma hacmi alınır. Final hacmi, örneğin atmosfer basıncında ve kerosene içerisine [14] daldırılarak ağırlıkları alınması ve bu ağırlıkların arasındaki farkın hesaplanmasıyla oluşturulur. Hacimsel küçülme yüzdesi ise ilk ve son hacim arasındaki fark hesaplanarak elde edilir. GCI tarafından bu testin modifikasyonunda şu değişiklik yapılmıştır: ASTM C 474 standardında 60±5 %RH ve 23±2 Cº derecede örnekler etüvde kurutulur. Kireç bağlayıcılı enjeksiyon harçlarında bu uygulama çatlamayı minimum seviyeye indirmek için standarttan çıkartılmış ve 23±2 Cº'de, nem kabininde 95±5% RH' tan başlayarak, kademeli olarak 60±5 %RH seviyesinde iklimlendirme ile örneklerin çatlaması minimum seviyeye indirilmiştir. Ayrıca örneklerin kalıptan çıkarılması ve kerosene içerisinde tartılması esnasında kopma ve ayrılmalara bağlı veri kaybı yaşamamak için kalıbın içi strech film ile kaplanmakta ve kopma ve ayrılma olan örnekler strech film ile birlikte tartılarak hesaplamada strech filmin darası düşülerek veri elde edilmektedir.

4.2.2.1. Hacimsel Değişim Testi İçin Gerekli Malzemeler

- Her bir enjeksiyon harcı için altı adet 50mm **Ø** (çapında) ve 20mm **H** (yüksekliğinde) silindirik plastik kalıp.
- Strech film
- Tartı (0.01g),(Ölçüm standı ile max. 3000g).
- 1L'lik cam beher.
- İki adet U şeklinde stant ve buna bağlı, paslanmaz çelik ve korozyona uğramayan metal sepet ve sepeti standa asmak için misina.

---

[13] ASTM 474-: Standart Test Methods for Joint Treatment Materials for Gypsum Board Construction.

[14] Bu testte kerosene; kaydırım sıvısı, (*displacement fluid)* olarak kullanılmaktadır.

- İki adet enjektör (20ml)
- Beher
- 1L Kerosen (Cas.no.8008-20-6)
- Hidrofil olmayan bez.
- Relatif nem ölçer.
- Termometre.
- 25mL'lik sıvı piknometresi.
- Örnekleri numaralandırmak için marker kalem ve kağıt etiket.

4.2.2.2. Hacimsel Değişim Testi Örnek Hazırlama Prosedürü

- Plastik kalıpları etiketleyip numaralandırılır.150x150 ölçülerinde strech film plastik kalıpların içerisine yerleştirilir ve tartılır (M_0)

- Her test edilecek enjeksiyon harcı için karşılıklı veri elde edilmesi amacıyla altı adet örnek hazırlanır.

- Standart ölçülerde hazırlanan enjeksiyon harcı 20mL enjektöre çekilir ve parmakla enjektöre vurularak havası alınır.

- 20mL'lik enjeksiyon harcı kalıbın içine enjekte edilir[15]. Hassas tartıda örneklerin ağırlığı alınır (M).

- Örnekler 23±2Cº ve 60±5 %RH'lık nem kabinine alınarak en az dört hafta süre ile, 24 saatte bir tartımları alınır. 24 saat aralıklarla iki eşit tartım arasında %0.1'den az ağırlık farkı olana dek tartıma devam edilir.

- Bir haftalık kuruma süresinin sonrasında örnekler nem kabininden alınarak, plastik kalıplardan dikkatlice çıkartılır ve strech film örnekte kopma ya da ayrılma olmuyorsa alınır.

[15] Her test edilecek enjeksiyon harcı için altı adet plastik kalıba, her bir kalıba 20mL olarak enjekte edilir.

- Parça kaybı olmamasına kalıptan çıkartılma esnasında dikkat edilmelidir. Kopma ya da ayrılma olan örnekler tüm test uygulaması süresince, strech film ile birlikte tartılır.

- Örneklerin hassas tartıda (0.01g) en az üç hafta süreyle 24 saatte bir tartımları alınmaya devam edilir. 24 saat aralıklarla iki eşit tartım arasında %0,1'den az ağırlık farkı olana dek tartıma devam edilir.

4.2.2.3. Hacimsel Değişim Testi Uygulama

- En az dört hafta süreyle, 24 saat aralıklarla iki eşit tartım arasında %0,1'den az ağırlık farkı olana dek hassas tartıda (0.01g) ağırlıkları alınan örnekler nem kabininden çıkartılır.

- U şeklinde stant tartı üzerine yerleştirilir.

- Kerosenin sıcaklığı termometre ile ölçülür.

- Kerosenin özgül ağırlığı piknometre ile şu şekilde ölçülür. Piknometre, kabı ve kapiler akım tüpü ile birlikte tartılır (M_{pyc}). Piknometre 20mL'lik şırınga ile doldurulur ve kap kapatılır. Fazla kerosen temizlenir ve tekrar tartım alınır (M_{pyc+k}).

- 1L'lik cam beher kerosen ile doldurulur ve standa dikkatlice yerleştirilir.

- Paslanmaz çelik metal sepet standa asılır. Tartı "0"lanır.

- Sepet içerisine örnek yerleştirilir ve tamamı kerosene daldırılır, metal sepetin beherin kenarlarına değmemesine özen gösterilmelidir, sabit ağırlık alınana dek işlem devam ettirilir (M_{A1}).

- Kerosen içerisinden örnek çıkartılır, fazla kerosen asitsiz kâğıt havlu ile temizlenir.

- Örnek standın üzerinde bulunan tartım tablasına yerleştirilir ve atmosfer basıncında 0.01g ağırlığı hassas tartıda alınır (M_{A2}).

- Sepet içerisine örnek tekrar yerleştirilir ve tamamı kerosene daldırılır, metal sepetin beherin kenarlarına değmemesine özen gösterilmelidir, sabit ağırlık alınana dek işlem devam ettirilir (M_{im}).

Hacimsel değişim hesaplamaları için bkz. (Şimşir, Rainer, 2013: 25-26).

4.3. Katı/Kuru Halde Uygulanan Performans Testleri

4.3.1 Bağlanma Dayanıklılığı Testi

Bu test taş ve enjeksiyon harcı ile taşıyıcı arasındaki bağlanma dayanıklılığını ölçmede kullanılmaktadır (ASTM D 905). Enjeksiyon harçlarında bağlanma dayanıklılığı orijinal materyalin dayanıklılığından daha fazla olmamalıdır ve orijinal materyalle enjeksiyon harcı ara yüzeyinde bağlanma dayanıklılık kaybı olmamalıdır. Bu testte örnek hazırlama prosedürü kısmen **ASTM D 905**[16] standart testine göre yapılmaktadır. Örneklerin test edilmesinde **EN 196-1**[17] standardı takip etmektedir. Test prensibi genel olarak iki taşın ara yüzüne enjeksiyon harcı enjekte ederek birleştirilmesi ve sabit bağıl nem ve sıcaklık koşularında nem odasında prizlenmesi sağlanarak periyodik zaman aralıklarıyla test edilmesi prensibine dayanmaktadır. Bağlanma dayanıklılığı kesmede basınç yüküyle açığa çıkartılır. Bu test enjeksiyon harçları arasındaki bağlanma farkı dayanıklılığını karşılaştırmada kullanılır. Bu test ile orijinal taşıyıcı ya da sıva katmanları ile enjeksiyon harçlarının bağlanma dayanıklılığına ilişkin veri elde edilemez. Taşıyıcının ve enjeksiyon harcının içeriği, örneklerin boyutu ve test etme aksesuarları ve şartları gibi bir çok faktör bağlanma dayanıklılığına etki edebilir. Bu prosedürde taşıyıcının yapısı, yüzey dokusu ve su emme kapasitesi gibi farklılık gösterebilecek örnek malzemeleri tek tipe indirgenerek

[16] **ASTM D 905** :Standart Test Method for Strenght Properties of Adhesive Bonds in Shear by Comprassion Loading.

[17] **EN 196-1:** Methods for Testing Cement Part-1: Determination of Strenght

sadece enjeksiyon harçları arasındaki bağlanma dayanıklılığının ölçülmesi hedef alınmıştır.

Bu testte taşıyıcının özellikleri aynı kaynaktan elde edilen taş yastıklar kullanılarak sağlanmıştır. GCI 'da testin geliştirilmesinde kaynak yakınlığı ve bütünlüğü açısından Amerika'nın Pensilvanya Eyaletinde bulunan kayaçlardan elde edilen feldispatik mavi kum taşı kullanılmıştır. Tüm taş örnekler düz kesim olup, Su emme kapasiteleri bağlayıcının test edildiği yüzey dikkate alınarak test edilmiştir, test sonuçlarına göre su emme kapasitesi A 1.0±0.2g.m^{-2}.$s^{-1/2}$ sonucunu veren örnekler su emme kapasiteleri minimum ve önceden ıslatma gerektirmeyen Pensilvanya mavi kum taşı örnekleri testte kullanılmıştır. Bu testte önceden ıslatma gerekirli görülürse, örneklerde su emme kapasitesi testi verileri göz ardı edilmelidir.

4.3.1. 2. Bağlanma Dayanıklılığı Testi Gerekli Materyaller

- (A-1)77.0×38.5×19mm; (A-2)77.0×38.5×9.5mm, (A-3)77.0×11.5×11.5mm ölçülerinde kesilmiş feldispatik mavi kum taşı (Pensilvanya taşı). Her bir enjeksiyon harcı örneğini test etmek için toplamda altı adet örnek hazırlanır.
- 14 numara (dış çap: 2.1mm, iç çap 1.70mm, uzunluk: 25.4 mm, yeşil kanüllü) paslanmaz çelik enjektör iğnesi. Bu enjektör iğnesi enjeksiyon harcının enjekte edileceği (A) ile (B) arasındaki boşluğu ayarlamada kullanılır.
- Mat şeffaf yapıştırma bandı.
- Alüminyum su geçirmez yapıştırma bandı (100mm genişlikte).
- 20mL şırınga.
- Instron Universal 5885 test aleti.

4.3.1.3. Bağlanma Dayanıklılığı Testi Örnek Hazırlama Prosedürü

- Her test edilecek enjeksiyon harcı için altı adet taş örnek seti hazırlanmalıdır. Setler hazırlanmadan önce 18 adet yukarıda anlatılan ölçülerde kesilmiş mavi Pensilvanya taşı etüvde 105±1C° 48 saat süre ile kurutulup, 23±2C°'de oda sıcaklığına getirilmelidir.

- Her bir enjeksiyon harcı örneğini test etmek için toplamda altı adet örnek hazırlanır. Bir adet örnek seti (A-1) 77.0×38.5×19mm; (A-2) 77.0×38.5×9.5mm, (A-3) 77.0×11.5×11.5mm ölçülerinde kesilmiş feldispatik mavi kum taşından oluşur (Pensilvanya taşı). Örnek setlerini hazırlama şu uygulama adımlarıyla gerçekleştirilir.

- 77.0×11.5×11.5mm ölçülerindeki (A-3) olarak adlandırdığımız taşın tüm yüzeyleri boşluk kalmayacak biçimde bir kat opak bant ile kaplanır ve bandın fazlalıkları 3/15 bisturi ile kesilerek alınır.

- (A-3) düzgün bir zemine yerleştirilir, (A-2) üzerine yerleştirilir, iki adet 14 numara enjektör ucu eşit aralıklarla A-2'nin bize bakan yüzeyine ortalanır ve (A-1) yerleştirilir. 3 cm'lik alüminyum bant ile önce birleşme yan yüzey noktalarından tutturulur ve ardından tüm dış yüzey alüminyum bant ile kaplanır hava boşluğu kalmaması için bisturinin tutma kısmı merkezden başlayıp kenarlara doğru hava boşlukları alınır.

- Örnek setleri test edilecek enjeksiyon harcı ile dolgulanana dek 23±2C^{o}'de ve %RH 50-5 iklimlendirilmiş nem odasında muhafaza edilmelidir. Örnek setlerini hazırlamada kullanılan bantlardaki yapıştırıcılar ortam şartlarından etkilenebileceğinden en geç 48 saat içerisinde setlerin hazırlanması tavsiye edilir.

- Test edilecek enjeksiyon harcı su absorbe edilip kullanılacaksa, su enjekte edilir ve 5 dakika süre ile örneğin suyu absorbe etmesi beklenir. Absorbe olmayan fazla su miktarı, örnek dikkatlice ters çevrilerek 5 dakika bekletme suretiyle alınır.Alkol su karışımları ile önceden ıslatma örnek kitlerindeki bandın yapıştırıcısını çözeceğinden bu testte kullanılmamalıdır. Sadece su ile önceden ıslatma yöntemi uygulanabilir. Ardından aşağıda anlatıldığı gibi enjeksiyon harcı uygulanır.

- Standart hazırlama prosedürü dikkate alınarak hazırlanan enjeksiyon harcı A-1 ile A-2'nin ortasında yer alan boşluğa enjektör ile dolgulanır. Enjekte etme

esnasında oluşabilecek hava kabarcıkları test sonuçlarını etkileyeceğinden, kabarcık oluşturmadan harcı enjekte etmeye dikkat edilmelidir.

- Test esnasında örnek kitlerinde uygulanan önceden ıslatma işlemi ya da etüvde kurutma işlemi not edilmelidir.

4.3.1.4. Bağlanma Dayanıklılığı Testi Uygulama Prosedürü

- Örnek kitleri nem odasından alınır ve test edilecek örnekler plastik şeffaf örtü ile örtülerek nem kaybı önlenir.

- Test edilecek örnek alınarak diğerleri örtü altında muhafaza edilir. Örneğin yüzeyindeki alüminyum bant 3 numaraya 15 uçlu bisturi ile mekanik yöntemle örneği çok sarsmadan alınır. A-3 ve A-2'yi eşitlemek için kullanılan iki adet plastik bant ta aynı yöntemle dikkatlice uzaklaştırılır.

- Makineye yerleştirilmeden hemen önce örneğin A-3 kısmını oluşturan bantlı Pensilvanya taşı dikkatlice alınır.

- Eksantrik yüklemeden kaçınmak için örnek test esnasında şekilde görüldüğü üzere tutulmalıdır.

- Örnek yuvaya 6mm derinliğinde oturtularak konumlandırılmalıdır. Test sonrasında A-3 iç yüzeyinde bulunan enjeksiyon harçlı kısmın eni ve boyu (mm) kaydedilmelidir. Hesaplama için bkz. (Şimşir, Rainer, 2013: 63-64).

Katı Halde uygulanan bu testlerin dışında; Enjeksiyon harçlarının yarmada çekme dayanımını ölçmede Yarmada Çekme Dayanımı testi ve Tuz içeriğinin Belirlenmesinde İyon Kromotografisi testleri (IC) uygulanmaktadır. Yarmada Çekme Dayanımı testi silindirik yüzeye diametrik basınç verilerek gerçekleştirilir**.** Bu test Brazilian test olarak ta adlandırılmaktadır ve ASTM C496[18] standart testi ile harç ve

[18] ASTM C496-Standart Test Method for Splitting Tensile Strenght of Cylindrical Concrete Speciments.

betonun yarmada çekme dayanımını ölçülmektedir. Getty Konservasyon Enstitüsü'nde enjeksiyon harçlarının yarmada çekme dayanımını ölçmek için; örnek boyutlarında değişikliğe gidilmiştir. Harç ve betonu ölçmede kullanılan standart örnek hazırlama kalıplarının en küçüğü 50.8±0.25mm çapında ve 101.60±0.25mm yüksekliğindedir. Harçlar ve beton örnek hazırlama prosedürü ASTM C192-07[19] standardında aşamalarıyla anlatılmaktadır. Enjeksiyon harçları çimento ve kireç bağlayıcılı harçlara nazaran daha fazla büzülmeye uğradığından yukarıda bahsedilen boyutlarda örnek hazırlamak oldukça zordur. Ayrıca kalıplardan çıkarma esnasında mukavemeti harçlara nazaran düşük olan enjeksiyon harçları çatlamaktadır. Örnek hazırlama zorluğu ve veri kaybını önlemek açısından örnekler transparan tüpler kalıp kullanılarak hazırlanmıştır. Örnek boyutları enjeksiyon harçlarının uyarlanmasında 22.0±0.05mm dış çap 44.0±1.0mm yüksekliğe düşürülmüştür. Yarmada Çekme Dayanımı Testi ve İyon Kromotografisi (IC) testlerinin GCI protokolü için bkz. (Şimşir, Rainer:2013,:28-34).

[19]**ASTM C192-07** Standart Practice for Making and Curing Concrete Test Speciments in the Laboratory.

5. IHLARA VADİSİ KİREÇ BAĞLAYICILI DUVAR RESİMLERİNİN KONSERVASYONUNDA KULLANILABİLECEK İDEAL ENJEKSİYON HARÇLARINDA OLMASI GEREKEN ÖZELLİKLER

1. Enjeksiyon harcı doğal hidrolik kireç bağlayıcılı ve hafif (lightweight) olmalıdır.

2. Orijinal malzeme ile reaksiyona girebilecek ya da bozulmaya neden olabilecek malzeme içermemelidir.

3. Enjeksiyon harcının formülasyonunda kullanılan malzemeler ve bu malzemelerin kimyasal ve fiziksel özelliklerinin bilinmesi gereklidir.

4. Enjeksiyon harçlarının kabul edilen standartları doğrultusunda, performans özellikleri enformasyonun olması gereklidir.

5. Sıvı halde enjeksiyon harcının final ayrışma miktarı (**%FB) "0.0"'**a denk olmalıdır. Ihlara Vadisi kireç bağlayıcılı duvar resimlerinde belirlenen üç pilot yapıda sıva tabakalarının porozite değerleri %P (m) 16.38-41.13 arasında değişmektedir. Hacimce porozite değerleri ise %P (V) 32.43-50.14 arasında değişmektedir. Taşıyıcı duvar ignimbirit ise su içerisinde kohezyonunu kaybettiğinden %P değerleri ölçülememiştir ve "F" olarak kayıtlara geçmiştir. Taşıyıcı duvar ignimbiritin su içerisinde kohezyonunu kaybetmesi enjeksiyon harçlarının uygulanma zorluğu için çok önemli bir veridir. Taşıyıcı duvar ve sıva katmanları yüksek absorvatiftir ve taşıyıcının su ile kısmen de olsa kohezyon kaybetme özelliği vardır. Enjeksiyon harcından segregasyon yoluyla ayrışan H_2O taşıyıcıda, kohezyona yol açmakta ve kohezyon nedeniyle ignimbiritten ayrışan maddeler enjeksiyon kanalını tıkamaktadır. Bunların yanı sıra enjeksiyon harcı öncesi yapılan su-alkol karışımı ile duvarın suya doyurulması işlemi ignimbiritte kohezyona yol açarak, kopan mikro parçaların yerçekimi kuvveti yönünde birikmesine yol açacaktır. Bu nedenle Ihlara Vadisi Kaya Kiliseleri kireç bağlayıcılı duvar resimlerinde enjeksiyon harcı uygulamadan önce su absorbe etme işlemi yapılmamalıdır.

6. Enjeksiyon harcının sıvı, katı ve prizlenme halinde genleşme miktarı **(%CE) "0.0"** olmalıdır. Mukavemeti düşük ve bozulmaya uğramış sıva katmanlarında fiziksel enjeksiyon harcının genleşmesi fiziksel bozulmaları tetikleyerek kopma, ayrılma mikro ve makro çatlaklarda ilerleme gibi sonuçlara neden olabileceği gibi bu bozulmaların oluşmasına da neden olabilir. Ayrıca yarattığı basınç ile sıva katmanını iterek şişmesine ve yüzey alanının genişlemesine neden olarak ince sıva ve boya katmanlarında ki flaking, tozuma gibi fiziksel bozulmaları da tetikleyecektir.

7. Enjeksiyon harcının su tutma kapasitesi yüksek olmalıdır, sıva ve duvarın porozitesi oldukça yüksek olduğundan, su tutma özelliği olmayan bir harç enjekte edildiğinde nem oranı oldukça düşük olan duvar tarafından su hızlıca absorbe edilecektir bu da enjeksiyon yapılan bölgede tıkanmalara neden olarak enjekte edilebilirliği zorlaştıracaktır. Eğer enjeksiyon harcı yüksek su tutma kapasitesine sahip ise taşıyıcının sıvı absorbe etme durumuna en yüksek direnci göstererek daha ileri noktalara akacaktır. Enjeksiyon harçlarında su tutma kapasitesinin yüksek olması, akışkanlık ve enjekte edilebilirlik performansının yükselmesini sağlamasının yanı sıra hidrolik prizlenmenin sağlanması, hacimsel küçülmenin düşük olması gibi olumlu performans etkileri sağlamaktadır.

8. Sıva-sıva ve sıva-duvar arası bağlayıcılık sağlayan mikro enjeksiyon işlemleri için enjeksiyon harcının sıvı halde enjekte edilebilirliği; **B/D**[20] **(□D_{50})**[21] (.075 MPa basınçlı hava ile 2-4mm tuğla kırığı dolu kolonda enjeksiyon harcı 50mm seviyesine eşit ya da daha fazla yüksekliğe ulaştıysa) **B/W**[22] **(E)** ya da **(F)** olmalıdır[23]. (**E:**0.075 MPa basınçlı hava ile enjeksiyon harcı 2-4mm su absorbe edilmiş tuğla kırığı dolu kolon içerisinden geçerek mezürü 20ml'ye kadar doldurduysa; **F**: 0.075 MPa basınçlı hava ile enjeksiyon harcı 2-4mm su absorbe

---

[20] B/D: Brick/dry, 2-4mm tuğla kırığı doldurulmuş ve sıvı absorbe **edilmemiş** kolon.
[21] Kolonda harcın yüksekliği (h) mm olarak kaydedilir (D_h)
[22] B/W:Brick/wet, 2-4mm tuğla kırığı doldurulmuş ve sıvı absorbe edilmiş kolon.
[23] Tuğla kırığının ağırlıkça 10 dakikada su emme kapasitesi w%12, tuğla kırığının ise w%30' dur. İki farklı su emme kapasitesine sahip malzeme ile testi gerçekleştirmek standart uygulamalar için üretilecek enjeksiyon harçlarında karşılaştırmalı veri elde etme olanağı sağlamaktadır. Ihlara Vadisi pilot yapılarında %P (porozite) yüksek ve bununla doğru orantılı olarak yüksek kütlece su emme potansiyelleri olduğundan, ağırlıkça su emme potansiyeli travertene göre yüksek olan (w%30), 2-4mm tuğla kırığı dolu kolon testlerde tercih edilmiştir.

edilmiş tuğla kırığı/ dolu kolon içerisinden geçti fakat mezürü 1ml'ye kadar dolduramadıysa.) .Sıva-sıva, sıva duvar arası geniş boşlukların doldurulmasında ve makro çatlaklarda **B/D (□D_{25})** ve **B/W (□D_{50})** olmalıdır.

9. Sıvı, prizlenme ve katı (kuru) halde hacimsel olarak stabil olmalıdır. Hacimsel küçülmesi %4 **(H^{D-4})** ya da %4'ten az **(□H^{D-4})** olmalıdır (Şimşir, Rainer:2014) (Matero, F).

10. Onarımda kullanılan enjeksiyon harçlarının mukavemetinin orijinal malzemede gerilme yaratmaması için mukavemetinin orijinal malzeme ile aynı ya da daha az olması gereklidir Genel uygulamalarda; enjeksiyon harçlarının yarmada çekme dayanımının iki aylık testlerde **0.30-0.60 MPa** arasında olması ve iki yıllık testlerde **1.5 MPa'ı** geçmemesi gereklidir.

11. Duvar resimlerinin korunmasında kullanılan enjeksiyon harçlarında çözünebilir tuz miktarı, bozulmaya yol açarak orijinal malzemeye zarar vermemesi için mümkün olduğunca az olmalıdır. Ihlara vadisi sıvalarında çözünebilir tuzlardan yüksek miktarda Cl^- barındırdığından enjeksiyon harçlarında <1 Cl^- olması tuzla meydana gelebilecek bozulmaları tetiklemesi için gereklidir.

12. Enjeksiyon harcında nem ve su nedeniyle tetiklenebilecek kimyasal ve fiziksel bozulmaların oluşamaması için; **A [24] =0.055 g.c^{m-2}.$^{s-1/}$2** il**e 0.085 g.c^{m-2}.$^{s-1/2}$** arasında olmalıdır.

13. Enjeksiyon harçları su buharı geçirgen olmalıdır. Su buharı geçirgenliği çözünebilir tuzların ara katmanlarda kristalize olmasını engelleyerek nem ve tuzların taşınması yoluyla oluşabilecek bozulmaların engellenmesini sağlar. Orijinal materyal ile enjeksiyon harcının su buharı geçirgenliğinin uyumlu olması ise katmanları arasında su buharının bariyer yaratmasını engeller. Su buharı geçirgenliğinde (WVP [25]) limit **WVP=9.0E-05 g.Pa^{-1}.h^{-1}.m^{-1}'ye eşit ya da WVP=9.0E-05 g.Pa^{-1}.h^{-1}.m^{-1} 'den büyüktür**.

---

[24] Su emme kapasitesi "**A**" ile gösterilir.(A: Absorbtion)
[25] Su Buharı geçirgenliği WVP ile gösterilir. (WVP: Water Vapour Permability)

14. Enjeksiyon harcı uygulandığı alanın ağırlığını arttırdığından "ağırlıkça hafif" sınıfında olmalıdır. Enjeksiyon harçlarında genel sıvı hal ağırlık limiti, ρ_{wet}**= 1.14-1.89 g.cm^{-3}** arası olarak kabul edilmektedir.[26]

15. Bağlanma dayanımı **100-350 kPa'dan** fazla olmamalıdır. Enjeksiyon harçlarının bağlanma dayanımı tavan tonozlardaki geniş sıva katmanı ayrılmalarında, tavan ve tonozlarda harcın bağlanma oluşturabilmesine dair veri sağladığından önemli bir parametredir. Tarihi duvar resimlerinde, bağlanma dayanımı taşıyıcı ve sıva katmanlarının basınç dayanımından yüksek olmamalıdır. Ihlara Vadisi duvar resimlerinin taşıyıcısı olan ignimbiritin yarmada çekme dayanımı **5.1 Mpa (5091kPa)**'dır (Grafik 43). Orijinal sıva katmanlarının ağırlık ve yarmada çekme dayanımı verilerinin karşılaştırılmasıyla bağlanma dayanımı limitleri oluşturulmaktadır. İlk yapılan çalışmada 6 aylık testlerde bağlanma dayanımı limitleri **100-350 kPa** arası olarak belirlenmiştir. Kapadokya bölgesinde duvar resmi sıvalarına ait basınç dayanımı verilerine ait yayın bulunmamaktadır. Basınç dayanımı testleri için sıva örneği almak tarihi dokuya zarar vereceğinden konservasyon etikleri ile uyuşmamaktadır. Mukavemet verileri ölçülmediği halde gözlemlere dayanarak sıva mukavemetin çok düşük olduğu göz önünde bulundurulursa yüksek bağlanma dayanıklılığı verisine sahip enjeksiyon harçlarının kullanılması önerilmemektedir. Herculaneum duvar resmi sıvaları Ihlara Vadisi kireç bağlayıcılı Bizans Dönemi duvar resmi sıvaları karşılaştırıldığında dönem ve yapım tekniği nedeniyle Herculaneum harçlarının mukavemetinin daha yüksek olması beklenmektedir. Herculaneum harçlarının basınç dayanımı ve yarmada çekme dayanımı verilerine göre **100-350 kPa** bağlanma dayanımı limiti belirlenmiştir (Şimşir, Rainer,2014:10). Bu veriler dikkate alınarak Ihlara Vadisi'nde kullanılan enjeksiyon harçlarının bu limitin aşağısında olması gerektiği öngörülmektedir.

16. Normal prizlenme limitlerinde yüksek %RH oranına sahip ortamda kireç bağlayıcılı enjeksiyon harçlarının hidrolize olabilmesi için 48 saat içerisinde prizlenmesi beklenmektedir. Ihlara Vadisinde yapılan ölçümlerde kaya kiliselerinin iç %RH 26 -42 civarındadır (Tablo 33). Duvar nemi oranı ise min. 1

[26] Islak ağırlık ρ_{wet} **(g.cm^{-3})** olarak gösterilir.

maks. 35'tir (Tablo 34). İç Anadolu bölgesinin karasal iklimi gereği %RH oranı genellikle düşük seyretmektedir. Bunların yanı sıra taşıyıcı ve sıva katmanlarının yüksek porozite limitleri göz önüne alındığında, harcın kuruması oldukça hızlı olacaktır. Hızlı kurumanın prizlenme süresine etki ederek harcın sağlıklı bir şekilde hidrolize olmasını etkilememesi ve kuru iklimde çalışabilirlik kolaylığı sağlamak açısından enjeksiyon harcının prizlenme süresi ortalama %40 RH'ta 48 saat içersinde olmalıdır.

6. IHLARA VADİSİ KİREÇ BAĞLAYICILI DUVAR RESİMLERİ İÇİN "İDEAL" ENJEKSİYON HARCI ÜRETİMİ

6.1. Ihlara Vadisi (Peristrema) Enjeksiyon Harçlarının Üretiminde Kullanılan Materyaller ve Özellikleri

6.1.1. Bağlayıcı (Kireç)

Peristrema enjeksiyon harçlarının üretiminde bağlayıcı malzeme olarak Trans Mineral USA Inc.[27] tarafından, CESA (Chaux et Enduits de St. Astier)[28] firmasından ithal edilen, NHL 3.5 ve NHL 2.0 adlı natürel hidrolik kireçleri kullanılmıştır. Firma tarafından belirtilen özellikler şu şekildedir**.**

6.1.1.1 St. Astier Natürel Hidrolik Kireçleri (NHL) Malzeme Enformasyonu

Üretici firma CESA tarafından, St. Astier NHL serisi, restorasyon konservasyon projeleri ve yeni yapılarda kullanılmak üzere piyasaya sürülen doğal hidrolik kireç serisidir. St. Astier ürünleri NHL 5 (yüksek hidrolik), NHL 3.5 (orta hidrolik) ve NHL 2 (düşük hidrolik) olarak sınıflandırılır (Çevrimiçi) http://www.stastier.com, 01.05.2012.

6.1.1.2. St. Astier Natürel Hidrolik Kireçlerinin Ham Madde Özellikleri

1833 yılında Louis Vicat, St. Astier'de bulunan kireç yataklarında alan araştırması yapmış ve doğal hidrolik kireç üretimi için bu yatakların uygun olduğu sonucuna varmıştır. St. Astier'de ilk endüstriyel üretim 1851 yılında başlamıştır ve günümüzde yılda 100.000 ton üzerinde kapasiteyle üretim devam etmektedir.

---

[27] Trans Mineral USA, INC. 201 Purrington Road. Petaluma, CA 94952, U.S.A. Tel: (707) 769-0661.
[28] CESA La Jarthe 24110 Saint-Astier, France. Tel: 011-33-55-354-1125

Depozitler Montaceix'ten Neuvic sur l'Isle'ye kadar uzanmakta olup yaklaşık olarak 6 mil alanı, 300 fit derinlikte bir katman olarak kaplamaktadır. Kaynak Üst Kretase döneminde (günümüzden yaklaşık olarak 75 milyon yıl önce), deniz çökeltilerinden oluşmuştur. Deniz tabanı ağır akıntılara maruz kalmadığından kalkerli kaya örselenmeden, uniform bir şekilde oluşmuş ve çoğunlukla silika tarafından infiltre edilmiştir. Diğer elementlere önemsiz miktarda rastlanmaktadır. Bu yapıda başka bir kireç yatağının Avrupa'da bulunmaması, St. Astier ürünlerinin revaçta olmasının başlıca sebeplerinden biridir. Kalkerli kayanın saflığı, üretimde sürekli aynı kaliteyi sağlamak açısından, avantaj sağlamaktadır.

Genellikle hammaddenin hidrolik özelliği ya da mekanik özelliklerin yeterli olmadığı durumlarda, üreticiler tarafından puzzolanik ya da hidrolik materyal (genellikte çimento) eklenmesi üreticiler tarafından sıkça tercih edilen bir metottur. Natürel hidrolik kireç içerisinde bu tür ek maddelerin varlığı performans açısından olumsuz sonuçlar doğurabilir. Özellikle tarihi yapılarda kullanımda bozulma prosesini tetikleyici olabilir. Bu sebeple doğal hidrolik kireç kullanmadan önce kaynağın ve içerisine eklenen maddelerin ne olduğunun bilinmesi önemlidir. Örneğin standartlara öngörülen SO_3 limiti yüksek ya da alçak olabilir ya da serbest kireç limiti çok düşük olabilir. Ya da norm, elverişsiz malzemelerin kullanımını uygun görebilir. Her ülkenin normları farklı olduğundan, natürel hidrolik kireç alımında malzemenin tüm özelliklerinin bilinmesi önemli ve dikkat edilmesi gereken bir husustur. St. Astier natürel hidrolik kireçlerinde, ek herhangi bir malzeme bulunmamaktadır. Sadece eser miktarda SO_3 (0.45%-0.54%) ve 15% ile 50% arasında serbest kireci doğal olarak bünyesinde barındırmaktadır. St. Astier natürel hidrolik kireçleriyle ilgili en önemli hususlardan biri uygulanacağı alandaki eski sıva ile reaksiyona girecek herhangi bir madde barındırmaması ve bu sebeple orijinal malzeme ile uyumlu olmasıdır. Orijinal malzemenin bünyesinde tuz barınıyor olabilir ya da eski başarısız uygulamalar nedeniyle malzeme tuz ile kontamine olmuş olabilir. Bu tür durumlarda St. Astier doğal hidrolik kireçlerinin yapısını bozmadan, tuz, malzeme içerisinden geçebilecektir.

6.1.1.3. Kireç Yapımında Hammaddenin Önemi

Silika ihtiva eden kireç taşı ya da arjilli (killi) kireç taşı sülfat, alümina, demir, magnezyum, manganez, potasyum ve diğer bileşikleri ihtiva edebilir. 800^{o}C'nin üzerinde kireç taşının yakılması kalsiyum karbonat bileşiği ile kalsiyum silikat, alüminat ve sülfat bileşiklerini oluşturur. Natürel kireç üretiminde ideal olan; gerekli miktarda silika bileşiğinin varlığı ve mümkün olan en az miktarda üç kalsiyum alüminat (C_3A) ve çözünebilir sülfatlar gibi potansiyel bozucu olabilecek bileşiklerin olmasıdır.

Üç kalsiyum alüminat; malzeme 1650F' ta yakıldığında ortaya çıkar ve 1850F ve üzerinde çoğalır. Ortalama bir çimento içerisinde rastlanan en yüksek miktar %10 civarındadır. Kısacası hammadde ne kadar düşük miktarda alümina ve sülfat ihtiva ediyorsa final ürün o kadar kaliteli olacaktır. St. Astier depozitlerinde, alümina ve sülfat çok düşük miktarda olduğundan final üründe bu tür bileşikler ihtiva etmemektedir.

Ortalama bir çimento harç ya da çimento harç ilave edilerek yapılan kireç bağlayıcılı harçların yüksek miktarda üç kalsiyum alüminat içermesi kaçınılmaz bir sonuçtur. (C_3A) eğer sülfat olan bir ortamda ise ve ortam su ya da su buharı içeriyorsa, bu sülfat atağı ile sonuçlanarak efloresansa neden olacaktır. BS 5628'de bu konuya dikkat çekilmekte fakat saf NHL kullanımının buna bir çözüm getireceği hakkında herhangi bir bilgi sunulmamaktadır. Ayrıca yüksek miktarda gypsum içeriği, sülfat ihtiva etmesi nedeniyle dikkat edilmesi gereken diğer bir husustur.

6.1.1.4. St. Astier Natürel Hidrolik Kireçlerinin (NHL) Ham Halde Kimyasal ve Mineralojik Özellikleri

St. Astier Doğal Hidrolik Kireç (NHL) serisi; silisyum içerikli doğal-tebeşirimsi kireç taşının yakılması ve söndürülmesi yoluyla üretilmektedir. Herhangi bir katkı eklenmemektedir (Tablo 39-40). Üretim aşamasında Avrupa (EN 459-NHL sınıflandırması) ve Fransa (NFP 15.311) standartlarına katı bir şekilde uyulmaktadır. St. Astier havzasındaki kireç taşı yaklaşık 15 mi^{2}'lik (mil kare) bir alanda bulunan ve silika tarafından infiltre olan fakat kil bulaşmayan, kabuklu depozitlerinden elde

edilmektedir. Bu havzada ilk endüstriyel üretim 1851 yılında başlamıştır ve ilk endüstriyel üretimden itibaren kireçtaşı ocakları aynı firmaya aittir. Fransız hükümetinin yaptığı araştırmalarda, ünik depozit bileşiminin 300 fit derinliğe kadar homojenlik gösterdiği anlaşılmıştır.

Aynı doğal kaynaktan üretilen farklı doğal hidrolik kireçler hidrolik özelliğin bileşik silika miktarına bağlı olduğunu kanıtlamaktadır. Genel teori hidrolik özelliğin hammadde ki toplam kil ya da silika miktarına bağlı olduğuydu.

Antik çağlardan günümüze dek kireç üretim metotları: kireç taşının yakılması ve söndürülmesi işlemi değişmiştir. St. Astier NHL ürünleri geleneksel metotlarla üretimini sürdürmekte olan az sayıda firmadan biridir. Günümüzde kalite kontrol prosesleri modern teknoloji sayesinde sürdürülebilir kalitede üretim yapabilmek açısından avantaj sağlamaktadır.

6.1.1.5. St. Astier Natürel Hidrolik Kireçlerinin Yakılma Aşaması

Bu işlem ve esnasında kullanılan enerji silikanın miktarını belirler, silika ise kalsiyum oksit (CaO) ile birleşerek, kalsiyum silikata dönüşür (CS). Kalsiyum silikatlar; nihai ürünün hidrolik performansını belirlemede en önemli unsurdur.

Kirecin yakma işlemi dikey fırınlarda 1850^{o}F (1010 C^{o}) geçmeyen ısıda yapılır. Yakıt olarak antrasit kömürü (taş kömürü) kullanılır. Bu kömür saflığı ve az kalıntı bırakması gibi özellikleri nedeniyle Galler'den getirilmektedir. Yakma işleminin randımanı CO_2 testleriyle düzenli aralıklarla ölçülmektedir ki bu aşama hidratasyonu düzenlemek açısından oldukça önemlidir.

6.1.1.6. St. Astier Natürel Hidrolik Kireçlerinin Hidratasyon (Söndürme) Aşaması

Sönmemiş kireç miktarının 1%'den az tutulması için hidratasyon aşaması kontrollü bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Söndürülme prosesinde ulaşılması hedeflenen

randıman (#150) tane boyutudur. St. Astier Natürel Hidrolik kireçlerinin hidratoasyon aşaması enformasyonu tabloda belirtilmiştir (Tablo 41).

6.1.1.7. St. Astier Natürel Hidrolik Kireçlerinin Kalite Özellikleri

- Saflık: St. Astier NHL' in performansına etki edecek herhangi bir katkı maddesi içermemektedir.

- Herhangi bir katkı maddesi, puzzolan, çimento, su itici, su tutucu, plastikleştirici ve benzeri gibi maddeler eklenmeden kullanılabilir. St. Astier NHL serisinin bu özelliği sayesinde ek madde maliyetinin önlenmesi hedeflenmiştir.

- NHL serisinde farklı performans özelliğinde olan kireç bağlayıcılar sayesinde. Uygulanacağı yüzeyin (sıvanın) yaşına uygunluk sağlama açısından geniş bir malzeme profili sunmaktadır.

- NHL de bulunan serbest kireç; işlenebilirlik ve kendini onarma özelliklerini sağlamaktadır.

- Düşük birim hacim ağırlığı sayesinde daha fazla harç elde edilebilir, şöyle ki piyasada NHL ürünleri ağrılıkça w/w satılır fakat hacimce v/v hazırlanır.

- İnşa, harç, sıva, enjeksiyon harçları, kireç beton ve boyalarla kullanılabilir.

- Elastikiyet özelliği sayesinde minör hareketlenmeye izin verir ayrıca rötre, çatlamayı minimuma indirger.

- Su ve su buharı geçirgendir.

- Tuzlanmaya karşı dayanıklıdır. Herhangi bir potansiyel bozulma komponenti veya gypsum, çimento gibi sülfat atağı ve alkali-silika oluşturabilecek malzemeler ile reaksiyon oluşturmaz. Yapıda bulunan tuzlar NHL'den kolayca geçerek temizlenirler. Deniz ortamında kullanımı uygundur.

- Bakterilere ve bitkisel bozulmaya karşı dirençlidir. Bağlayıcının kalıcı alkali özelliği sayesinde bakteri ve bitki üremesi oluşmaz.

- Su buharı geçirgenliği sayesinde duvar içinde tutulan nem miktarını azaltarak yalıtkanlığı arttırır.

- NHL bağlayıcılar beyaz renktedir ve içerisinde kullanılan agreganın rengine göre sıva-harç-enjeksiyon harcı üretilebilir.

- Tüm NHL bağlayıcılarla 8-24 saat arası çalışılabilir. İçerisine katılan katkı maddeleri bu süresinin artması ya da azalmasını sağlar.

- NHL bağlayıcılarla yapılan sıvalar tekrar kullanılabilir.

CO_2 emilimi sayesinde çevre-dostudur. Serbest kirecin karbonizasyonu esnasında CO_2 tekrar absorbe olur.

6.1.1.8. St. Astier Doğal Hidrolik Kireçlerinin Mekanik Özellikleri

EU normlarına göre; kum/harç oranı 1:1.3 olarak, standart laboratuar kumu ISO (679) ile hazırlanması önerilmektedir St. Astier NHL üretici firması tarafından gerçekleştirilen 24 aylık testler;[29] NHL kireçleri ile ISO (679) standart kum ile hazırlanan 1:2, 1:2.5 ve 1:3'lük harç karışımları ile Eylül 2000 tarihi sürecinde gerçekleştirilmiştir. NHL 3.5 performans testlerinin bir kısmında agrega olarak *Doyeoux* kumu kullanılmıştır. Performans testleri gerçekleştirilen harçların oranları yaygın kullanıma göre seçilmiş ve v/v hacim olarak ölçülmüştür. Su miktarının ise her harçta aynı işlenebilirlik özelliği elde edebilmek için eklendiği belirtilmektedir. Örnekler 59 F ve %90 RH şartlarında depolanmıştır.

[29] Bu testlerin ilk geliştirilme aşamasında üretici firma ile beraber, J. M. Teutonico; English Heritage, P. Gibbons; The Scottish Lime Centre, Prof.Dr. John Ashurst, Douglas Johnston ve Arch. Stafford Holmes görev almıştır.

Test sonuçlarına göre, firma tarafından yapılan, genel performans değerlendirmesi şöyledir (Tablo 42-43-44-45-46). Basınç Dayanımı testi kademeli olarak gerçekleştirilmiştir; bunun nedeni, kireç bağlayıcılı karışımlarda prizlenme ve sertleşme sürecinin çimento bağlayıcılı karışımlara göre daha uzun olmasıdır. Çimento bağlayıcılı karışımlarda test süresi 28 günde tamamlanmaktadır.

NHL serisinin, elastikiyet sonuçları çimento bağlayıcı karışımlara oranla daha iyidir. Rötre, kapilerite ve su buharı geçirgenliği sonuçları da çimento harçlarına nazaran daha iyi performans göstermiştir (Çevrimiçi) http://www.stastier.com, 01.05.2012.

6.1.1.9. St. Astier Natürel Hidrolik Kireçlerinin Üretim ve Kalite Kontrol Aşaması

Ürünün final kalitesi ve performans açısından, üretim aşaması oldukça önemlidir. St. Astier firması, hammaddenin kaynağından alınmasından paketleme aşamasına kadar tam otomatik bilgisayar teknolojisine dayalı sistemler kullanmaktadır. Fırınlamada yakıt olarak kullanılan kömür saf antrasit kömürüdür (taş kömürü) ve Galler'den ithal edilmektedir. Bunun sebebi yerel kömürün (Fransa'da bulunan) sülfatlar ve kalıntılar barındırmasıdır. Yakma işlemi 200 ton kapasiteli dikey fırınlarda yapılmaktadır.

Her fırınlama işlemi sonunda CO_2 kontrolü yapılmaktadır. CO_2 miktarı yakma işleminin etkinliğini ve söndürülme işlemi esnasında eklenmesi gereken su miktarını belirlediğinden önemlidir. Materyalde standart altında genleşmeden (2mm) kaçınmak için sık aralıklarla genleşme katsayısı ölçülmektedir.

Tane boyutu, serbest su miktarı, genleşme, ıslak ağırlık, basınç dayanımı, prizlenme zamanı, penetrasyon, SO_3 ve serbest kireç içeriği Fransız Hükümetinin zorunlu tuttuğu testlerdir ve bu testler düzenli olarak gerçekleştirilmektedir. Bunların yanı sıra çekme dayanımı, elastikiyet modülü, akışkanlık, adezyon, beyazlık endeksi gibi testler yapılmaktadır.

Ayrıca çözünebilir sülfat, üç kalsiyum sülfat gibi maddeler doğal kireç taşının içeriğinde olabileceğinden kontrol prosesleri sürdürülmektedir.

6.1.1.10. St. Astier Natürel Hidrolik Kireçlerinin Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri (Final Ürün)

St. Astier Natürel Hidrolik Kireçleri çimento, gypsum gibi herhangi bir katkı maddesi içermemektedir. Sadece eser miktarda potansiyel bozucu olabilecek malzemeler içerir (Tablo 47).

SO_3, K_2O (Potasyum oksit))ve Na_2O (Sodyum oksit), C_3A (üç kalsiyum alüminat) gibi çözünebilir tuzlar ya da gypsum gibi ek maddeler; doğal hidrolik kireçler içerisinde sadece eser miktarda bulunmalıdır. Bu maddelerin varlığı, sülfat atağına yol açar. Çimento bağlayıcı karıştırılmış bazı kireçler natürel hidrolik kireç adıyla piyasa sürülmektedir ve alıcıya bu tür zararlı ek madde eklenmiş kireçler, çabuk hidrolize olarak prizlendiğinden dolayı çekici gelmektedir. Çimento bağlayıcı, kireç içerisine karıştırıldığında C_3A yüksek oranlarda ürüne taşınmış olur ve sülfat üreterek orijinal malzemede genleşme ve ayrışmalara neden olur. Gypsum da üretimde ek madde olarak kullanılmaktadır fakat yüksek oranda sülfat içerdiğinden, doğal hidrolik kireçler içerinde eser miktardan fazla olmamalıdır. K_2O ve Na_2O (Alkali) gibi ek maddelerin neredeyse eser miktarda varlığı dahi ki ortalama bir çimentoda 1.5%' tir , agregalarda ki silika ile reaksiyona girerek alkali silika atağına yol açar bu da sülfat atağında olduğu gibi bozulmalara neden olur.

St. Astier doğal hidrolik kireçleri yüksek (%) serbest kireç oranına sahiptir (Tablo 48).

Serbest kireç; malzemenin final dayanımı, işlenebilirlik, kendini onarma, elastikiyet gibi özellikler için önem taşımaktadır. Serbest kireç öncü yapısal hareketlenmeleri biraz tolere edebilir. Bu sebeple NHL harçları yeterli plastikiyet ve dayanım özelliği ile hafif yük kaymalarını kabul edebilir.

S. Astier natürel hidrolik kireçleri, su ve su buharı geçirgendir. Yoğuşma ve nem tutma durumu ile karşılaşmamak için sıvanın su ve su buharı geçirgen olması gereklidir (Tablo 49).

Tüm St. Astier ürünleri düzenli olarak genleşme testine tabi tutulmakta ve norm ölçüleri dışında kalanlar üretim firesi sayılmaktadır ve üretim fireleri geri dönüştürülmemektedir. Sönmemiş kireç bulunması ise dayanımı düşük malzemeye neden olur. St. Astier Natürel Hidrolik Kireçlerinin genleşme katsayıları ve sönmemiş kireç oranı aşağıdaki gibidir (Tablo 50).

Sn Astier harçlarının prizlenme süresi tabloda gösterilmiştir (Tablo 51). Prizlenme süresinin hızlı olması harç ve sıva uygulamalarında ki özellikle son kat sıva uygulamalarında elverişiz hava koşullarında (donma, yağmur, rüzgâr) çalışılıyorsa, önem kazanmaktadır.

St. Astier doğal hidrolik kireçlerine puzzolan ve diğer katkı maddeleri eklenebilir fakat ürünlerin katkı ya da puzzolan eklenmeden de yeterli hidrolik özelliği olduğundan firma herhangi bir katkı maddesi eklenmeden de kullanımını önermektedir.

St. Astier doğal hidrolik kireçleri düşük dansiteye (birim hacim ağırlığı) sahiptir. Özellikle hacim v/v olarak hesaplanan bağlayıcı, yüksek dansiteye sahipse, ağırlıkça w/w kullanılan miktar da fazla olacaktır. Ayrıca uygulandığı alanın ağırlığını arttırdığından, düşük dansite aranılan bir özelliktir (Tablo 52). Agrega ile karıştırıldığında harç ve sıvalarda istenilen rengin oluşturulabilmesi için kireç bağlayıcının beyazlığı önemlidir. St. Astier doğal hidrolik kireçlerinin beyazlık endeksi şöyledir (Tablo 53).

St. Astier hidrolik kireçleri deniz tuzu ve atmosferden taşınan tuzlara karşı dayanıklıdır ve bozulmaya uğramaz. Kireç bağlayıcı seçiminde, bağlayıcının gypsum ve çimento gibi bünyesinde tuz taşıyan malzeme barındırmaması, orijinal malzeme ve yeni uygulanacak malzemenin bozulma prosesi, açısından önemlidir.

6.1.1.11. Peristrema Enjeksiyon Harcı Yapımında Kullanılan St. Astier Natürel Hidrolik Kireçlerin Ürün Enformasyonu

Peristrema enjeksiyon harçlarının dizayn edilme birincil aşamasında St. Astier NHL 5.0, NHL 2.5 ve NHL 3.0 kullanılmıştır fakat NHL 5.0 ten yapılan karışımlarda ve

testlerde beklenen performans alınamamıştır. Bu nedenle St. Astier NHL 5.0 Peristrema enjeksiyon harçlarının yapımında kullanılmamıştır. NHL 3.5 ve NHL 2.0 Peristrema Enjeksiyon harçlarının yapımında kullanılmıştır (Tablo 54). Peristrema Enjeksiyon harçlarının yapımında kullanılan St. Astier NHL 3.5 ve NHL 2.0 ürün enformasyonu tablolarda ayrıntısıyla belirtilmiştir (Tablo 55-56). Bu ürünün seçilme nedeni kaynağının belli olması ve yukarıda ayrıntılarıyla anlatıldığı gibi malzeme ile ilgili tüm enformasyona üretici firma tarafından ulaşabilme yoluyla dizayn edilen enjeksiyon harcının bağlayıcı malzemesiyle ilgili kaynağından üretim aşamasına ayrıntılı bilgi alınabilmesidir. Avrupa Ülkeleri'nde konservasyon uygulamalarında bağlayıcı olarak harç ve sıva yapımında yaygın biçimde kullanılan ve kabul görmüş bir malzemedir.

Üretici firma CESA St. Astier NHL serisinin, enjeksiyon harçlarında kullanımını uygun görmekte ve kullanımıyla ilgili bir takım önerilerde bulunmaktadır. Bunlar terkipleri de kapsamakla beraber, bu bilginin sadece üreticinin NHL konusunda deneyimine dayalı olarak uygulayıcının en iyi çalışma pratiğini yakalayabilmesi için doğru malzeme seçimi ve uygulama metodunda yardımcı olabilecek tavsiyeler olduğu ve başka uygulamalar için yapılan tavsiyelerin geçerli olmayabileceği belirtilmiştir (Tablo 57). NHL Enjeksiyon harçlarının agrega katkılı olanlarının su miktarı belirtilmemiştir ayrıca performans testlerine dair data bulunmamaktadır. Burada belirtilen katkısız kireç enjeksiyonu viskozite değerleri Ihlara Vadisi duvar resimlerinde uygulama için yeterli değildir (Grafik 29-30). Duvar resmilerinde St. Astier NHL serisi kireç bağlayıcı olarak kullanılabilir fakat enjeksiyon harcı olarak katkı eklenmeden segregasyona uğradığından ve viskozitesi Ihlara Vadisinde ki uygulama için yüksek olduğundan modifikasyonu gerekmektedir. Tablo 57'de görülen agrega katkılı enjeksiyon harcı ise kum agrega kullanılarak yapılmıştır Ihlara Vadisi Duvar resimlerinin sıva tabakası çok ince olduğundan kum agregalı enjeksiyon haçlarının uygulanması zordur yapısal enjeksiyon olarak kullanımı araştırılabilir.

CESA firması enjeksiyon harcı önerilerinde; kazein kullanımının harcın basınç dayanımını güçlendireceği, akışkanlığı artıracağı ve gerekli olan su miktarını düşüreceğini öngörmektedir. NHL ürünlerinde rötrenin düşük olduğu ve gerekli görüldüğü taktirde su miktarının azaltılmasıyla rötrenin daha da düşürülebileceği bilgisi firma önerilerinde yer almaktadır. CESA firma öneri bilgilerinde enjeksiyon

harçlarıyla ilgili herhangi bir performans testi bilgisi yer almamaktadır. Firma özellikle bu önerilerin NHL ürünleriyle tecrübelerine dayandığının altını çizmektedir.

6.1.1.11.1. NHL 2, NHL 3.5 ve NHL 5 Ürünleri Malzeme Güvenliği ve Emniyeti (MSDS)

St. Astier NHL serisi içeriğinde bulunan zararlı maddeler tabloda belirtilmiştir (Tablo 58).

Fiziksel Data:

Görünüm ve Koku: Beyazdan griye toz halde, kokusuz.
Çözünürlük: Su içinde biraz çözünebilir.

Yangın ve Patlama Riski:

Patlama Noktası: Alev-almaz madde.
En Düşük En Yüksek Patlama Limiti: Yok.
Özel Yangın Söndürme Prosedürü: Yok.

Reaktivite Bilgisi:

Stabilite: Stabildir.
Kaçınılması Gereken Hususlar: Hidro florik asit silikayı çözdüğünde korozif bir gaz silikon tetra florit açığa çıkar. Asit şiddetli bir şekilde ısı açığa çıkarır.

Sağlık Riski Bilgisi /Maruz Kalındığında Etkileri:

Solunum: Tozunun solunması öksürük, aksırma ve üst solunum yollarında iritasyon ve iltihaba neden olabilir. Serbest kiristal silikanın (SiO_2) solunması Silikozis'e neden olabilir. Silikozis öksürme, nefeste kesilme, hırıltılı solunum ve akciğer röntgeninde değişikliklerle kendini gösteren silis tozunun neden olduğu bir solunum yolu hastalığıdır ve sürekli ya da uzun süreli silikaya maruz kalan kişilerde görülür. Maruz kalınma elemine edildiğinde dahi hastalık devam edebilir. Havada yüksek miktarda bulunan serbest silikaya bir yıldan fazla maruz kalındığında Akut Silikozis görülebilir.

Deriye Temas Halinde: Cilt tarafından emilmez, kalsiyum hidroksit ve kalsiyum oksit kostik maddelerdir ve cildin iritasyonuna neden olabilir.

Göz İritasyonu: Gözlerde yanma, kaşınma ve kızarıklık gibi nedenlere bağlı olarak iritasyona, neden olabilir.

Karsinojenisite: A.B.D. Sağlık ve İnsan Servisleri Departmanı, Ulusal Toksikoloji Programı, VI. Kansorejen 1991 Yıllık Raporu'na göre: "Kristal formda solunabilir silikanın, denek hayvanlarında karsinojenisiteye neden olduğuna dair yeterli kanıt bulunmaktadır." Fakat IARC Çalışma Grubu raporunda, insanlarda karsinojenisiteye dair kısıtlı kanıt sunmaktadır. NIOSH solunabilir silikanın insanlar için potansiyel kansorejen olduğunu ileri sürmektedir. OSHA ve ACGIH solunabilir silikayı kansorejen olarak tanımlamamıştır.

Acil İlk Yardım Prosedürü

Göz ile Teması Halinde: gözleri bol miktarda temiz su ile en az 15 dakika yıkayınız. Eğer iritasyon gözlemlenirse doktora başvurunuz.
Ten ile Teması Halinde: Bol temiz su ile yıkayınız.
Yutulması Halinde: Hastayı kusturmayınız. Bol miktarda su veriniz ve doktora başvurunuz. Bilinci kapalı hastaya asla ağızdan hiçbir şey vermeyiniz.

Kullanım ve Saklama Koşulları: Havada uçuşan silis tozlarından kaçınmak için önlem alınmalıdır. Ventilasyon ve ıslak metotlar önerilmektedir. Havadaki toz miktarını OSHA (PEL) limitleri altına düşürmek için kullanılan metotların yeterli gelmediği durumlarda NIOSH tarafından önerilen tam ya da yarım hava saflaştırıcı respiratör ve partikül filtreli maske kullanılmalıdır. Ten ile temastan kaçınmak için, vücut koruyucu giysi ve eldiven kullanılmalıdır. Göz ile temastan kaçınmak için koruyucu gözlük kullanılmalıdır.

Atık: Bu malzeme RCRA (Resource Conservation and Recovery Act) tehlikeli malzeme listesinde yer almamaktadır. Fakat bazı durumlarda yüksek pH'ı nedeniyle tehlikeli malzeme olarak nitelendirilebilir. Final ürün (prizlenmiş) tehlikeli olarak nitelendirilmemektedir. Malzeme lokal olarak uygulanan atık kurallarına göre

atılmalıdır. Sıvı haldeyken fazla malzeme, kaplara toplanarak atık oluşturulmalıdır. Bulaşan alanlar bol su ile yıkanmalıdır.

6.1.2. Agregalar/Dolgular

Peristrema enjeksiyon harçlarının üretiminde agrega ve dolgu malzemesi olarak ***HM Royal Inc.*** Firmasının temin ettiği **Fillite 106** ve **Roy-Cal-H**, ***Berkeley Springs US Silica Inc.*** Firmasının **Minusil 15** ve **Silkosil 52** adlı ürünler kullanılmıştır (Tablo 59).

6.1.2.1. Fillite 106

Fillite 106 adı verilen malzeme, içi boş seramik mikrosferlerdir ve cam sertliğinde, inert, içi boş silikat mikro kürelerden oluşur.

Sanayide başlıca; plastik, kauçuk, reçineler ve çimentonun ağırlığını düşürmek için kullanılmasına rağmen malzemelere kattığı birçok avantajdan faydalanılabilir. Bu avantajları sırlamak gerekirse, Fillite'ın natürel sferik (küresel) biçimi malzemenin reolojik özelliğinin yükseltilmesi ve geliştirtmesinde direkt olarak etkilidir. Hafif ve reolojik özelliği arttırmada şekli dolayısıyla etkili bir malzeme Peristrema enjeksiyon harçlarında aranılan düşük viskozite ve özgül ağırlığı düşük enjeksiyon harcı özelliğinin kazanılmasında önemli rol oynamıştır. Ihlara vadisi kireç bağlayıcılı sıva bulunduran üç kilise de orijinal sıvanın özgül ağırlığı düşük ve porozitesi yüksektir. Daha önce konsolidasyon için kullanılan enjeskiyon harçlarında karşılaşılan en büyük problem viskozitenin yeterince düşük olmamasıdır bu sebeple Kazein ve Brecianni serisi gibi viskozitesi düşük enjeksiyon harçları tercih edilmiştir. Bu enjeksiyon harçları ise performans testlerinden başarıyla geçememiştir ve Ihlara vadisi kireç bağlayıcılı duvar resmilerinin konsolidasyonu için uygun değildir. Diğer kullanılan malzemelerden biri ise Primal AC-33 enjeksiyonudur fakat Primal AC-33 bir dolgu malzemesi değildir. Taşıyıcı ile sıva arasındaki boşlukları doldurmaz sadece geçici adezyon sağlar bunun yanı sıra sentetik bir reçine olması dolayısıyla uzun ömürlü değildir ve primal ile yapılan uygulama geri dönüşümsüzdür. Kültür varlıklarında koruma prensibi orijinal malzeme ile uyum sağlayacak ve uzun ömürlü malzemelerin kullanılmasıdır. Enjeksiyon harcının bağlayıcısı olarak kullanılan St.

Astier Doğal hidrolik kireçlerinin reolojik özelliklerinin arttırmak ve özgül ağırlığı düşük enjeksiyon harcı oluşturmak gibi özelliklerin yanı sıra Fillite 106 mikro tane boyutu ile Ihlara Vadisi Kireç Bağlayıcılı Duvar Resimlerinin korunmasında "ideal" enjeksiyon harcı üretmek için oldukça avantaj sağlayan bir üründür. Fillite 106'nın üretici firma HM ROYAL' dan temin edilen teknik datasında belirtilen özellikleri şöyledir.

- Ağırlıkça hafiftir
- Kendiliğinden akma (serbest akış) özelliğine sahiptir.
- Grimsi beyaz renktedir.
- Sferiktir (küre şeklinde)
- İnerttür.

6.1.2.1.1. Fillite Uygulama Alanları

Refrakterler, PVC döşemeler, petrol kuyusu çimentosu, fren balataları, fenolikler, epoksiler, döküm polyesterleri, sentetik mermerler, sentetik köpükler, BMC, SMC ve FRP ayrıca düşük dansiteli çimento, şatkrit (püskürtme beton), alçı panel macunu, otomobil ses geçirmezlik levhaları gibi malzemelerde kullanılır. Fillite;

- Ağırlığı düşürür.
- Dolgunun yükünü yükseltir.
- Akışkanlığı iyileştirir.
- Rötre ve çalışma (bükülme ve eğrilme) azaltıcıdır.
- Kalıplama, döküm ve laminatlarda fiziksel özellikleri geliştirir.
- Su emme kapasitesini düşürür.
- Alev geciktirme, özelliğini geliştirir.
- Kimyasal dayanımını geliştirir.

6.1.2.1.2. Fillite Kimyasal ve Fiziksel Özellikler Özellikleri

Fillite ürününün kimyasal ve fiziksel özellikleri tabloda ayrıntılı olarak verilmiştir. (Tablo 60) Peristrema enjeksiyon harçlarında katkı maddesi olarak Fillite kullanılmasının da malzemenin bağlayıcının reolojik performansının ayarlanmasında

ki avantajlarının yanı sıra farklı tane boyutlarında opsiyon sunmasıdır. Fillite serisi içerisinde 106 numaralı malzemenin Peristrema enjeksiyon harçlarında tercih edilmesinin sebebi ise üretilenlerin arasında en küçük tane boyutu dağılımına sahip olmasıdır (Tablo 61).

6.1.2.2. SIL-CO-SIL (Öğütülmüş Silika)

A.B.D. Doğu Viriginia Eyaleti, Berkeley Springs Tesisleri'nden US SILICA firması tarafından elde edilen, öğütülmüş silika ve SiO_2'ten (silikon dioksit) oluşan SIL-KO-SIL, Peristrema enjeksiyon harçlarında katkı maddesi olarak SIL-KO-SIL 52 tane boyut dağılımı nedeniyle tercih edilmiştir (Tablo 62).

U.S. Silika Berkeley Springs Tesisi, Amerika Birleşik Devletleri'nin Doğu Virginia Eyaleti, Oriskany Maden Yatakları'nda Warm Springs dağları boyunca yüz yılı aşkın süredir maden işletmeciliği yapmaktadır. Burada bulunan kum %99.9 oranında saftır. Beyaza dönük bej renkte olan kumtaşı demir içeriği yönünden düşüktür ve cam, inşaat malzemeleri, seramik, boya, dolgu malzemeleri ve genleştirici üretiminde kullanılır (Çevirimiçi) http://www.ussilica.com, 20.07.2014.

Bölgede madencilik yüz yılı aşkın bir süredir devam etmektedir. Lewistown, Pensilvanya da bulunan The Pennsylvania Glass Sand Şirketi 1800'lü yılların sonunda bölgeye gelmiş ve arazinin büyük kısmını elde etmiştir. Başlangıçta bir çok küçük aile şirketleri tarafından işletilen madenler Berkeley Works U.S. Silica adıyla işletilmeye başlamış ve devam eden yıllarda gelişerek devam etmiştir.

SIL-CO-SIL Öğütülmüş Silika ürünleri yüksek saflıktaki 45'ten 250 mikrona kadar öğütülmüş silisyum tozundan elde edilir. Doğal olarak inert, parlak beyaz renkte düşük nem içeriğine sahiptir ve en az %99.5 SiO_2 içeriğine sahiptir (Tablo 63-64**).** Diğer doğal minerallerle karşılaştırıldığında SIL-CO-SIL özellikleri şöyledir

- Kaplama sertliğini arttırırlar.
- Kimyasal dayanıklılığı arttırırlar.
- pH' ları mutedil, tutarlı ve nötr'e yakındır.
- Benzer renk ve reaktif indeks'e sahiptirler.
- Disperstirler.

6.1.2.3. MIN-U-SIL (İnce Öğütülmüş Silika)

A.B.D. Missouri Eyaletinde bulunan, U.S. Silica Pasifik Maden Tesisi, St. Peter's oluşumundan elde edilir ve %98.8 öğütülmemiş silis kumundan oluşur. Bu ürün düz cam, cam konteynırlar, kimyasallar, döküm işleri, petrol ve gaz endüstrisinde kullanılır. Pasifik Madenleri 1900'lü yılların başından beri işletilmektedir. Madenden ilk çıkarılan materyaller, madenin önünden geçen ünlü Route 66 yolunun inşasında kullanılmıştır. 1924 yılında Pioneer Silica Products Şirket'i 205 akr[30] alanı satın almış ve yer altı maden çalışmalarını başlatmıştır. Bu madenin yer altı odaları günümüzde sağlam durumdadır ve depolama ve diğer açık maden odalarına ulaşım amaçlı kullanılmaktadır. Orijnal 205 akr'lik alan 1964 yılında Pennsylvania Glass Sand Şirket'ine nakledilmiş ve 1987 yılında bu şirket Ottawa Silica ile birleşmiştir. Günümüzde Ottawa Silica Şirket'i, U.S. Silica adıyla çalışmaya devam etmektedir.

6.1.2.3.1. MIN-U-SIL/ İnce Öğütülmüş Silika Özellikleri

MIN-U-SIL ince öğütülmüş silika ürünleri, yüksek saflıkta, inert beyaz kristal silikadır ve beş tane boyut dağılımlıdır, 5,10,15,30 ve en fazla 40 mikron boyutlarında üretilmektedir. Ayrıntılı MIN-U-SIL ürün enformasyonu tablolar halinde gösterilmiştir. (Tablo 65-66)

Sentetik silikalar ile karşılaştırıldığında özellikleri şöyledir;

- Shore durometresini yükseltir.
- Rötre azaltıcıdır.
- Isı iletkenliğini geliştirir.
- Dansiteyi yükseltir.
- Petrol direncini geliştirir.
- Yüksek dielektrik dayanımına sahiptir
- İnerttür.

[30] Acre (**akr**), Birleşik Krallık, Kanada ve Amerika Birleşik Devletleri'nde kullanılan arazi ölçüsü birimi. 4.047 m²'ye (0.4047 hektar) eşittir.

Diğer doğal minerallerle karşılaştırıldığında MIN-U-SIL ve SIL-CO-SIL özellikleri şöyledir

- Kaplama sertliğini arttırırlar.
- Kimyasal dayanıklılığı arttırırlar.
- pH' ları mutedil, tutarlı ve nötr'e yakındır.
- Benzer renk ve reaktif indeks'e sahiptirler.
- Disperstirler.

6.1.2.4.. ROY-CAL-H

Royal Brand ROY-CAL-H 1925 yılında kurulan Amerika Birleşik Devletleri HM Royal Inc. firması tarafından üretilmektedir (Çevirimiçi) http://www.hmroyal.com/, 24.07.2014. ROY-CAL-H istiridye kabuğunun çok ince öğütülmesi ile elde edilen kalsiyum karbonattır. Katmanlı partikülllerden oluşan istiridye kabuğu kalsiyum karbonatı, polimerlerde düzgün yüzey ve ekstrüzyonun hızlandırılmasında kullanılır. ROY-CAL-H Peristrema enjeksiyon harçlarında katkı maddesi olarak kullanılmıştır. Üretici firma ürün için sadece MSDS temin etmektedir ve ürün enformasyonu bu belge yeterli bilgi temin etmemektedir (Tablo 67) (Gil-Lim-Yoon, v.d.:2003) (Seong-Tae.Y vd. 2005).

6.1.2.4.1. İstiridye Kabuğunun Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri

Kimyasal Analizler, XRD, BET ve SEM ile yapılan mikroyapı analizleri ham malzeme olarak istidirye kabuğunun özelliklerini ortaya koymuştur (Yoon v.d,. 2003: 827). Analiz sonuçlarına göre istiridye kabuğunun kimyasal kompozisyonu $CaCO_3$ (yaklaşık %96) ve cüzi miktarda diğer mineral bileşiklerinden oluşur (Tablo:68).

İstiridye kabuğunda baskın olan mineral kalsit yapısında $CaCO_3$'tır. Bütün istiridye kabuğunun farklı katmanları ile kabuğu aynı kimyasal özelliktedir ve saf kalsiyum karbonat kaynağıdırlar. Öğütülmüş istiridye kabuğu karıştırılarak oluşturulan ve farklı kum serileri karıştırılarak yapılan harçlar üzerinde Basınç Dayanımı testleri yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bu test sonuçlarına göre en az %20 ile %40 arasında katkı olarak kullanılan öğütülmüş istiridye kabuğu, yetersiz özellikteki

kumlara alternatif olarak harçlarda katkı maddesi olarak kullanılabilir (Yoon v.d,. 2003:834). Dört farklı tane boyutunda öğütülen istiridye kabuğu üzerinde ASTM standartları gözetilerek yapılan testler, doğal öğütülmüş istiridye kabuğunun özgül ağırlığının 2.35 ile 2.47 arasında olduğu ve kumdan daha hafif bir malzeme olduğu sonucunu ortaya koymuştur (Tablo:67-70).

6.1.3. Katkı Malzemeleri

Peristrema enjeksiyon harçlarında katkı maddesi olarak The Dow Chemical Company tarafından sağlanan CELLOSIZE™ ER 15M HEC (Hidroksi Etil Selüloz) ve Kremer Firması tarafından tedarik edilen Kazein kullanılmıştır. İki katkı maddesi de asıl olarak reolojik, kimyasal özellikleri geliştirme ve adezyonu kuvvetlendirme amacıyla tercih edilmesine rağmen, Peristrema Enjeksiyon Harçlarının dizayn edilmesinde bu malzemenin birçok avantaj sağlayan kimyasal ve fiziksel özelliklerinden faydalanılmıştır.

6.1.3.1. CELLOSIZE™ ER 15M HEC

CELLOSIZE™ ER 15M HEC (Hidroksi Etil Selüloz) [31] , The Dow Chemical Şirketinden tedarik edilmiştir (Çevirim içi) http://www.dow.com/, 27.07.1014.

The Dow Chemical Şirketi hidroksi etil selüloz üretimini Amerika Birleşik Devletlerinin Doğu Virginia Eyaleti ve Belçika'nın Zwijndrect şehrinde ki tesislerinde yapmaktadır.

6.1.3.1.1. CELLOSIZE™ ER 15M HEC Ürün Enformasyonu

HEC, noniyonik suda çözünebilir bir polimerdir. Malzemeye, yoğunlaştırma, süspansiyon halinde tutma, bağlayıcılık, emülsiyon haline dönüştürme, film oluşturma, stabilize etme, dispers etme, su tutma ve koruyucu koloit aksiyon gibi özellikler sağlar. Serbest-akışa sahip pudra şeklindeki malzeme, sıcak ya da soğuk suda yoğun bir karıştırma ya da ısıtma işlemine gerek duyulmadan, kolayca çözünebilir. HEC ürünleri (CAS No. 127-09-3) ve (CAS No. 7732-18-5) genel olarak

[31] CELLOSIZE™ ER 15M HEC (Hidroksi Etil Selüloz):CAS No. 9004-62-0

85% ile 95% arasında hidroksietilselüloz ile dengelenmiş sodyum asetat ve sudan oluşur. Az miktarda isopropanol (CAS No. 67-63-0) ve selüloz (CAS No. 9004-34-6) ihtiva edebilir.

HEC polimerleri çeşitli viskozite aralığında ve kalitede üretilmektedir. Bunlar enzimlere dayanıklı (ER), su ile hızlı birleşen (WP), ve hızlı dispers olan (QP) olarak sınıflandırılmaktadır. Kimya sanayinde yaygın kullanımı olan HEC inşaat alanında ise; gypsum, çimento, kireç, organik sıvalar, seramik karo yapıştırıcıları ve harç üretiminde kullanım alanı bulmaktadır.

CELLOSIZE™ ER 15M HEC orta molekül ağırlığında, enzimlere dayanıklı (ER) sınıfta bir polimerdir. Lateks boyalarda akışkanlık ve yoğunluk arasında denge sağlayıcı olarak yaygın bir biçimde kullanılmaktadır. Tüm CELLOSIZE™ ER HEC ürünleri gibi HEC 15M'de 1% oranında akışkanlık arttırıcı olarak fumed silika içerir. Reolojik olarak CELLOSIZE QP 15000H HEC ile benzer özellikler taşımaktadır (Tablo 71).

6.1.3.2. Kazein

Peristrema enjeksiyon harçlarında kazein süper plastikleştirici ve adezyon arttırıcı olarak kullanılmıştır. Kazein büyük baş hayvanların sütünde bulunan başlıca proteindir. İlk endüstriyel kullanımı; yapıştırıcı, plastik, kuşe kağıt v.b.g. gibi alanlarda 1960'lı yıllarda başlamıştır. Besin endüstrisinde, besin kalitesinin ve fiziksel özelliklerin yükseltilmesi için kazeinin özellikleri geliştirilmiştir. İnşaat endüstrisinde ise SLU harçlarında (çimento bağlayıcılı zemin harçları) kazein en geniş kullanım alanı bulan dispersanttır (Bian, 2012: 2).

Süper plastikleştiriciler kazein ve sentetik olarak iki gruba ayrılmaktadır. Su azaltıcı ajan olarak görev yaparlar, akışkanlık ve yayılma özellikleri sağlayarak malzemenin reolojik özelliklerin ayarlanmasında kullanılırlar. Peristrema enjeksiyon harçlarında sentetik süper plastikleştiricilerin kullanılmamasının nedenlerinden biri, kolay ulaşılabilir olmamalıdır. Sentetik süper plastikleştiriciler inşaat sanayinde kullanıldığından yüksek miktarlarda temini mümkün olmaktadır. Ayrıca kazeinin malzemenin su miktarının azaltılması sağlayarak viskoziteyi düşürmesi gibi

özelliklerinin yanı sıra adezyon arttırıcı bir malzemedir. Peristrema enjeksiyon harçlarının geliştirilmesinde ulaşılması hedeflenen sonuç enjeksiyon harcının diğer performans özelliklerini etkilemeden viskozitesi düşük ve adezyonu yüksek harcın üretilmesi olmuştur bundan dolayı kazein; Ihlara Vadisi kireç bağlayıcılı duvar resimlerinin konsolidasyonu için "ideal" enjeksiyon harcının özelliklerinin geliştirilmesinde kullanılan en önemli malzemelerden birisi konumundadır.

Çimento bağlayıcılı zemin harçlarında kullanılan kazein, mükemmel akışkanlık özelliği sağlaması ve harcın kendini onarma performansını yükseltmesi gibi özellikleri nedeniyle diğer tüm süper plastikleştiricilerden üstün bulunmuştur(Bian, 2012: 53).

Doğal bir biyopolimer olan kazeinin kalitesi, sütün alındığı sığırın türüne, beslenme rejimine, çevresel faktörlere, üretim yöntemlerine göre çeşitlilik göstermektedir. Hang Bian kazein üzerine yaptığı çalışmada; dört farklı tipte Ardex GmbH (Witten/Germany) şirketinin ürettiği endüstriyel süper plastikleştirici kazein üzerine çeşitli analizler yapmış ve kimyasal içeriklerini ve özellikleri ayrıntılı olarak ortaya koymuştur. Bu çalışmada; κ-kazein %'sinin kazeinin süper plastikleştirici özellikleri için önemli olduğu ve κ-kazein %'si artıkça malzemenin dispersleme gücünün yükseldiği ortaya konmuştur. Bian 'ın metodu ile kazein ve kalitesi üzerine ayrıntılı bir kalite sınıflandırması yapılmış ve κ-kazein içeriği $>$6 % ve α/κ-kazein oranı <12 % olması halinde, yüksek kaliteli kazein olarak değerlendirilebileceği ayrıca κ-kazein içeriği 6%'nin altında ise veya α/κ -kazein oranı 12 %'den fazlaysa süper plastikleştirici olarak düşük performans göstermesinin veya hiç performans göstermemesinin beklenebileceği ortaya koyulmuştur. Ayrıca çimento bağlayıcılı zemin harçları içerisinde 0.24 wt% kazein oranın akışkanlık ve homojenlik için yeterli olduğu ve daha yüksek oranlarda kullanılması durumunda bu sistemlerde segregasyona neden olabileceği belirtilmiştir.(Bian,2012:104-111).

Peristrema enjeksiyon harçlarında kullanılan kazein, Amerika Birleşik Devletleri New York Eyaletinde bulunan Kremer Pigment Inc. Firmasından temin edilmiştir

(Çevirimiçi) http://kremerpigments.com/, 29.07.2014. New York' ta bulunan firma ise ürünü Kremer Pigmente GmbH & Co. Almanya'dan temin etmektedir[32].

Kremer Pigment Inc. geleneksel yöntemlere en yakın biçimde üretilen saf malzemeleri pazarlamasıyla ün yapmıştır. Peristrema enjeksiyon harçlarında reolojik özellikleri geliştirmek amacıyla Kremer firması tarafından üretilen *"63200 Kazein"* Peristrema enjeksiyon harçları karışımlarında reoloijk özellikleri geliştirmek için yapılan denemelerde en iyi sonucu vermiş ve uygun bulunmuştur. 63200 Kazein, ince öğütülmüş pudra halinde bir süt asididir. Ürünün firma tarafından sağlanan ürün enformasyonu şöyledir (Tablo 72). Firmanın sağladığı ürün enformasyonu yeterli bilgi sağlamamasının yanı sıra kazein 63200 viskozite testlerinde aranılan süper plastikleştirici özelliği stabil olarak ortaya koyması nedeniyle tercih edilmiştir.

6.2. Peristrema Enjeksiyon Harçlarının Performans Özellikleri ve Üretiminde Uygulanan Performans Testleri Sonuçları

Ihlara Vadisi Kaya Kiliseleri kireç bağlayıcılı duvar resimlerinin konservasyonu 9 farklı tipte enjeksiyon harcı üretilmiştir. Enjeksiyon harcının geliştirilmesi Amerika Birleşik Devletlerinin Los Angeles kentinde bulunan, Getty Konservasyon Enstitüsü Bilim Bölümü İnşaat Malzemeleri Laboratuarında Bilim Bölümü Başkanı Prof. Dr. Giacomo Chiari, Beril Bicer Şimşir ve Bilim Bölümü Genel Müdürü David Carson gözetiminde yapılmıştır. Getty Konservasyon Enstitüsü'nde sayısız bilim adamı üretim aşamasında her türlü bilimsel ve manevi desteklerini ve teşviklerini sunmuşlardır. Enjeksiyon harçlarının isimlendirmesi vadinin Bizans Dönemi'ndeki adından esinlenerek Peristrema olarak belirlenmiş ve enjeksiyon harçlarındaki performans farklılıklarının isme numara eklenmesiyle ayırt edilmesi sağlanmıştır. 8 farklı tipte enjeksiyon harcı üretilmiştir. Ihlara Vadisi duvar resimlerinin konservasyonu için üretilen enjeksiyon harçlarının özellikleri şu şekildedir.

[32] Kremer Pigmente GmbH & Co. KG: Hauptstrasse 41-47, D - 88317 Aichstetten Tel. +49 7565 914480 Fax. +49 7565 1606, www.kremer-pigmente.de, kremer-pigmente@t-online.de

- Peristrema Enjeksiyon harçları doğal hidrolik kireç bağlayıcılı (St. Astier NHL 3.5/2.5) ve ağırlıkça hafiftir (lightweight). Islak ağırlıkları ρ_{wet}**=1.14-1.42 g.cm^{-3}** arasında değişmektedir (Tablo 73).

- Orijinal malzeme ile reaksiyona girebilecek ya da bozulmaya neden olabilecek malzeme içermemektedir.

- Sıvı halde Peristrema enjeksiyon harçlarının final ayrışma miktarı (**%FB) "0.0"'dır.** Belirlenen limitler (%FB) "0.0"'dır (Tablo 74).

- Peristrema enjeksiyon harçlarının sıvı, katı ve prizlenme halinde genleşme miktarı **(%CE) "0.0"**'dır. Enjeksiyon harçlarında ideal limitler (%CE) "0.0" (Tablo 74).

- Peristrema enjeksiyon harçlarının su tutma kapasiteleri yüksektir, **%97.50-92.80** arasındadır (Tablo 75) (Grafik 42).

- Peristrema enjeksiyon harçları uygulama amacına yönelik olarak; sıva-sıva ve sıva-duvar arası bağlayıcılık sağlayan mikro enjeksiyon işlemleri için üretilenlerin enjekte edilebilirliği; **B/D**[33] **(□D_{50})**[34] ; **B/W**[35] **(E)** ya da **(F)** tir[36]. Sıva-sıva, sıva duvar arası geniş boşlukların ve makro duvar resmi çatlaklarının doldurulması için dizayn edilen enjeksiyon harçlarının **B/D (□D_{25})** ve **B/W (□D_{50})** üzerindedir (Tablo 76) (Grafik 5-6-7-8-9-10-11-12-13).

- Peristrema enjeksiyon harçlarının hacimsel değişimi %4.15 **($H^{D-4.15}$)** ile %3.2 arasındadır **($H^{D-3.02}$)**. Belirlenen limitler %4.0 **($H^{D-4.0}$)** (Tablo 77-10).

---

[33] B/D: Brick/dry, 2-4mm tuğla kırığı doldurulmuş ve sıvı absorbe **edilmemiş** kolon.
[34] Kolonda harcın yüksekliği (h) mm olarak kaydedilir (D_h)
[35] B/W:Brick/wet, 2-4mm tuğla kırığı doldurulmuş ve sıvı absorbe edilmiş kolon.
[36] Tuğla kırığının ağırlıkça 10 dakikada su emme kapasitesi w%12, tuğla kırığının ise w%30' dur. İki farklı su emme kapasitesine sahip malzeme ile testi gerçekleştirmek standart uygulamalar için üretilecek enjeksiyon harçlarında karşılaştırmalı veri elde etme olanağı sağlamaktadır. Ihlara Vadisi pilot yapılarında %P (porozite) yüksek ve bununla doğru orantılı olarak yüksek kütlece su emme potansiyelleri olduğundan, ağırlıkça su emme potansiyeli travertene göre yüksek olan (w%30), 2-4mm tuğla kırığı dolu kolon testlerde tercih edilmiştir.

- Peristrema enjeksiyon harçlarının Peristrema 3C hariç yarmada çekme dayanımının altı aylık testlerde **0.12-1.29 MPa** arasındadır. Bir yıllık testlerde ise **0.31-1.35 MPa** arasındadır. Peristrema 3C ise altı aylık testlerde **0.11 MPa**, bir yıllık testlerde ise **0.02 MPa** sonucu vermiştir (Tablo 78). Altı aylık sürede, yarmada çekme dayanımın düşmesi düşük doğal kireç miktarı yüksek bağlanma dayanıklılığı ile mikro uygulamalarda adezyon yapıcı olarak dizayn edilmiş enjeksiyon harcı olmasıdır. Peristrema 3C enjeksiyon harcı tüm dizayn edilen harçlar içinde en yüksek bağlanma dayanımına **(109kPa)** sahip harçtır (Tablo 78). Peristrema 1 harcının sonuçları ise diğer enjeksiyon harçlarına göre yüksektir bu enjeksiyon harcı duvar-sıva arası geniş ayrılmalarda kullanılmak üzere dizayn edilmiştir. Taşıyıcı duvarın yarmada çekme dayanımı **5.1 MPa** olduğundan bu enjeksiyon harcının mukavemeti düşük sıva ile mukavemeti yüksek taşıyıcı arasında denge sağlaması gereklidir. Genel uygulamalarda enjeksiyon yarmada çekme dayanımı limitleri: İki aylık testlerde 0.30-0.60 MPa; bir yıllık testlerde <1.5 MPa'dır.

- Peristrema enjeksiyon harçlarında su emme kapasitesi, **A[37]=0.004 g.cm^{-2}.s$^{-1/2}$** ile **0.006 g.cm^{-2}.s$^{-1/2}$** arasındadır (Tablo 79) (Grafik 34-35-36-37-38-39-40-41). Su emme kapasitesi limitleri genel uygulamalarda **A[38]=0.055 g.cm^{-2}.s$^{-1/}$2** ile **0.085 g.cm^{-2}.s$^{-1/2}$** arasında olmalıdır bunun sebebi nem ve su nedeniyle tetiklenebilecek kimyasal ve fiziksel bozulmaların oluşamaması içindir (Tablo 10). Ticari ve ticari olmayan enjeksiyon harçları içerisinde bu kadar düşük su emme kapasitesine sahip enjeksiyon harcı bulunmamaktadır. Bu enformasyon enjeksiyon harçlarının nem, su ve su nedeniyle meydana gelebilecek bozulmalardan (çözünebilir tuzların yol açtığı v.b.) Peristrema enjeksiyon harçlarının minimum seviyede etkileneceğini göstermektedir.

- Peristrema enjeksiyon harçları su buharı geçirgendir. Su buharı geçirgenliği çözünebilir tuzların ara katmanlarda kristalize olmasını engelleyerek nem ve tuzların taşınması yoluyla oluşabilecek bozulmaların engellenmesini sağlar. Orijinal materyal ile enjeksiyon harcının su buharı geçirgenliğinin uyumlu olması ise katmanları arasında su buharının bariyer yaratmasını engeller. Su buharı

[37] Su emme kapasitesi "**A**" ile gösterilir.(A: Absorbtion)
[38] Su emme kapasitesi "**A**" ile gösterilir.(A: Absorbtion)

geçirgenliğinde (WVP [39]) limit **WVP=9.0E-05 $g.Pa^{-1}.h^{-1}.m^{-1}$'ye eşit ya da WVP=9.0E-05 $g.Pa^{-1}.h^{-1}.m^{-1}$ 'den büyüktür** (Tablo 80).

- Peristrema enjeksiyon harçları ağırlıkça hafiftir; ρ_{wet}**=1.14-1.42** $g.cm^{-3}$ arasında değişmektedir. (Tablo 73) Enjeksiyon harçlarında genel sıvı hal ağırlık limiti, ρ_{wet}**= 1.14-1.89** $g.cm^{-3}$ arası olarak kabul edilmektedir.[40] ρ_{wet}**=1.14-1.42** $g.cm^{-3}$ arasında değişmektedir.

- Peristrema enjeksiyon harçlarının altı aylık testlerde bağlanma dayanımı **26-109 kPa** arasındadır. Belirlenen limit altı aylık bağlanma dayanımı testlerinde <350kPa'dır (Tablo 10-80).

- Peristrema enjeksiyon harçları, %40 RH'ta 21Cº'de, 48 saat içinde prizlenebilmektedir (Tablo 81).

Enjeksiyon harçlarının üretiminde ilk olarak malzeme seçimi önem kazanmaktadır. Enjeksiyon işlemi geri dönüşümsüz olduğundan üretimde kullanılan malzemelerin seçimi son derece önemlidir. Ayrıca malzemelerin kolay ulaşılabilir olması ve maliyetinin düşük olması da hedeflenmiştir. Enjeksiyon harcının dizayn edilme aşaması malzeme seçimi ve değerlendirilmesi, karışımların hazırlanması, kalite kontrollerinin yapılması ve performanslarının testlerle değerlendirilmesi ve hazırlama protokollerinin oluşturulması şeklinde olmuştur. Ihlara Vadisi duvar resimlerinin porozitesi ve hacimce su emme kapasiteleri yüksektir bunun yanı sıra sıva tabakalarının inceliği, üniform bir yüzey olmayışı ve sıva-duvar, sıva-sıva arası oluşan boşlukların inceliği ve duvar yüzeyindeki düzensizlikler nedeniyle sıva-duvar arası 1mm'den küçük tıkanma kalınlıklarına yol açması enjeksiyon harçlarının uygulanmasını imkansız hale getirmiştir. Günümüze kadar uygulanan enjeksiyon harçları içerisinde bölgede 1960 yıllardan beri çalışan duvar resmi konservatörlerinin genel görüşü uniform olmayan sıva-duvar arası boşluklara Kazein Harcı ve Bresciani Malta 6001 dışında herhangi bir harcın uygulanamamasıdır. Fakat bu enjeksiyon harçlarının performansları değerlendirilmiş ve Kazein Harcının (C1)

[39] Su Buharı geçirgenliği WVP ile gösterilir. (WVP: Water Vapour Permability)
[40] Islak ağırlık $\square_{wet}$ **($g.cm^{-3}$)** olarak gösterilir.

hacimsel değişiminin yüksek olması nedeniyle sıva-duvar arası boşlukları doldurmadığı tespit edilmiştir. Duvar arkasında rötre olan harç, sık ve düzensiz lokal tıkanma alanları oluşturmuştur. Bu sebeple yapılan perküsyon testlerinde duvar arkası dolu gibi (tok) ses vermesine rağmen aslında duvarın mukavemetini güçlendirmeyen geçici adezyon sağlayan bir uygulama olmanın ötesine geçememektedir. Enjeksiyon işlemi bir kerede en uzun süreli korumayı sağlayacak şekilde duvarın arkasındaki boşlukları tam olarak dolduracak şekilde yapılmalıdır. Aksi taktirde yeni oluşacak boşluklara tıkanma alanları oluşturması, ileride yapılacak enjeksiyon işlemini engellemesi ve zorlaştırması kaçınılmazdır. Bunun yanı sıra enjeksiyon harcının rötre yapması nedeniyle boş kalan alanlarda biyolojik, fiziksel ve kimyasal bozulmalar için uygun çevre oluşması gibi olumsuz etkiler engellenemez. Bresciani firmasının ürettiği enjeksiyon harçlarının ise performans testlerinde genleşmeye yol açtığı görülmektedir. Genleşmeye uğrayan bir harcın uygulanması son derece zordur. Harç sıvı halde iken uygulandığından ve prizlenme esnasında hacmi genişlediğinden kontrolü zordur ve istenmeyen sonuçlara neden olabilir. Bunun yanı sıra üretici firmaların ticari enjeksiyon harçlarında kullanılan malzemelerin içeriğini ayrıntılı olarak yayımlamaması etik yaklaşımdan uzaktır. Konservasyon biliminde içeriği bilinmeyen bir harcın uygulanması bilimsel bir uygulamadan uzak bir yaklaşımdır. İstenmeyen sonuçlara neden olabilir ve konservasyonun amacı olduğu gibi muhafaza etmek olduğundan bozulmaya neden olabilecek herhangi bir uygulama ile ilgili risk alınmamalıdır. Bir enjeksiyon harcının uygulanabilir olması "ideal" olduğunun göstergesi değildir. İdeal harç; duvar -sıva arasındaki boşlukları mikro ve makro çatlakları herhangi bir bozulmayı tetiklemeyecek şekilde dolduran yapı malzemesi ile mekanik olarak uyumlu, stabil, inert ve en uzun süreli korumayı sağlayan harç olmalıdır. Ayrıca ticari enjeksiyon harçlarının uygulanmasında diğer bir olumsuz durum firmaların harcın su miktarını uygulayıcının inisiyatifine bırakmalarıdır. Enjeksiyon harcının tüm reolojik özelliklerini ve dolayısıyla tüm performans özelliklerini etkileyebilecek bir maddenin uygulayıcının inisiyatifine bırakılması kabul edilemez bir durumdur. Bu durum firmaların yayımladığı tüm analiz sonuçlarını geçersiz kılmaktadır. Su miktarı bir harcın tüm performans özelliklerini etkiler. Harcın hazırlanma aşamasında tüm aşamalar hazırlanan standarda uygun olarak yapılmalıdır. Tartımdan karıştırma hızına her aşama, aynı standarda uygun olarak yapılmalıdır. Ayrıca malzemelerin

uygulama aşamasında karşılaşılan zorluklar raporlanmalıdır. Raporlarda yer alan bilgiler malzemelerin modifikasyonunda son derece değerli bilgilerdir.

Peristrema enjeksiyon harçlarının performans değerlendirilmesi toplamda iki yıl süren sıvı, prizlenme ve katı halde yapılan performans testleri ile gerçekleştirilmiştir. Analiz ve test sonuçları harçların performansları ile ilgili geniş bir enformasyon sağlamaktadır.

6.3. Peristrema Enjeksiyon Harçlarının Formülasyonu, Performans Özellikleri ve Hazırlama Prosedürleri

Ihlara Vadisi Kireç Bağlayıcılı Duvar Resimlerinin Korunması için GCI laboratuarlarında Beril Biçer Simşir gözetiminde 2012 yılında şahsen geliştirdiğim 8 adet kireç bağlayıcılı enjeksiyon harçlarının formülasyonu ve performans özellikleri tablolarda gösterilmiştir (Tablo 83-90). Enjeksiyon harçları adını, Ihlara Vadisi'nin Bizans Dönemi'nde adı olan Peristrema'dan almıştır.

TABLO 83: PERISTREMA-1 FORMÜLASYONU HAZIRLAMA PARAMETRELERİ PERFORMANS ÖZELLİKLERİ

TABLO 83: PERISTREMA-1 FORMÜLASYONU HAZIRLAMA PARAMETRELERİ PERFORMANS ÖZELLİKLERİ					
FORMÜLASYONU					
NATUREL KİREÇ BAĞLAYICI (g)	**AGREGALAR/DOLGULAR (g)**				
St. Astier/ NHL 3.5	Royal Inc./ FILLITE 106	U.S. SILICA Inc/ SIL-KO-SIL 52.	U.S. SILICA Inc/. MIN-U-SIL 15	Royal Inc./ ROY-CAL-H	
200 g	50 g	65 g	-	-	
H_2O (g)	**KATKI MADDELERİ (g)**				
200 g	The Dow Chemical Com./ CELLOSIZE™ ER 15M HEC -		Kremer Pigment Inc. / KAZEIN 63200 6g		
KARIŞTIRMA HIZI (rpm)		**KARIŞTIRMA SÜRESİ (dk)**			
200 rpm		5 (dk)			
PERFORMANS ÖZELLİKLERİ					
%CE	**%FB**	**%$H^{\pm D}$**	**%WRV**	**ENJEKTE EDİLEBLİRLİK** Kolon Adı (Klasifikasyon)	
0.0	0.0	-3.27	92.80	B/W	B/D
				D_{75}	D_{27}
YARMADA ÇEKME DAYANIMI (MPa)		**BAĞLANMA DAYANIKLILIĞI (kPa)**	**DANSİTE ($g.cm^{-3}$)**		
			Sıvı Halde	**Kuru Halde**	
6 AYLIK	1 YILLIK	6 AYLIK	1,21	0,94	
1,29 MPa	1,35 MPa	26 kPa			
A ($g.cm^{-2}.s^{-0.5}$)	**WVP ($g.Pa^{-1}.h^{-1}.m^{-1}$)**	**ÇÖZÜNEBİLİR TUZ MİKTARI (Meg/100g)**			
0,004	F	**Na^+**	**K^+**	**Ca^{2+}**	**Cl^-**	**NO_3^-**	**SO_4^{2-}**
		1	7	316	0	0	8

TABLO 84: PERISTREMA-3C FORMÜLASYONU HAZIRLAMA PARAMETRELERİ PERFORMANS ÖZELLİKLERİ

TABLO 84: PERISTREMA-3C FORMÜLASYONU HAZIRLAMA PARAMETRELERİ PERFORMANS ÖZELLİKLERİ												
FORMÜLASYONU												
NATUREL KİREÇ BAĞLAYICI (g)	**AGREGALAR/DOLGULAR (g)**											
St. Astier/ NHL 2.0	Royal Inc./ FILLITE 106		U.S. SILICA Inc/ SIL-KO-SIL 52.		U.S. SILICA Inc/. MIN-U-SIL 15		Royal Inc./ ROY-CAL-H					
54 g	18.75 g		21.57 g		-		-					
H_2O (g)	**KATKI MADDELERİ (g)**											
73.63 g	The Dow Chemical Com./ CELLOSIZE™ ER 15M HEC 0.7 g				Kremer Pigment Inc. / KAZEIN 63200 5 g							
KARIŞTIRMA HIZI (rpm)					**KARIŞTIRMA SÜRESİ (dk)**							
470 rpm					5 (dk)							
PERFORMANS ÖZELLİKLERİ												
%CE	**%FB**	**%$H^{\pm D}$**	**%WRV**		**ENJEKTE EDİLEBLİRLİK** Kolon Adı (Klasifikasyon)							
					B/W		B/D					
0.0	0.0	-4.15	95.60		E		D_{175}					
YARMADA ÇEKME DAYANIMI (MPa)					**BAĞLANMA DAYANIKLILIĞI (kPa)**		**DANSİTE ($g.cm^{-3}$)**					
							Sıvı Halde	**Kuru Halde**				
6 AYLIK	1 YILLIK				6 AYLIK		1,14	0,86				
0,11 **MPa**	**0,02 MPa**				**109 kPa**							
A ($g.cm^{-2}.s^{-0.5}$)	**WVP ($g.Pa^{-1}.h^{-1}.m^{-1}$)**				**ÇÖZÜNEBİLİR TUZ MİKTARI (Meg/100g)**							
					Na^+	**K^+**	**Ca^{2+}**	**Cl^-**	**NO_3^-**	**SO_4^{2-}**		
0,005	4,77E-05				1	2	613	1	0	4		

TABLO 85: PERISTREMA-5A FORMÜLASYONU HAZIRLAMA PARAMETRELERİ PERFORMANS ÖZELLİKLERİ

TABLO 85: PERISTREMA-5A FORMÜLASYONU HAZIRLAMA PARAMETRELERİ PERFORMANS ÖZELLİKLERİ												
FORMÜLASYONU												
NATUREL KİREÇ BAĞLAYICI (g)	**AGREGALAR/DOLGULAR (g)**											
St. Astier/ NHL 2.0	Royal Inc./ FILLITE 106		U.S. SILICA Inc/ SIL-KO-SIL 52.		U.S. SILICA Inc/. MIN-U-SIL 15		Royal Inc./ ROY-CAL-H					
200 g	-		-		-		-					
H_2O (g)	**KATKI MADDELERİ (g)**											
194 g	The Dow Chemical Com./ CELLOSIZE™ ER 15M HEC 1 g				Kremer Pigment Inc. / KAZEIN 63200 11 g							
KARIŞTIRMA HIZI (rpm)					**KARIŞTIRMA SÜRESİ (dk)**							
MANUEL					(10 dk)							
PERFORMANS ÖZELLİKLERİ												
%CE	**%FB**	**$\%H^{\pm D}$**	**%WRV**		**ENJEKTE EDİLEBLİRLİK** Kolon Adı (Klasifikasyon)							
0.0	0.0	-3.81	96.80		B/W		B/D					
					E		D_{27}					
YARMADA ÇEKME DAYANIMI (MPa)					**BAĞLANMA DAYANIKLILIĞI (kPa)**		**DANSİTE ($g.cm^{-3}$)**					
							Sıvı Halde	**Kuru Halde**				
6 AYLIK	1 YILLIK				6 AYLIK		1,30	0,88				
0,12 MPa	0,39 MPa				24 kPa							
A ($g.cm^{-2}.s^{-0.5}$)	**WVP ($g.Pa^{-1}.h^{-1}.m^{-1}$)**				**ÇÖZÜNEBİLİR TUZ MİKTARI (Meg/100g)**							
					Na^+	**K^+**	**Ca^{2+}**	**Cl^-**	**NO_3^-**	**SO_4^{2-}**		
0,005	5,65E-05				2	6	687	1	2	5		

TABLO 86: PERISTREMA-6 FORMÜLASYONU HAZIRLAMA PARAMETRELERİ PERFORMANS ÖZELLİKLERİ

TABLO 86 : PERISTREMA-6 FORMÜLASYONU HAZIRLAMA PARAMETRELERİ PERFORMANS ÖZELLİKLERİ

FORMÜLASYONU				
NATUREL KİREÇ BAĞLAYICI (g)	AGREGALAR/DOLGULAR (g)			
St. Astier/ NHL 2.0	Royal Inc./ FILLITE 106	U.S. SILICA Inc/ SIL-KO-SIL 52.	U.S. SILICA Inc/. MIN-U-SIL 15	Royal Inc./ ROY-CAL-H
200 g	-	-	60 g	-
H_2O (g)	KATKI MADDELERİ (g)			
200 g	The Dow Chemical Com./ CELLOSIZE™ ER 15M HEC 2 g		Kremer Pigment Inc. / KAZEIN 63200 11 g	
KARIŞTIRMA HIZI (rpm)		KARIŞTIRMA SÜRESİ (dk)		
234 rpm		10 (dk)		

PERFORMANS ÖZELLİKLERİ					
%CE	%FB	$\%H^{\pm D}$	%WRV	ENJEKTE EDİLEBİLİRLİK Kolon Adı (Klasifikasyon)	
				B/W	B/D
0.0	0.0	-3.56	97.50	F	D_{55}

YARMADA ÇEKME DAYANIMI (MPa)		BAĞLANMA DAYANIKLILIĞI (kPa)	DANSİTE ($g.cm^{-3}$)	
			Sıvı Halde	Kuru Halde
6 AYLIK	1 YILLIK	6 AYLIK	1,28	0,89
0,15 MPa	0,33 MPa	30 kPa		

A ($g.cm^{-2}.s^{-0.5}$)	WVP ($g.Pa^{-1}.h^{-1}.m^{-1}$)	ÇÖZÜNEBİLİR TUZ MİKTARI (Meg/100g)					
		Na^+	K^+	Ca^{2+}	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}
0,004	5,65E-05	2	6	766	0	0	5

TABLO 87: PERISTREMA-7 FORMÜLASYONU HAZIRLAMA PARAMETRELERİ PERFORMANS ÖZELLİKLERİ

TABLO 87: PERISTREMA-7 FORMÜLASYONU HAZIRLAMA PARAMETRELERİ PERFORMANS ÖZELLİKLERİ

FORMÜLASYONU				
NATUREL KİREÇ BAĞLAYICI (g)	AGREGALAR/DOLGULAR (g)			
St. Astier/ NHL 2.0	Royal Inc./ FILLITE 106	U.S. SILICA Inc/ SIL-KO-SIL 52.	U.S. SILICA Inc/. MIN-U-SIL 15	Royal Inc./ ROY-CAL-H
200 g	-	-	100	-
H_2O (g)	KATKI MADDELERİ (g)			
225.236 g	The Dow Chemical Com./ CELLOSIZE™ ER 15M HEC 2 g		Kremer Pigment Inc. / KAZEIN 63200 11 g	
KARIŞTIRMA HIZI (rpm)		KARIŞTIRMA SÜRESİ (dk)		
180 rpm		7(dk)		

PERFORMANS ÖZELLİKLERİ										
%CE	%FB	$\%H^{\pm D}$	%WRV	ENJEKTE EDİLEBLİRLİK Kolon Adı (Klasifikasyon)						
0.0	0.0	-3.12	96.70	B/W: E	B/D: D_{32}					
YARMADA ÇEKME DAYANIMI (MPa)				BAĞLANMA DAYANIKLILIĞI (kPa)	DANSİTE ($g.cm^{-3}$)					
					Sıvı Halde	Kuru Halde				
6 AYLIK	1 YILLIK			6 AYLIK	1,42	1,0				
0,18 MPa	0,34 MPa			39 kPa						
A ($g.cm^{-2}.s^{-0.5}$)	WVP ($g.Pa^{-1}.h^{-1}.m^{-1}$)	ÇÖZÜNEBİLİR TUZ MİKTARI (Meg/100g)								
0,004	5,20E-05	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}			
		1	4	752	0	0	5			

TABLO 88: PERISTREMA-8 FORMÜLASYONU HAZIRLAMA PARAMETRELERİ PERFORMANS ÖZELLİKLERİ

TABLO 88: PERISTREMA-8 FORMÜLASYONU HAZIRLAMA PARAMETRELERİ PERFORMANS ÖZELLİKLERİ

FORMÜLASYONU				
NATUREL KİREÇ BAĞLAYICI (g)	AGREGALAR/DOLGULAR (g)			
St. Astier/ NHL 2.0	Royal Inc./ FILLITE 106	U.S. SILICA Inc/ SIL-KO-SIL 52.	U.S. SILICA Inc/. MIN-U-SIL 15	Royal Inc./ ROY-CAL-H
200 g	-	-	-	60 g
H_2O (g)	KATKI MADDELERİ (g)			
234 g	The Dow Chemical Com./ CELLOSIZE™ ER 15M HEC 2 g		Kremer Pigment Inc. / KAZEIN 63200 11 g	
KARIŞTIRMA HIZI (rpm)		KARIŞTIRMA SÜRESİ (dk)		
MANÜEL		10 (dk)		

PERFORMANS ÖZELLİKLERİ											
%CE	%FB	$\%H^{\pm D}$	%WRV	ENJEKTE EDİLEBLİRLİK Kolon Adı (Klasifikasyon)							
0.0	0.0	-4.17	94.70	B/W: E				B/D: D_{95}			
YARMADA ÇEKME DAYANIMI (MPa)				BAĞLANMA DAYANIKLILIĞI (kPa)				DANSİTE ($g.cm^{-3}$)			
								Sıvı Halde		Kuru Halde	
6 AYLIK	1 YILLIK			6 AYLIK				1,34		0,94	
0,12 MPa	0,31 MPa			38 kPa							
A ($g.cm^{-2}.s^{-0.5}$)	WVP ($g.Pa^{-1}.h^{-1}.m^{-1}$)			ÇÖZÜNEBİLİR TUZ MİKTARI (Meg/100g)							
				Na^+	K^+	Ca^{2+}	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}		
0,004	5,94E-05			1	2	678	2	1	5		

TABLO 89: PERISTREMA-2 FORMÜLASYONU HAZIRLAMA PARAMETRELERİ PERFORMANS ÖZELLİKLERİ

TABLO 89: PERISTREMA-2 FORMÜLASYONU HAZIRLAMA PARAMETRELERİ PERFORMANS ÖZELLİKLERİ

FORMÜLASYONU				
NATUREL KİREÇ BAĞLAYICI (g)	AGREGALAR/DOLGULAR (g)			
St. Astier/ NHL 2.0	Royal Inc./ FILLITE 106	U.S. SILICA Inc/ SIL-KO-SIL 52.	U.S. SILICA Inc/. MIN-U-SIL 15	Royal Inc./ ROY-CAL-H
200 g	50 g	65 g	-	-
H_2O (g)	KATKI MADDELERİ (g)			
212.81 g	The Dow Chemical Com./ CELLOSIZE™ ER 15M HEC 1.5 g		Kremer Pigment Inc. / KAZEIN 63200 6 g	
KARIŞTIRMA HIZI (rpm)		KARIŞTIRMA SÜRESİ (dk)		
672 rpm		5 (dk)		

PERFORMANS ÖZELLİKLERİ											
%CE	%FB	$\%H^{\pm D}$	%WRV	ENJEKTE EDİLEBLİRLİK Kolon Adı (Klasifikasyon)							
0.0	0.0	-3.04	95.90	B/W				B/D			
				D_{175}				D_{57}			
YARMADA ÇEKME DAYANIMI (MPa)				BAĞLANMA DAYANIKLILIĞI (kPa)				DANSİTE ($g.cm^{-3}$)			
								Sıvı Halde		Kuru Halde	
6 AYLIK	1 YILLIK			6 AYLIK				1,22		0,87	
0,38 MPa	0,56 MPa			65 kPa							
A ($g.cm^{-2}.s^{-0.5}$)	WVP ($g.Pa^{-1}.h^{-1}.m^{-1}$)			ÇÖZÜNEBİLİR TUZ MİKTARI (Meg/100g)							
0,004	4,39E-05			Na^+	K^+	Ca^{2+}	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}		
				3	11	668	0	0	4		

TABLO 90: PERISTREMA-1H FORMÜLASYONU HAZIRLAMA PARAMETRELERİ PERFORMANS ÖZELLİKLERİ

TABLO 90: PERISTREMA-1H FORMÜLASYONU HAZIRLAMA PARAMETRELERİ PERFORMANS ÖZELLİKLERİ												
FORMÜLASYONU												
NATUREL KİREÇ BAĞLAYICI (g)	**AGREGALAR/DOLGULAR (g)**											
St. Astier/ NHL 3.5	Royal Inc./ FILLITE 106		U.S. SILICA Inc/ SIL-KO-SIL 52.		U.S. SILICA Inc/. MIN-U-SIL 15		Royal Inc./ ROY-CAL-H					
200 g	50 g		65 g		-		-					
H_2O (g)	**KATKI MADDELERİ (g)**											
211.34 g	The Dow Chemical Com./ CELLOSIZE™ ER 15M HEC 1.5 g				Kremer Pigment Inc. / KAZEIN 63200 6 g							
KARIŞTIRMA HIZI (rpm)					**KARIŞTIRMA SÜRESİ (d)**							
460 rpm					5 (dk)							
PERFORMANS ÖZELLİKLERİ												
%CE	**%FB**	**%$H^{\pm D}$**	**%WRV**		**ENJEKTE EDİLEBLİRLİK** Kolon Adı (Klasifikasyon)							
0.0	0.0	-3.02	94.80		B/W		B/D					
					E		D_{55}					
YARMADA ÇEKME DAYANIMI (MPa)					**BAĞLANMA DAYANIKLILIĞI (kPa)**		**DANSİTE ($g.cm^{-3}$)**					
							Sıvı Halde	**Kuru Halde**				
6 AYLIK	1 YILLIK				6 AYLIK		1,22	0,87				
0,84 MPa	0,93 MPa				50 kPa							
A ($g.cm^{-2}.s^{-0.5}$)	**WVP ($g.Pa^{-1}.h^{-1}.m^{-1}$)**				**ÇÖZÜNEBİLİR TUZ MİKTARI (Meg/100g)**							
0,006	4,12E-05				**Na^+**	**K^+**	**Ca^{2+}**	**Cl^-**	**NO_3^-**	**SO_4^{2-}**		
					2	9	200	0	0	6		

Peristrema enjeksiyon harçları sekiz adet, farklı uygulamalarda kullanılmak üzere, Ihlara Vadisi Kireç Bağlayıcılı duvar Resimleri için formüle edilmiş olup yapım tekniği, mekanik, fiziksel, kimyasal özellikleri, bozulma durumu ve %RH ve Cº ,

duvar nemi ve Cº enformasyonları benzer olan kireç bağlayıcılı duvar resimlerinin konservasyonunda kullanılabilir. Harçların tamamı yüksek absorvatif medyaya sahip mekanik dayanımı ve %RH değeri düşük, sıva tabakalarında adezyon kaybı olan kireç bağlayıcılı duvar resimleri için formüle edilmiştir.

Peristrema-1, Peristrema-1H enjeksiyon harçları sıva duvar ve sıva-sıva arasındaki geniş boşlukların doldurulması için dizayn edilmiştir. Peristrema-2 enjeksiyon harcı basınç dayanımı düşük olarak dizayn edilmiştir ve kohezyon kaybı olan ve mekanik dayanımı zayıf duvar-sıva ve sıva-sıva arası büyük boşluk ve ayrılmalarda kullanımı önerilmektedir. Peristrema-3C basınç dayanımı oldukça (0.02 MPa) düşük fakat bağlanma dayanımı yüksek (109 kPa) olacak şekilde noktasal (max. 1±5 cm) lokasyonlarda düşmek üzere olan sıva parçalarının acil adezyon kaybının giderilmesi amacıyla dizayn edilmiştir.

Peristrema-6, Peristrema-7 genel olarak tüm sıva-duvar ve sıva-sıva arası çok geniş olmayan boşluk ayrılma ve çatlaklarda konsolidasyon sağlamak üzere dizayn edilmiştir. Peristrema-8 mikro çatlak, dairesel ve dikey ayrılmalarda yüksek akışkanlık özelliği ile kullanılabilir. Peristrema-5A sıva-sıva ve sıva duvar arası çok geniş olmayan boşluklarda kullanılması önerilmektedir. Tüm harçların akışkanlık özellikleri yüksek olduğundan uygulama esnasında enjeksiyon işleminin yapılacağı yuva hariç, enjeksiyon harcının uygulanacağı noktaya dikey açı ile üstten hava çıkışı sağlanabilecek açıklık olmasına dikkat edilmelidir. Aksi taktirde duvar içerisinde hapsolan hava basınç oluşturarak enjeksiyon harcını yer çekiminine ters istikamette iterek enjekte edildiği noktadan akışkanlığa direnç davranışı gösterecek ve enjektörün çekilmesiyle harç enjeksiyon noktasından dışarı akacaktır. Porozitesi yüksek orijinal malzemelerde viskositesi düşük enjeksiyon harçlarıyla çalışırken dikkat edilmesi gereken hususlar bu şekildedir.

Peristrema Harçların formülasyonu hazırlama prosedürleri ve performans özellikleri her enjeksiyon harcı için ayrı tablolar haline gösterilmiştir (Tablo 83-90). Harçların hazırlanmasında bu prosedürlerin dışında yapılan her hangi bir uygulama ya da malzemelerin temin edildiği firma dışında aynı adla temin edilen herhangi bir ürün harcın tüm performans özelliklerini etkileyecektir. Bu nedenle harçların hazırlanması aşamasında prosedürlere bire bir olarak uyulması gerekmektedir. Peristrema

enjeksiyon harçlarının, sahada hazırlanma aşamasında dikkat edilmesi gereken hususlar şunlardır;

- Peristrema enjeksiyon harçlarında tüm ölçümler daima gram cinsinden prosedürdeki miktara uygun olarak yapılmalıdır. Stabil, kalibrasyonu düzenli olarak yapılan 0.001 g/0.01g tartı ile malzemelerin gram cinsinden tartılması gerekmektedir. Kullanılan malzemelerdeki eser miktarda değişim tüm performans özelliklerini etkilemektedir.

- Tartım ve malzemenin saklanması için kullanılacak kaplarda kontaminasyona neden olabilecek herhangi bir artık madde bulunmamalıdır. Tartım esnasında kullanılan tüm kaplar yüksek alkali ortamdan etkilenmeyecek ve hava almayacak şekilde kapaklı olmalı ve tartım öncesinde distile su ile yıkanarak asitsiz havlu kağıtla kurulanmalıdır. Toz kazeinin tartımı esnasında metal spatula kullanılmaması tavsiye edilir. Kazein kuru haldeyken metallerle temasa geçtiğinde elektrostatik çekim oluşmaktadır.

- Her malzemenin tartımı ayrı alınmalı ve tüm kuru malzeme alkali ortamdan etkilenmeyecek kapaklı bir kaba alınarak iyice karıştırılmalıdır. Peristrema enjeksiyon harçlarının kuru olarak karıştırılmasında önce natürel hidrolik bağlayıcı kireç (NHL 2.0/NHL 3.5) ardından dolgu-agrega (Fillite106/ Roy-Cal-H/ MIN-U-SIL/SIL-KO-SIL) ve son olarak katkı malzemeleri Kazein ve HEC'in eklenmesi tavsiye edilir. Karıştırılmış kuru malzeme hava almayacak kaplarda araziye taşınabilir.

- Tüm karışımlarda distile su kullanılmalıdır. Arazide kullanılan distile suyun tuzluluk değerinin kondaktometre ile kontrol edilmesi önemlidir. Ağırlık cinsinden ölçülen su buharlaşma olmayacak şekilde kapalı cam bir kaba alınarak araziye taşınabilir.

- Su kuru malzemeye aşamalı olarak eklenmelidir. Peristrema enjeksiyon su ile karıştırılmasında Cafromo BDC 3030 Stirrer ve manuel karışımlarda yüksek alkalilerden etkilenmeyen plastik spatula kullanılmıştır. Cafromo BDC 3030 karıştırıcı harçta hibbelenmeyi önlemektedir, farklı bir marka karıştırıcı

kullanılacaksa prosedüre önerilen karıştırma hızlarına çıkabilen ve harçta hibbelenmeye yol açmayacak bir karıştırıcı alet seçilmesi son derece önemlidir. Karıştırma esnasında hibbe oluşması gözenekli bir enjeksiyon harcı elde etmemize neden olur ve bu da tüm performans özelliklerini etkiler. Karıştırma hızı ve tekniği malzemenin performans özelliklerini etkilediğinden tüm prosedüre aynen uyulmalıdır. Karıştırma saat yönünde yapılmalı ve tüm malzeme iyi bir şekilde karıştırılmalıdır. Prosedürlerde önerilen karıştırma hızı şekli ve süresi diğer prosedürde belirtilen tüm özellikler gibi GCI laboratuarlarında %40-60 RH ve 21 Cº de uzun çalışmaların sonucunda belirlenmiş, tüm malzemenin ideal karışıma ulaşma hızı ve süresidir. Arazide ve ortamdaki sıcaklık ve %RH durumuna göre karıştırma hızı ve süresi farklılık gösterebilir.

- Peristrema enjeksiyon harçları sıvı halde karıştırıldıktan sonra stabil olduğundan segregasyona ya da ayrışmaya uğramayacak ve viskozitesinin düşmesi için tekrar karıştırmaya gerek olmayacaktır. Segregasyon, ayrışma oluşması katkı malzemelerinin (HEC-Kazein) ya da su miktarının yanlış ölçüldüğünü göstermektedir ve bu gibi durumlarda malzeme tekrar hazırlanmalıdır. Arazi şartlarında sıcaklık ve %RH'a bağlı hızlı kurumadan etkilenmemeleri için yüksek alkali ortamdan etkilenmeyen, kapalı kaplarda muhafaza edilerek kullanılmalıdır.

- Harçların enjekte edilmesi aşamasında mikro uygulamalarda 5ml'lik enjektör ve makro uygulamalarda 20ml enjektör 14 numara kanül ile uygulanabilir. Peristrema-8 enjeksiyon harcı 3ml enjektör ve 14 numaralı kanül ile uygulanması tavsiye edilmektedir. Plastik enjektörler alkali ortamda hızlıca aşınmaya uğradığından, kireç bağlayıcılı enjeksiyon harçlarının uygulanmasında tek kullanımlık olarak kullanılmalıdırlar.

- Enjeksiyon işlemi yapıldığı düzlem ve boylama göre uygulayıcı konservatörün inisiyatifinde olduğundan kullanıcı konservatörün tecrübesine bırakılmıştır.

- Enjeksiyon harcının karıştırılması esnasında arazi şartlarında hata yapılma olasılığı yüksek olduğundan, hazırlanan harcın kalite kontrollerinin yapılması gereklidir fakat kalite kontrol protokollerinin hiçbir zaman laboratuarda yapılan performans testleriyle elde edilen enformasyonu sağlamayacağı göz önünde

bulundurulmalıdır. Kireç bağlayıcılı enjeksiyon harçlarında saha kalite kontrol testleri prosedürleri için bkz. (Şimşir, Rainer: 2013:69-98).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Nevşehir İli Göreme İlçesi, T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Göreme Açık Hava Müzesi'nde Bizans Dönemi kireç bağlayıcılı duvar resmi bulunan Kiliselerde 1973 yılından bu yana ICCROM ve TC. Kültür ve Turizm Bakanlığı Müzeler Müdürlüğü'nün ortaklaşa yürüttüğü duvar resmi koruma çalışmaları esnasında kullanılan enjeksiyon harçları ve terkipleri yazılı olarak 1973 yılından bu yana raporlanmıştır. Göreme Açık Hava Müzesi'nde bulunan duvar resimleri ile Ihlara Vadisi'nde bulunan Bizans Dönemi kireç bağlayıcılı duvar resimleri; yapım tekniği açısından benzerlik göstermektedir. Bu nedenle, Nevşehir İli T.C Kültür ve Turizm Bakanlığı Göreme Açık Hava Müzesi Bizans Dönemi Kiliseleri'nde günümüze dek yapılan ve resmi olarak raporlanmış konservasyon uygulamaları ve bölgede konservatörlerden oluşan bir heyetle gözleme dayanarak yaptığımız saha araştırmaları referans alınarak, benzer özellikte olan ve konservasyon uygulaması yapılmamış Aksaray İli Güzelyurt İlçesi T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Ihlara Vadisi Açık Hava Müzesi Bizans Dönemi Kiliseleri, çalışma alanı olarak seçilmiştir. Ihlara Vadisi boyunca ve çevresinde yer alan 105 adet Kilise içerisinde, Göreme Açık Hava Müzesinde yer alan Bizans Dönemi kireç bağlayıcılı duvar resmi bulunduran, konservasyon uygulaması yapılmış ve yapım tekniği bu kiliselilerle benzerlik gösteren üç adet kireç bağlayıcılı Bizans Dönemi Kilisesi, pilot çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Bu kiliseler; Bahattin Samanlığı Kilisesi, Direkli Kilise ve Saint George (Kırkdamaltı Kilisesi) kiliseleridir.

Ihlara Vadisi Saint George, Bahattin Samanlığı ve Direkli Kilisesinde duvar resmi taşıyıcısı ve sıva tabakalarının statigrafisi ve karakterizasyonunun belirlenmesinde ESEM-EDX **(Philips-FET XL 3D-ESEM-FEG OXFORD X MAX80mm^2 Xray Detector/ INCA software)** , XRD (X Ray Diffraction/ X Işınımı Kırınımı), XRF (X Ray Fluorescence/ X-Işınları Floresans Spektrumu), XRD-XRF ve FTIR (Fourier Transform aletli analiz metotları ve Asitle Muamele, Kızdırma Kaybı, Jeolojik İnceleme (ince ve çapraz kesit) test metotları kullanılmıştır

Duvar resimlerinin bozulmasına neden olan kimyasal, fiziksel ve biyolojik etkenlerin saptanması. Nem kaynakları, tuz hareketleri, biyolojik bozulmanın tespiti higrometre, protimetre, kondaktometre, ESEM-EDX, IC İyon Kromotografisi, basit spot test yöntemleri kullanılmıştır.

Uygulama aşaması yukarıda anlatıldığı gibi gerçekleştirilen Ihlara Vadisi Direkli Kilise, Bahattin Samanlığı Kilisesi ve Saint George Kilisesi Kızdırma Kaybı Tayini ve Asitle Reaksiyona girmeyen agregaların analiz verilerinin karşılaştırmalı sonucu şu şekildedir (Tablo- 26-27).

Direkli Kilise duvar resmi sıva örneklerinin %$CaCO_3$ oranı % 61,78-69,64 arasındadır. İçerikte büyükten küçüğe doğru belirlenen agregalar; feldspat, volkanik kayaç parçaları, siyah cüruf, kuvartz, muskovit, biyotit ve microclinedir. Genel agrega tanımı köşeli, 1mm elek altı krem beyaz renkli feldspat ağırlıklı volkanik kayaç parçaları olup, ortalama %5-7 oranında saman katkı içermektedir. Direkli Kilise sıva örneklerinin içerikleri birbirleriyle benzer özellikte olup DK-5 ve DK-6 2500 µ'luk elekten geçen agregalar bulundurmaktadır. Asitte kalan miktarının %16,11-21,44 arasında değişmesi ve %$CaCO_3$ oranının % 61,78-69,64 arasında olması HCL asitte kaybolan agrega ya da katkı maddeleri olduğunu düşündürmektedir (Tablo 26-27).

Bahattin Samanlığı Kilisesi kızdırma kaybı tayini sonuçlarına göre %$CaCO_3$ oranı % 80,83-70.29 arasındadır. BHT-2 örneği iki katmanlı olup A-B olarak katmanlarına göre ayrılmıştır. BHT-2A sıva BHT 2B örneği ise taşıyıcı duvar katmanı içermektedir ve bu sebeple %$CaCO_3$ oranı 1.83'tür. Asitte kalan %96,60 olup 8mm elek altı kuvartz ve feldspat ağırlıklıdır. Taşıyıcının içeriğinde görülen agregalar köşeli olup büyükten küçüğe doğru feldspat, kuvartz, volkanik kayaç parçaları, siyah cüruf, biyotit, muskovit ve microclinedir. Bu veri kilisenin iç kısmının oyulması sırasında çıkan ignimbiritin öğütülüp 1-2.5 mm elekten geçirilerek kullanıldığını akla getirmektedir. Sıva içeriğinde büyükten küçüğe doğru belirlenen agregalar; feldspat, volkanik kayaç parçaları, kuvartz, biyotit ve muskovittir. Genel agrega tanımı köşeli, 1mm elek altı devetüyü renkli feldspat ağırlıklı volkanik kayaç parçalarıdır ve ortalama %35-40 oranında saman katkı içermektedir. Bahattin Samanlığı duvar resmi sıva örneklerinin içerikleri birbirleriyle benzer özellikte olup BHT 4 örneği 5000 µ'luk elekten geçen BHT-2A ise 2500 µ'luk elekten geçen agregalar ihtiva etmektedir (Tablo 26-27).

Saint George (Kırkdamaltı) Kilisesi'nin ise SNG-5 örneği içerik olarak farklıdır ve ayrıca değerlendirilecektir. Diğer örnekler benzer içerikte olup %$CaCO_3$ oranı 43,01-

63,17 arasındadır. İçerikte büyükten küçüğe doğru belirlenen agregalar; volkanik kayaç parçaları, kuvartz, feldspat siyah cüruf, biyotittir. Genel agrega tanımı köşeli, 2mm elek altı açık devetüyü renkli volkanik kayaç parçaları olup, ortalama %2-3 oranında saman katkı içermektedir. SNG-3 örneğinde organik katkı maddesi, saman, bulunmamaktadır. SNG-5 örneği ise analiz sonuçlarına göre diğer sıva örneklerinden farklılık göstermektedir; %$CaCO_3$ oranı 45.60'tır ve agregaları köşelidir ve volkanik kayaç parçaları, kuvartz, feldspat, demir oksit, siyah cüruf, biyotitt, muscovit ve microcline gözlemlenmiştir. Demir oksitin varlığı kontaminasyondan kaynaklı olabileceği gibi, katkı ya da bağlayıcı olarak kil kullanıldığını düşündürmektedir. %5-10 arasında kil içerdiği düşünülen sıvada katkı maddesi olarak %3-5 saman içermektedir (Tablo 26-27).

Ihlara Vadisi kireç bağlayıcılı pilot yapıları duvar resmi sıvalarında; **% P(V) 28.31-50.14** arasında değişmekte olup ortalama Saint George Kilisesi sıva örneklerinde (SNG) % P(V) 37.13; Direkli Kilise sıva örneklerinde (DK) % P(V) 42.20 ve Bahattin Samanlığı sıva örneklerinde (BHT) % P(V) 46.76' dır (Tablo 27). Taşıyıcının %P(V) değerleri su ile reaksiyona girerek dağıldığından bu metot ile tayin edilememiştir. Ürküp tüfünün porozitesinin %41.3 olduğu göz önünde bulundurulursa sıvaların %P(V) değerlerinin bu rakama çok yakın olması duvar resmi ustalarının taşıyıcı duvarın özelliklerine uygun malzeme seçimi ve tekniği ile taşıyıcı ile sıva arasında uyumluluk prensibini gözettiğini düşündürmektedir. Oldukça yüksek porozite değerlerine sahip taşıyıcı ve sıva tabakalarının enjeksiyon harcı dizayn edilirken yüksek porozite özelliği tüm performansa etki edebilecek olması göz önünde bulundurulmalıdır. Günümüze kadar benzer özelliklere sahip duvar resimlerinde Kapadokya'da yapılan enjeksiyon uygulamalarında enjeksiyon harçlarının uygulanma zorluğunun başlıca nedenlerinden biri yüksek gözenekliliğe sahip ve doğru orantılı olarak hacimce su emme kapasitesi yüksek ve su ile ayrışmaya uğrayan taşıyıcı duvar ve su emme kapasitesi taşıyıcı ile yakın değerlerde fakat su ile ayrışmaya uğramayan sıva tabakasının segregasyona uğrayan ve su tutma kapasitesi yüksek olmayan enjeksiyon harçlarının fazla su miktarının hızlıca duvar ve sıva tarafından absorbe edilerek enjeksiyon kanalını tıkaması nedeniyle olduğu düşünülmektedir. Bunun yanı sıra taşıyıcı ve sıva arasındaki boşluklarda yapılan enjeksiyonlarda da taşıyıcının su ile ayrışarak enjeksiyon kanalını tıkama olasılığı göz ardı edilmemelidir. TLC verilerine dayanarak, içeriğindeki su miktarı % 59. olan

Kazein Harcının (C1) Göreme Vadisi kireç bağlayıcılı duvar resimlerinde enjekte edilebilir olması; Kazein Harcının (C1) segregasyona uğramaması ve su tutma kapasitesinin "0" değerinde olması ile açıklanabilir. Bu veriler orijinal malzemenin porozite değerleri yükseldikçe su tutma kapasitesi düşük ve segregasyona uğrayan kireç bağlayıcılı enjeksiyon harçların uygulanabilirliğinin azaldığını ortaya koymaktadır.

Ihlara Vadisi Saint George, Bahattin Samanlığı ve Direkli Kilisesinde duvar resmi sıva tabakası ve taşıyıcının karakterizasyonunun belirlenmesinde ESEM-EDX (Philips-FET XL 3D-ESEM-FEG OXFORD X MAX80mm^2 Xray Detector/ INCA software) , XRD (X Ray Diffraction/ X Işınımı Kırınımı), XRF (X Ray Fluorescence/ X-Işınları Floresans Spektrumu), XRD-XRF, FTIR aletli analiz metotları ve Asitle Muamele, Kızdırma Kaybı, Jeolojik İnceleme (ince ve çapraz kesit) test metotları kullanılmıştır.

Bahattin Samanlığı Kilisesinden toplan 12 adet örnek üzerinde çalışılmıştır (Tablo 29). ESEM-EDX taraması yapılan tüm Bahattin Samanlığı Kilisesi sıva örneklerin bağlayıcısı kireçtir. Tüm örnekler birbirleriyle benzerlik göstermekte olup BHT-9P ve BHT-2P örneği üç katmandan oluşmaktadır. Katmanlar sıva-boya-gypsumdan oluşmaktadır. BHT-9P örneğinde ilk aşamada $SO_4^{-2,}$ BHT-2P SKa^1 olabileceği yorumlanmış ve gypsumun bir katman mı yoksa tuz kontaminasyonu mu olabileceğine dair araştırma için XRD-XRF metotlarına başvurulmuştur. Örnekler toz haline getirilerek XRD ve XRF 'leri yapılmıştır.

ESEM-EDX XRF-XRD sonuçları bir araya getirildiğinde BHT-2 örneği pure kalsit olup ($CaCO_3$); kireç taşı bağlayıcı içeren kireç sıva (intanacco) ve neredeyse tamamı pure gpysumdan ($CaSO_4.2H_2O$) olan yüzey katmanı (intonachino) tabakasından oluşmaktadır. Genel olarak tüm sonuçlar bir araya getirildiğinde Bahatttin Samanlığı Kilisesi duvar resmi sıvaları $CaCO_3$ (bağlayıcı ve agrega olarak) içermekte ve bu tabakanın üzerinde yüzey tabakası olarak gypsum bulundurmaktadır. Gypsum bazı örneklerde kontaminasyon gibi görülmesine rağmen genel kanı boya altı yüzey düzeltici katman olarak uygulandığıdır. BHT-10P örneğine FTIR analizi yapılmış ve aluminyum hidrat, sodyum oksalat, gypsum ve

kalsit detekte edilmiştir. Sodyum oksalat pegmatitte bulunur. Ihlara vadisi ve civarında pegmatit yoğun olarak bulunmaktadır.

Direkli kiliseden alınan toplan 12 adet sıva örneği ile çalışılmıştır (Tablo 30). sonuçları incelendiğinde tüm örneklerin sonuçları benzerlik göstermekte olup, sıva tabakasında kireç ve silika detekte edilmiştir. Kireç bağlayıcıdan ve kireç taşı kırığından, silikanın ise silikatlı agregalardan geldiği düşünülmektedir. Direkli kilise sıva örneklerinden DK-1P'de az miktarda P (fosfat) pure gypsumla karışık halde bulunmuştur. Fosfat sıvada kullanılan kazein kaynaklı olabilir. DK-2P örneğinde beyaz kireç taşı agregalar net biçimde görülebilmektedir (Şekil 7). DK-2P, DK-4P örneğinde yüzeyde gypsum detekte edilmiştir fakat DK-5P, DK-7P, DK-8P örneğinde boya tabakasıyla karışık halde görülmektedir. BHT örneklerinin bazılarında da durum aynıdır bu örneklerde gypsum renk açıcı olarak beyaz renk gibi kullanılmış olabilir. Beyaz renk olarak kullanılan boya örneğinden alınan spektrumlarda pure gypsum sonucu görülmektedir. Bazı örneklerde düzgün bir katman halinde badana tabakası gibi bazılarında ise boya ile karışık partiküller halinde pure gypsum bulunması duvar resminde kısmen pürüzsüz yüzey elde etmek kısmen ise hem boya rengini açıp hem de daha tok bir boya elde etmek için kullanılmış olması ihtimal dâhilindedir. DK1 örneğinde gypsumla karışık olarak fosfat bulunması gypsum ve kazein karışımı kullanıldığını düşündürmekte olup bu konu tüm vadide alınan farklı örneklerin analiz edilmesi ve karşılaştırılması ile sağlıklı bir şekilde ortaya koyulabilir. Tüm veriler bir araya getirildiğinde Direkli Kilise sıva örnekleri bir kat kireç bağlayıcılı kireç taşı kırığı ve silikatlı agrega içeren ince sıva (intanacco) ve lokal alanlarda yüzey uygulaması ve bazı örneklerde renk açıcı olarak kazein katkı olması muhtemel, gypsum içermektedir. DK 2P örneğinin FTIR analizi yapılmış ve kalsiyum karbonat, gypsum, sodyum oksalat detekte edilmiştir. Sodyum oksalat pegmatitte bulunur. Ihlara vadisi ve civarında pegmatit yoğun olarak bulunmaktadır (Şekil 7).

Saint George (Kırkdamaltı) kilisesinde ise toplamda 16 sıva örneği ve 1 adet boya örneği ile çalışılmıştır (Tablo 31). Saint George Kilisesinin SNG-14P örneği haricinde diğer örnekleri birbirleriyle benzer özelliktedir. SNG-14 örneğindeki farklı yapı nedeniyle karşılaştırmalı sonuç almak için bir çapraz kesit daha oluşturulmuş ve bu örnekler SNG-14A ve SNG 14B olarak ayrılmıştır. SNG-14P örneği dışındaki

örnekler kireç bağlayıcılıdır ve silika, alüminyum feldspat ve demir detekte edilmiştir. Silika, alüminyum ve feldspat ve demirin tüfik agrega kaynaklı olduğu düşünülmektedir. SNG-14A örneğinde ise üç tabaka görünmektedir. Alttan yukarıya doğru 1. katmandan önce görülen taşa bağlanma fazı ya da tuz kristalizasyonu; 1.katman sıva Ca_2CO_3 deniz kabuğu agrega görülebilmektedir. 2. katmanda ise büyük miktarda pure Ca_2CO_3 ve alüminyum silikat bulunmaktadır. 2. katmanın badana olduğu ilk aşamada düşünülmüştür. 3. tabaka ise boya katmanından oluşmuştur. SNG 14a örneğinin devamı olan SNG14B örneğinde üç tabakalıdır. Alttan üste doğru birinci katman gibi görünen -1. katman kireç suyunu taşıyıcı duvarın absorbe etmesiyle az miktarda Ca_2CO_3 tüfik agregalarla görülmektedir bu sıva tabakasıyla karıştırılmamalıdır. 1. katman az miktarda Ca_2CO_3 detekte edilen bol feldspat ve kuvartz içeren sıva katmanı olup 2. katman SNG14 A örneğiyle aynı şekilde bir kat pure Ca_2CO_3 badana yüzey düzelme tabakası (intonaccino), 3. katman gypsum ve boya tabakası olarak görülmektedir. Tüm veriler bir araya getirildiğinde kireç bağlayıcılı silikatlı ve tüfik agrega içeren sıva ve boya tabakasından oluşan iki katmanlı bazı bölgelerde iki kat uygulanmış sıva ve üç tabakalı yüzey düzeltme sıvası içeren sıva olarak analizleri yapılan örnekler içerisinde iki ayrı grupta toplamak mümkündür. SNG-9P örneğinin FTIR analizi yapılmış ve kalsiyum karbonat, sodyum oksalat, gypsum ve caput mortum detekte edilmiştir. Sodyum oksalat pegmatitte bulunur. Ihlara vadisi ve civarında pegmatit yoğun olarak bulunmaktadır. Kaput mortum hematite demir oksit kaynaklı olmalıdır.

Enjeksiyon harçlarının performans özelliklerinin araştırılmasında enjekte edilebilirlik, akışkanlık, ıslak ağırlık, su tutma ve bırakma kapasitesi, genleşme ve ayrışma, prizlenme süresi, bağlanma dayanıklılığı, basınç dayanımı (yarmada çekme dayanımı) su emme kapasitesi, ıslak kap metodu ile su buharı geçirgenliği ve iletim oranı testleriyle enformasyon sağlanmıştır. Enjeksiyon harçlarının su içeriğinin saptanmasında TLC ve tuzluluk oranının saptanmasında iyon kromotografisi analiz teknikleri kullanılmıştır.

Günümüze kadar Kapadokya da tutulan konservasyon raporlarında ve bölgede çalışan konservatörlerle yapılan istişarelerde, Kazein Harcı ve Malta 6001 harcı dışında kullandıkları kireç bağlayıcılı enjeksiyon harçlarından enjekte edilebilirlik performansı alamadıklarını belirtmişlerdir. Bu iki harcın performans özelliklerine

bakıldığında enjekte edilebilirliği ve su tutma kapasiteleri yüksektir. Bir enjeksiyon harcı yüksek su tutma kapasitesine sahip ise taşıyıcının sıvı absorbe etme durumuna en yüksek direnci göstererek daha ileri noktalara akacaktır. Yoğun malzemelerde kütlece su emme potansiyeli ile porozite değerlerinin birbirine yakın olması, bu malzemelerin içinde mevcut olan gözeneklerin nerdeyse tamamımın suyla dolduğunu göstermektedir (Özdemir, 2002: 23). Ihlara Vadisi Kireç bağlayıcılı duvar resimlerinde belirlenen üç pilot yapıda sıva tabakalarının porozite değerleri %P (m) 16.38-41.13 arasında değişmektedir (Tablo 28). Hacimce porozite değerleri ise %P (V) 32.43-50.14 arasında değişmektedir. Taşıyıcı duvar ignimbirit ise su içerisinde kohezyonunu kaybettiğinden %P değerleri ölçülememiştir ve "F" olarak kayıtlara geçmiştir. .Fakat taşıyıcı duvar ignimbiritin su içerisinde kohezyonunu kaybetmesi enjeksiyon harçlarının uygulanma zorluğu için çok önemli bir veridir. Taşıyıcı duvar ve sıva katmanları yüksek absorvatiftir ve taşıyıcının su ile kısmen de olsa kohezyon kaybetme özelliği vardır. Enjeksiyon harcından segregasyon yoluyla ayrışan H_2O taşıyıcıda, kohezyona yol açmakta ve kohezyon nedeniyle ignimbiritten ayrışan maddeler enjeksiyon kanalını tıkamaktadır. Bunların yanı sıra enjeksiyon harcı öncesi yapılan su-alkol karışımı ile duvarın suya doyurulması işlemi ignimbiritte kohezyona yol açarak kopan mikro parçaların yerçekimi kuvveti yönünde birikmesine yol açacaktır. Bu nedenle Ihlara Vadisi Kaya Kiliseleri kireç bağlayıcılı duvar resimlerinde enjeksiyon harcı uygulamadan önce su absorbe etme işlemi yapılmamalıdır. Kullanılacak enjeksiyon harcının %CE ve %FE oranlarının "0" olması ve hiç segregasyona uğramaması gereklidir, su tutma kapasitesi "0" olmalıdır.

Şu ana dek uygulanan harçlar içerisinde kolaylıkla enjekte edilebilen harç kazein harcıdır (C1), bu enjeksiyon harcının su tutma kapasitesi %97.30 ve %FB oranının "0.0"'dır. Ledan ITAL B2 ve Ledan TB1 ICR %FB 0.0 Malta 6001 %FB 0.1'dir (Tablo 20-21-22-23). Bu da Kapadokya Kaya Kiliselerinde su tutma kapasitesi yüksek olan enjeksiyon harçlarının enjekte edilebilir olduğunu ortaya koymaktadır fakat enjekte edilebilirlik bir enjeksiyon harcını belirlemede "uygulamanın yapılabilir olması" ilkesi gereği ilk sırada tercih edilse de uzun vadeli ve etkin koruma için enjeksiyon harcının diğer performans özellikleri de uygun olmalıdır. Kazein Harcı (C1) enjekte edilebilir olması ve su tutma kapasitesinin uygun normlarda olmasına karşın hacimsel küçülmesi ($\%H^{D-57.70}$) %57.70'tir ve bu değer enjeksiyon harçlarının kabul

edilen Hacimsel küçülme limitlerin (%H^{D-4}) <%4 çok üzerindedir. Enjeksiyon harçlarında prizlenme süresi ve kuruma aşamasında hacminin stabil olması duvar resmi tabakaları arasında adezyon sağlanması ve mikro-makro çatlak ve boşluklarda tam dolgu işleminin tamamlanmasıyla sürekli mukavemet oluşması açısından gereklidir.

Kazein Harcı (C1)' in prizlenme ve katı hal performans analizleri, harcın çok fazla hacimsel küçülmeye uğraması nedeniyle örnek oluşturma işlemini dahi gerçekleştirememiş ve kayıtlara "F" olarak geçmiştir (Tablo 23). Kazein Harcı (C1) prizlenme süresi ve kuruma aşamasında hacminin stabil olmaması nedeniyle duvar resmi tabakaları arasında adezyon sağlanması ve mikro-makro çatlak ve boşluklarda dolgu işlemini gerçekleştiremeyerek limitler dahilinde mukavemet sağlayamadığından kullanımı önerilmemektedir.

Performans sonuçları açıklanan ticari enjeksiyon harçları içerisinde performans özellikleri göz önünde bulundurulduğunda, CTS firmasının ürettiği PLM I tüm zorunlu testleri kabul edilen limitler dahilinde geçmiştir (Tablo 9-10). Yardımcı testlerden Sülfat Direnci Testi sonuçları ise 25 (-60%)' tır ve buda asidik tip sülfat atağından etkilenebileceğini ortaya koymaktadır, asidik tip sülfat atağı enjeksiyon harcının yüzeyinin yumuşaması ve pul pul dökülmesine yol açarak mukavemetini kaybetmesine neden olur. Ihlara Vadisi Kaya Kiliseleri Kireç Bağlayıcılı duvar resimlerinde yapılan ESEM-EDX, XRD-XRF ve FTIR analizlerinde sıva tabakalarında gypsum $Ca(SO_4)(H_2O)_2$ dedekte edilmiştir. Bu durum duvar resminin sülfat atağına uğradığının göstergesi olabileceği gibi harcın içerisine karıştırılmış ya da kontaminasyon olabilir. Sülfat direnci olmayan PLM I enjeksiyon harcının bünyesinde sülfat bulunan bir duvar resmine uygulanması malzemenin bozularak mukavemetini kaybetmesi riskini taşıdığından Ihlara Vadisi kireç bağlayıcılı $Ca(SO_4)(H_2O)_2$ detekte edilmiş, duvar resimlerinde uygulanması önerilmemektedir. Ledan TB1 ICR enjeksiyon harcı da sülfat atağına direnci olmayan 25 (-90%) enjeksiyon harcı grubundadır.

Ticari Enjeksiyon Haçları içerisinde Ihlara Vadisi duvar resimlerinin konservasyonunda enjeksiyon harçlarının uygulanabilir olma birincil performans kriterlerine PLM I dışında yaklaşan diğer harçlar ise Ledan ITAL SM2, Ledan TB1

ICR, Malta 6001'dir. Su buharı geçirgenliğinde (WVP) limiti WVP=9.0E-05 g.Pa^{-1}.h^{-1}.m^{-1}'ye eşit ya da WVP=9.0E-05 g.Pa^{-1}.h^{-1}.m^{-1} 'den büyüktür. Malta 6001 enjeksiyon harcı WVP= 6.0 E-05 g.Pa^{-1}.h^{-1}.m^{-1}, Ledan TB1 ICR WVP=7.6E-05 g.Pa^{-1}.h^{-1}.m^{-1} 'dir. İki harcında WVP değerleri, kabul edilen limit dâhilinde değildir. Bunların dışında Malta 6001 (Na^+ 6) Ledan TB1 ICR (Na^+ 6, SO_4^{2-} 9) ve Ledan ITAL B2 ((Na^+ 26, SO_4^{2-} 6) enjeksiyon harçlarının çözünebilir tuz limitleri yüksektir. Brescianni Malta 6001 enjeksiyon harcının ise CE %1.6 'dır, prizlenme halinde genleşmeye uğramaktadır. Prizlenme halinde genleşmeye uğrayan bir harcın enjeksiyon aşamasında kontrolü çok zordur ve sıvı-prizlenme ya da katı halde genleşmeye uğraması harcın uygulanabilirliğinde bir dezavantajdır. Ihlara Vadisi kireç bağlayıcılı Duvar Resimlerinde uygulanabilir kriterlerini yaklaşan fakat dezavantajları bulunan harçlar içerisinde PLM I A 0.069 (g.cm^{-2}.s$^{-0,5}$) dışında su emme kapasitesi limitlerine uygun harç bulunmamaktadır. Bir enjeksiyon harcının çözünebilir tuzlar barındırmasının yanı sıra, su emme kapasitesi sonuçlarının çakışması ileride taşıyıcı ve sıva katmanlarda nem ve su yoluyla ortaya çıkabilecek tuzlanma probleminin bir göstergesidir.

Tüm sonuçlar bir araya getirildiğinde ticari harçlar içerisinde Ihlara Vadisi Kaya Kiliseleri kireç bağlayıcılı duvar resimlerinin konservasyonunda kullanılabilecek performans özelliklerine en yakın olan enjeksiyon harcı CTS firmasının ürettiği PLM I' dır fakat sülfat dayanımı testlerini geçemediğinden ve orijinal malzeme sülfat barındırdığından kullanımı uygun görülmemiştir. Bu da her tarihi duvar resmi ve bozulma prosesinin ünik olduğu ve orijinal materyale uygun ve uzun süreli koruma sağlayabilecek enjeksiyon harçlarının idealize edilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

ICCROM tarafından duvar resmi konservasyonunda kullanılmak üzere dizayn edilen ve ICCROM Grout olarak tanımlanan iki adet harç GCI Herculaneum projesi kapsamında GCI laboratuarlarında test edilmiştir (Tablo 14-15). Bu enjeksiyon harçlarının terkibi şöyledir 100 kısım Lafarge Chaux Blanche NHL 3.5-z (LF NHL3.5-z), 100 kısım tuğla tozu (<0.25mm) (BD) ya da pozzolana superventilata grigia (P), 1 kısım sodyum glukonat (10%v çözelti), 10 kısım Primal B60A ve 125-150 kısım su %v. Bu terkip w%'e çevrilmiş ve performans testleri için standartlaşması sağlanmıştır (Tablo 13).

Bu harçlar Göreme Kaya Kiliseleri Duvar Resmi Koruma Projesi'nde, yerel malzeme ile hazırlanarak kullanılmıştır. Fakat sıva duvar arası enjeksiyonlarda enjekte edilme zorluğu yaşanmış ve duvarlarda bulunan çatlaklarda modifiye edilerek yapısal enjeksiyon olarak kullanılmıştır. ICCROM harçlarının Ihlara Vadisi Kireç Bağlayıcılı duvar resimlerinde kullanımında oluşabilecek dezavantajlar performans sonuçlarına göre şunlardır. Ihlara Vadisi kireç bağlayıcılı duvar resimleri Öncül enjekte edilebilirlik kriterlerinden olan %FB "0.0" kriterinin üzerinde olması; ICCROM BD LF NHL 3.5z %FB 0.1, ICCROM BD LF NHL 3.5z ise %FB 0.3'tür. Bunların dışında enjekte edilebilirlikleri Ihlara Vadisi kireç bağlayıcılı duvar resimlerinin uygulanma performans kriterlerine uygun değildir. Genel konservasyon uygulamalarında tavsiye edilen enjekte edilebilirlik limitleri; T/D (traverten kırığı dolu kolon), F (feasible): T/W (su absorbe edilmiş traveren kırığı dolu kolon) E (easy): B/D (tuğla kırığ dolu kolon) $>D_{100}$ (difficult/ kolonda enjeksiyon harcı seviyesi 100 mm ve >100mm): B/W (su absorbe edilmiş tuğla kırığı dolu kolon) F, olarak kabul edilmektedir (Şimşir, Rainer, 2014:11)

Ihlara Vadisi Kireç Bağlayıcılı Duvar Resimlerinde ise taşıyıcı ve sıva tabakasının porozitesi ve kütlece su emme potansiyeli yüksek yapısı gereği su absorbe etme kapasitesi yüksek tuğla kırığı kolon ile basınç altında kapiler yükselme kapasitesi test edilmiştir ve enjekte edilebilirlik testinde uygun olan limitler B/D ($>D_{100}$), B/W (E) ya da (F) olarak belirlenmiştir. ICCROM BD LF NHL 3.5z B/D (D_{10}) ve B/W (F)'tir; ICCROM BD LF NHL 3.5z B/D (D_{10}), B/W ($D_{50'}$)'dir. Ihlara Vadisi Kaya Kiliseleri enjekte edilebilirlik limitlerine sadece ICCROM BD LF NHL 3.5z B/W (F) uymaktadır fakat bu enjeksiyon harcında agrega olarak tuğla tozu kullanılmaktadır ve hafif bir enjeksiyon harcı değildir, Islak Ağırlığı 1.57 ($g.cm^{-3}$)'tür. Ihlara Vadisi duvar resmi sıvalarının 0.1cm ile 1cm arasında değişen cidar kalınlığı ve bozunmuşluk durumları göz önüne alınarak mukavemetlerinin düşüklüğü "hafif" bir enjeksiyon harcının kullanımıyla daha uzun süreli ve etkin bir koruma sağlanacağı öngörülmüştür. Bunların yanı sıra sülfat direnç testlerinin sonuçları, ICCROM BD LF NHL 3.5z, 11; ICCROM P LF NHL 3.5z ise 13' tür. Ihlara Vadisi duvar resimlerinin sülfat barındıran yapısı ile sülfat atağı oluşturma potansiyeli gereği bu iki enjeksiyon harcının kullanımı; dayanım risk potansiyeli yüksek, olarak sınıflandırılmıştır.

Enjeksiyon harcının sıvı hali; belirtilen ya da belirlenen miktarlarda tüm enjeksiyon harcı malzemesinin (kuru ya da sıvı halde) belirlenen ya da belirtilen karıştırma hızı ve yöntemiyle karıştırıldıktan sonra süzme işleminin yapılarak harcın kullanıma hazır hale getirildiği haldir. Enjeksiyon harcı sıvı halde iken karıştırma hızı ile açığa çıkan ısının enjeksiyon harcının performansına etki edip etmediğinin anlaşılması için sıvı-termometresiyle ölçülmesi ve not edilmesi önemlidir. Bu enjeksiyon harçlarının performans test sonuçları ve GCI kireç bağlayıcılı enjeksiyon harçları performans testi limitleri için bkz. (Tablo 20-21-22-23-10).

Anti-Sedimantasyon Genleşme ve Ayrışma Testi; sıvı halde enjeksiyon harçlarında ayrışan su miktarının belirlenmesinin yanı sıra segregasyon ve genleşme miktarının belirlenmesi amacıyla uygulanan testtir. Doğru miktar ve malzeme kullanarak formüle edilmiş bir enjeksiyon harcı ayrışma, segregasyon ve genleşmeye uğramamalıdır. Final ayrışma miktarı (%FB) %0.4'ü geçmemelidir. Ayrışma ya da segregasyon harcın performans özelliklerini olumsuz olarak etkiler ve enjektörün tıkanmasına yol açarak enjeksiyon işlemini zorlaştırır. Genleşme ise uygulandığı alanda yarattığı basınç nedeniyle mukavemeti etkileyerek ayrılma ve kopmalara neden olabilir. Genleşme miktarının (CE%) ise 0.5%'ten fazla olduğu durumlarda duvar resmi sıva katmanlarında mikro ya da makro lokal kayıplara neden olabileceğinden kullanımları önerilmemektedir (Şimşir, Rainer, 2014:9).

Kazein Enjeksiyon Harcı (C1) ve Ledan Ital B2 ve Ledan TB1 ICR enjeksiyon harçlarının F.B%. 0.0 ve CE% 0.0'dır (Tablo 21-22-23). Bresciani Malta 6001enjeksiyon harcı F.B.% 0.0, CE% 1.6'dır. Bresciani Malta 6001 harcı %CE miktarı öngörülen limitin üzerinde olduğundan kullanımı mukavemeti düşük ve bozulmaya uğramış sıva katmanlarında fiziksel bozulmaları tetikleyerek kopma, ayrılma mikro ve makro çatlaklarda ilerleme gibi sonuçlara neden olabileceği gibi bu bozulmaların oluşmasına da neden olabilir. Ayrıca yarattığı basınç ile sıva katmanını iterek şişmesine ve yüzey alanının genişlemesine neden olarak ince sıva ve boya katmanlarında ki flaking, tozuma gibi fiziksel bozulmaları tetikleyecektir.

Enjekte edilebilirlik testi (basınç altında) enjeksiyon harcının enjektörden geçerek dahili mikro çatlak ve boşlukları kapiler doldurabilme potansiyelini ölçmekte kullanılır. Tarihi eserlerde sıva özellikleri ve bozulma durumu ünik olduğundan,

enjekte edilebilirlik performans değerlendirmesi kriterleri enjeksiyon harcının uygulandığı alanın özelliklerine göre belirlenmelidir.

Genel konservasyon uygulamalarında tavsiye edilen enjekte edilebilirlik limitleri; T/D (traverten kırığı dolu kolon), F (feasible): T/W (su absorbe edilmiş traveren kırığı dolu kolon) E (easy): B/D (tuğla kırığ dolu kolonı) >D_{100} (difficult/ kolonda enjeksiyon harcı seviyesi 100 mm ve >100mm): B/W (su absorbe edilmiş tuğla kırığı dolu kolon) F, olarak kabul edilmektedir (Tablo 10).

C1 harcının enjekte edilebilirlik test sonuçları, dört testte de kolay enjekte edilebilir (E) sonucunu vermiştir (Grafik 2-3-4-5). C1 harcının enjekte edilebilirlik grafiğine bakıldığında T/W E^{58}'dir (Grafik 3). Bu veri su absorbe edilmiş traverten kırığı dolu kolon içerisinden geçip, mezürü 1ml doldurma hızının 58 saniye olduğunu göstermektedir. T/D E^{131}, bu veri traverten kırığı dolu kolon içerisinden geçip, mezürü 02 dakika 11 saniyede doldurduğu; B/W E^{77} ise, su absorbe edilmiş tuğla kırığı kolon içerisinden harcın geçip, mezürü 1ml doldurma hızının 01 dakika 17 saniye olduğu ve B/D E^{718} tuğla kırığı dolu kolon içerisinden harcın geçip 1ml mezürü doldurma hızının 11 dakika 58 saniye olduğunu göstermektedir (Grafik 2-3-4). GCI bilim bölümünde günümüze dek yapılan ticari ve ticari olmayan enjeksiyon harçları enjekte edilebilirlik (basınç altında) testleri sonuçları ile karşılaştırıldığında, dört testte birden bu denli kolay enjekte edilebilirlik sonucuna ulaşan harç bulunmamaktadır. TLC verileri kontrol edildiğinde WWL% 59 sonucu, su miktarının harcın toplam ağırlığına oranla çok yüksek olduğunu göstermektedir (Grafik 1). Enjekte edilebilirliğin bu denli "kolay" oluşu, sıvı miktarının toplam ağırlığa oranla fazla oluşu, harcın içerisindeki katkı maddeleri sebebiyle segregasyona uğramaması ayrıca kazeinin süper-plastikleştirici özelliği ile viskoziteyi düşürmesi nedeniyledir. Diğer performans sonuçlarıyla karşılaştırıldığında bu maddelerin doğru oranda kullanılmaması nedeniyle harcın performansına olan negatif etkisi değerlendirilecektir.

Malta 6001 enjekte edilebilirlik sonuçları ise şöyledir; T/D (traverten kırığı dolu kolon), D_{140} : T/W (su absorbe edilmiş traveren kırığı dolu kolon) D_{200} : **B/D** (tuğla kırığı dolu kolon) **D_{50}** : B/W (su absorbe edilmiş tuğla kırığı dolu kolon) F., Enjekte edilebilirlik limitlerinin altında kalan tek sonuç B/D **D_{50}**'dir (Tablo 20).

Ledan ITAL B2 enjeksiyon harcının enjekte edilebilirlik performans sonuçları ise : T/D (traverten kırığı dolu kolon), E : T/W (su absorbe edilmiş traveren kırığı dolu kolon) E : B/D (tuğla kırığı dolu kolon) E: B/W (su absorbe edilmiş tuğla kırığı dolu kolon) E, Enjekte edilebilirlik limitlerinin altında kalan sonuç bulunmamakla beraber, harcın enjekte edilebilirlik performansı oldukça iyidir (Tablo 21).

Ledan TB1-ICR enjekte edilebilirlik test verileri ise: T/D (traverten kırığı dolu kolon), E: T/W (su absorbe edilmiş traverten kırığı dolu kolon) E : B/D (tuğla kırığı dolu kolon) D_{125}: B/W (su absorbe edilmiş tuğla kırığı dolu kolon) E' dir. Enjekte edilebilirlik limitlerinin altında kalan sonuç bulunmamaktadır (Tablo 23).

Prizlenme halinde ve kuruma aşamasında enjeksiyon harçlarının hacim değişimi Rötre Testi (Rötre%-%S) ile ölçülmektedir. Test günümüze kadar shrinkage, rötre büzülme, çekme testi gibi isimlerle adlandırılmıştır fakat bu test hacim değişimini ölçmeye dayalı bir testtir ve enjeksiyon harcının hacminin azalma miktarı, hacminin fazlalaşma (genleşme) miktarı ya da hacminin stabilitesine dair veri sağlar. Bu sebeple test bu çalışmada hacimsel değişim testi olarak adlandırılmıştır **($\%H^{\pm D}$)** Test edilecek enjeksiyon harcı plastik standart kalıplarda ve aynı miktarlarda kurutularak ilk kuruma hacmi alınır. Final hacmi ise; örneğin, atmosfer basıncında ve kerosene içerisine daldırılarak ağırlıklarının alınması ve bu ağırlıkların arasındaki farkın hesaplanmasıyla oluşturulur. Hacimsel değişim yüzdesi ise ($\%H^{\pm D}$) ilk ve son hacim arasındaki fark hesaplanarak elde edilir.

Enjeksiyon harçlarında prizlenme süresi ve kuruma aşamasında hacminin stabil olması duvar resmi tabakaları arasında adezyon sağlanması ve mikro-makro çatlak ve boşluklarda tam dolgu işleminin tamamlanmasıyla sürekli mukavemet oluşması açısından önemlidir. Bu test ile ayrıca su miktarının ve katkı maddelerinin enjeksiyon harcının stabilitesine etki edip etmediğine dair veri elde etmemizi sağlar. Bu metot ile ölçülen hacimsel değişimin $\%H^{D-4}$ ya da bu miktardan az olması tercih edilir.

Kazein Harcı (C1)'in $\%H^{D-57.70}$'tir. %57,70 oranında bir hacimsel küçülme enjeksiyon harçlarında kabul edilen limitin ($\%H^{D-4}$) çok yüksek oranda üstündedir (Tablo 10-23). Kazein harcı mikro-makro çatlak ve boşluklarda ve sıva-duvar, sıva-sıva katmanları arasında dolgu ve adezyon sağlayarak sürekli mukavemet sağlamadığından,

enjeksiyon harcı olarak kullanımı önerilmemektedir. Kazein harcının (C1) toplam miktarına oranla su miktarının fazlalığı kuruma aşamasında hacmin küçülmesine neden olmuştur. Kazein Harcı (C1) modifikasyonu sonrasında yeniden değerlendirmeye alınabilir. Kazein Harcı'nın (C1) duvar resmi koruma malzemesi olarak uygulanması önerilmemektedir.

Brescianni Malta 6001 enjeksiyon harcının $\%H^{D-3}$'tür, Ledan Ital B2 $\%H^{D-1.8}$, Ledan TB1 ICR $\%H^{D-2.7}$'dir. Malta 6001, Ledan Ital B2 ve Ledan TB1 ICR enjeksiyon harçları kabul edilen hacim değişimi limitlerine ($\%H^{D-4}$) uygundur fakat Malta 6001 harcının %CE değeri 1.6'dır %CE değeri ıslak halde ölçülmektedir, prizlenme ve kuruma halinde harcın hacmi stabil hale gelmektedir (Tablo 10-20-21-22). Malta 6001 harcını sıvı halde enjekte edildiğinde ve perküsyon testi ya da herhangi bir görüntüleme metodu ile harcın duvarın boşluklarını doldurma durumunu kontrol etme aşamasında harç boşluklara dolmuş görünecek fakat kuruma sonrası hacmi stabil hale dönerek boşluk içerisinde hacmi küçülecektir. Hacimsel olarak sıvı, prizlenme ve katı-kuru halde enjeksiyon harçlarının değişime uğramaması gereklidir. Malta 6001 harcının hacimsel küçülme değerleri limitlerin altında olmasına rağmen, prizlenme halinde genleşmeye uğradığından ve uygulama aşaması ve sonrasında birçok olumsuzluğa sebep olabileceğinden kullanımı önerilmemektedir.

Katı halde uygulanan performans testlerinde ilk sırayı basınç dayanımı testleri almaktadır. Enjeksiyon harçlarının mekanik direncini ölçmede, basınç dayanımı testi yaygın olarak uygulanmasına rağmen yarmada çekme dayanımı ve kesme mukavemeti, basınç dayanımından önemlidir (Şimşir, Rainer, 2014:12). Onarımda kullanılan enjeksiyon harçlarının mukavemetinin orijinal malzemede gerilme yaratmaması için mukavemetinin orijinal malzeme ile aynı ya da daha az olması gereklidir.

Kazein harcının (C1) $\%H^{D-57.70}$ olması ve bu sebeple kuruma esnasında, toplam hacminin yarısından fazlasını kaybederek büzülmesi sebebiyle katı halde yapılacak testler için masif örnek oluşturmak mümkün olmamıştır. Bu sebeple kazein harcının (C1) yarmada çekme dayanımı testi ve diğer tüm masif örnek gerektiren performans testleri iptal edilerek "F" (failure) olarak kaydedilmiştir (Tablo 23).

Genel uygulamalarda enjeksiyon harçlarının yarmada çekme dayanımının iki aylık testlerde 0.30-0.60 MPa arasında olması ve iki yıllık testlerde 1.5 MPa'ı geçmemesi gereklidir (Tablo 10). Malta 6001 enjeksiyon harcının yarmada çekme dayanımı iki aylık testlerde (0.63 MPa), Ledan ITAL B2 (0.38 MPa), Ledan TB1-ICR'nin ise iki aylık test sonucu (0.59MPa), iki yıllık test sonucu ise (1.02 MPa'dir.). Ledan ITAL B2 ve TB1-ICR' nin referanslara uygun olmasına karşın Malta 6001 kabul edilen limitin çok azda olsa üstündedir, iki yıllık yarmada çekme dayanımı testlerinin yapılarak limitin üzerinde artış olup olmayacağı kontrol edilmelidir (Tablo 20-21-22).

Duvar resimlerinin korunmasında kullanılan enjeksiyon harçlarında çözünebilir tuz miktarı, bozulmaya yol açarak orijinal malzemeye zarar vermemesi için mümkün olduğunca az olmalıdır. Enjeksiyon harçlarında çözünebilir tuz miktarı limitleri; Na^{+}, K^{+} ve SO_4^{2-} iyonları 5 meg/100 g ya da bu miktardan az: Cl^{-} ve NO_3^{-} anyonları için 1 meq/100g'dan az: Ca^{2+} katyonları için 100 meq/ 100 g' dan az olmalıdır (Tablo 10). Malta 6001 ve Ledan ITAL B2 ve TB1-ICR enjeksiyon harçları bu limitleri karşılamamaktadır (Tablo 20-21-22).

Katı halde enjeksiyon harçlarının su emme kapasitesi; enjekte edildiği alanda orijinal malzeme ile denk ve uyumlu davranabilmelidir. Su, nem ve bunların neden olduğu tuz hareketleri gibi bozulmaları en aza indirgemek için enjeksiyon harcının su emme kapasitesinin düşük olması önemlidir. Su emme kapasitesi testinde limitleri sıva katmanlarının su emme kapasitesi değerleri belirler fakat taşıyıcının su emme kapasitesi son derece önemlidir. Referans değer belirlenirken taşıyıcı ve sıva katmanları değerlendirilip maksimum su emme miktarına göre referans belirlenmelidir. Kapadokya Bölgesi'nde şu ana dek yapılan çalışmalarda, taşıyıcı duvar haricinde su emme kapasitesi testleri sonuçlarına dair enformasyon yayımlanmamıştır. Bu nedenle su emme kapasitesi referans değerleri (limitleri) belirlenememiştir. Su emme kapasitesi için gerekli olan örnek miktarı temin etmek neredeyse boyanmamış hiç boş yüzey alanı bulunmayan Kapadokya Bölgesi Bizans Dönemi duvar resimlerinde koruyucu bir yaklaşım değildir. Ayrıca kaba sıva tabakası düzgün bir profil oluşturmadığından ve kohezyon kaybı olduğundan su emme kapasitesi testini gerçekleştirmek ve sağlıklı enformasyon sağlamak zordur. Bu nedenle GCI tarafından tavsiye edilen limitler referans alınmıştır (Simşir, Rainer,2014:9). Bu limitlere göre, su emme kapasitesi "A" ile gösterilir ve A=0.055

$g.cm^{-2}.s^{-1/}2$ ile 0.085 $g.cm^{-2}.s^{-1/2}$ arası değer kuru-katı halde enjeksiyon harçlarında olması gereken limittir (Tablo 10). Malta 6001 enjeksiyon harcı A=0.015 $g.cm^{-2}.s^{-1/2}$, Ledan ITAL B2 A=0.039 $g.cm^{-2}.s^{-1/2}$, Ledan TB1 ICR A=0.048 $g.cm^{-2}.s^{-1/2}$'tür (Tablo 20-21-22). Bu enjeksiyon harçlarının üçü de kabul edilen su emme kapasitesi limitleri dahilindedir.

Enjeksiyon harçlarının su buharı geçirgen olmalıdır. Su buharı geçirgenliği çözünebilir tuzların ara katmanlarda kristalize olmasını engelleyerek nem ve tuzların taşınması yoluyla oluşabilecek bozulmaların engellenmesini sağlar. Orijinal materyal ile enjeksiyon harcının su buharı geçirgenliğinin uyumlu olması ise katmanları arasında su buharının bariyer yaratmasını engeller. Su buharı geçirgenliğinde (WVP) limit WVP=9.0E-05 $g.Pa^{-1}.h^{-1}.m^{-1}$'ye eşit ya da WVP=9.0E-05 $g.Pa^{-1}.h^{-1}.m^{-1}$ 'den büyüktür. Malta 6001 enjeksiyon harcı WVP= 6.0 E-05 $g.Pa^{-1}.h^{-1}.m^{-1}$, Ledan ITAL B2 WVP=1.1E-04 $g.Pa^{-1}.h^{-1}.m^{-1}$ ve Ledan TB1 ICR WVP=7.6E-05 $g.Pa^{-1}.h^{-1}.m^{-1}$ 'dir (Tablo 10). Üç harcında WVP değerleri, kabul edilen limit dâhilinde değildir (Tablo 20-21-22).

Enjeksiyon harçları uygulandıkları alanın ağırlığını arttırırlar; bu sebeple sıvı-halde ağırlıkları mukavemeti düşük alanlarda kopma, ayrılmaya ve çatlaklarda ilerlemeye yol açabilir. Zamanın getirdiği bozulmalarla mukavemeti düşük olan duvar resimlerinin konservasyonu için enjeksiyon harcı dizayn edilirken; mümkün olduğunca hafif (light weight) malzemelerin seçimi son derece önemlidir. Bir enjeksiyon harcının hafif olması performans kriterlerinde, ilk sıraları diğer önemli bileşenlerle paylaşır. Enjeksiyon harçlarında genel sıvı hal ağırlık limiti, ρ_{wet}= 1.14-1.89 $g.cm^{-3}$ arası olarak kabul edilmektedir (Tablo 10). Islak ağırlık ρ_{wet} ($g.cm^{-3}$) olarak gösterilir. Kazein Harcı (C1) ρ_{wet} = 1.18 $g.cm^{-3}$; Malta 6001 ρ_{wet} = 1.63 $g.cm^{-3}$; Ledan ITAL B2 ρ_{wet} =1.14 $g.cm^{-3}$, Ledan TB1 ICR ρ_{wet} = 1.36 $g.cm^{-3}$' tür. Bazı performans testi sonuçları dair enformasyonu olan Ledan SM 02 ρ_{wet} = 1.24 $g.cm^{-3}$'tür. Tüm enjeksiyon hafif harç limitleri dahilindedir. Kazein (C1) harcı, Herculaneum Projesi için GCI' da performans testleri gerçekleştirilen ticari ve ticari olmayan enjeksiyon harçları ıslak ağırlığı verileriyle karşılaştırıldığında ıslak ağırlığı en düşük harç konumundadır (Tablo 23).

Enjeksiyon harçlarının bağlanma dayanımı tavan tonozlardaki geniş sıva katmanı ayrılmalarında, tavan ve tonozlarda harcın bağlanma oluşturabilmesine dair veri sağladığından önemli bir parametredir. Tarihi duvar resimlerinde, bağlanma dayanımı taşıyıcı ve sıva katmanlarının basınç dayanımından yüksek olmamalıdır. Orijinal sıva katmanlarının ağırlık ve yarmada çekme dayanımı verilerinin karşılaştırılmasıyla bağlanma dayanımı limitleri oluşturulmaktadır. İlk yapılan çalışmada 6 aylık testlerde bağlanma dayanımı limitleri 100-350 kPa arası olarak belirlenmiştir (Tablo 10). Kazein harcı (C1) altı aylık bağlanma dayanımı testleri enjeksiyon harcı %57.70 oranında rötre yaparak hiç bağlanma oluşturmaması nedeniyle yapılmamıştır. Analiz kayıtlarında kazein harcının bağlanma dayanımı "F" (failure) olarak geçmiştir (Tablo 23). Malta 6001 harcının bağlanma dayanımı 52 kPa: Ledan ITAL B2 345 kPa: Ledan TB1 ICR 817 kPa ve Ledan SM 02 85 kPa'dır. (Tablo 20-21-22) Bu enjeksiyon harçları içerisinde referans limitlere dahil olan Ledan ITAL B2'dir. Kapadokya bölgesinde duvar resmi sıvalarına ait basınç dayanımı verilerine ait yayın bulunmamaktadır. Basınç dayanımı testleri için örnek almak tarihi dokuya zarar vereceğinden konservasyon etikleri ile uyuşmamaktadır. Mukavemet verileri ölçülmediği halde gözlemlere dayanarak mukavemetin çok düşük olduğu göz önünde bulundurulursa yüksek bağlanma dayanıklılığı verisine sahip enjeksiyon harçlarının kullanılması önerilmemektedir. Herculaneum duvar resmi sıvaları Göreme duvar resmi sıvaları karşılaştırıldığında dönem ve yapım tekniği nedeniyle Herculaneum harçlarının mukavemetinin daha yüksek olması beklenmektedir. Herculaneum harçlarının basınç dayanımı ve yarmada çekme dayanımı verilerine göre 100-350 kPa bağlanma dayanımı limiti belirlenmiştir. Bu dikkate alınarak Göreme' de kullanılan enjeksiyon harçlarının bu limitin aşağısında olması gerektiği öngörülmektedir.

Sülfata Dayanım Testi sonuçlarına göre ise, Ledan TB1 ICR 25 devir dayanım göstermiş olup ağırlık kaybı %90'dır. Malta 6001 ve Ledan SM 02 13 devirden önce kürlenme esnasında başarısız olmuştur (Tablo 20-21). Ledan ITAL B2 ise 4 devir dayanım göstermiştir. Sülfat dayanım testinde ağırlık kaybı ne kadar yüksekse bozulma o oranda yüksek olacaktır. Ledan TB1 ICR asidik tip sülfat atağından, en fazla etkilenen enjeksiyon harcıdır. Bu tür etki diğer test edilen enjeksiyon harçlarında F olarak geçer ve yüzeyde genleşme, çatlak oluşturma değil yumuşama, soyulma şeklinde kendini gösterir (Tablo 22).

Ihlara Vadisi kireç bağlayıcılı duvar resimlerinin konservasyonunda kullanılabilecek ideal enjeksiyon harçlarında olması gereken özellikler; duvar resimlerinin yapım tekniği ve mekanik özellikleri analiz sonuçları ve günümüze dek bölgede ve genel konservasyon uygulamalarında kullanılan, ticari-ticari olmayan kireç bağlayıcılı enjeksiyon harçlarının performans test sonuçları enformasyonuna göre saptanan avantaj ve dezavantajları göz önünde bulundurularak, şu şekilde belirlenmiştir.

- Enjeksiyon harcı doğal hidrolik kireç bağlayıcılı ve hafif (lightweight) olmalıdır.

- Orijinal malzeme ile reaksiyona girebilecek ya da bozulmaya neden olabilecek malzeme içermemelidir.

- Enjeksiyon harcının formülasyonunda kullanılan malzemeler ve bu malzemelerin kimyasal ve fiziksel özelliklerinin bilinmesi gereklidir.

- Enjeksiyon harçlarının kabul edilen standartları doğrultusunda, performans özellikleri enformasyonun olması gereklidir.

- Sıvı halde enjeksiyon harcının final ayrışma miktarı (**%FB) "0.0"'**a denk olmalıdır. Ihlara Vadisi Kireç bağlayıcılı duvar resimlerinde belirlenen üç pilot yapıda sıva tabakalarının porozite değerleri %P(m) 16.38-41.13 arasında değişmektedir. Hacimce porozite değerleri ise %P(V) 32.43-50.14 arasında değişmektedir. Taşıyıcı duvar ignimbirit ise su içerisinde kohezyonunu kaybettiğinden %P değerleri ölçülememiştir ve "F" olarak kayıtlara geçmiştir. Taşıyıcı duvar ignimbiritin su içerisinde kohezyonunu kaybetmesi enjeksiyon harçlarının uygulanma zorluğu için çok önemli bir veridir. Taşıyıcı duvar ve sıva katmanları yüksek absorvatiftir ve taşıyıcının su ile kısmen de olsa kohezyon kaybetme özelliği vardır. Enjeksiyon harcından segregasyon yoluyla ayrışan H_2O taşıyıcıda, kohezyona yol açmakta ve kohezyon nedeniyle ignimbiritten ayrışan maddeler enjeksiyon kanalını tıkamaktadır. Bunların yanı sıra enjeksiyon harcı öncesi yapılan su-alkol karışımı ile duvarın suya doyurulması işlemi ignimbiritte kohezyona yol açarak kopan mikro parçaların yerçekimi kuvveti yönünde birikmesine yol açacaktır. Bu nedenle Ihlara Vadisi Kaya

Kiliseleri kireç bağlayıcılı duvar resimlerinde enjeksiyon harcı uygulamadan önce su absorbe etme işlemi yapılmamalıdır.

- Enjeksiyon harcının sıvı, katı ve prizlenme halinde genleşme miktarı **(%CE) "0.0"** olmalıdır. Mukavemeti düşük ve bozulmaya uğramış sıva katmanlarında fiziksel enjeksiyon harcının genleşmesi fiziksel bozulmaları tetikleyerek kopma, ayrılma mikro ve makro çatlaklarda ilerleme gibi sonuçlara neden olabileceği gibi bu bozulmaların oluşmasına da neden olabilir. Ayrıca yarattığı basınç ile sıva katmanını iterek şişmesine ve yüzey alanının genişlemesine neden olarak ince sıva ve boya katmanlarında ki flaking, tozuma gibi fiziksel bozulmaları da tetikleyecektir.

- Enjeksiyon harcının su tutma kapasitesi yüksek olmalıdır, sıva ve duvarın porozitesi oldukça yüksek olduğundan su tutma özelliği olmayan bir harç enjekte edildiğinde nem oranı oldukça düşük olan duvar tarafından su hızlıca absorbe edilecektir bu da enjeksiyon yapılan bölgede tıkanmalara neden olarak enjekte edilebilirliği zorlaştıracaktır. Eğer enjeksiyon harcı yüksek su tutma kapasitesine sahip ise taşıyıcının sıvı absorbe etme durumuna en yüksek direnci göstererek daha ileri noktalara akacaktır. Enjeksiyon harçlarında su tutma kapasitesinin yüksek olması, akışkanlık ve enjekte edilebilirlik performansının yükselmesini sağlamasının yanı sıra hidrolik prizlenmenin sağlanması, hacimsel küçülmenin düşük olması gibi olumlu performans etkileri sağlamaktadır.

- Sıva-sıva ve sıva-duvar arası bağlayıcılık sağlayan mikro enjeksiyon işlemleri için enjeksiyon harcının sıvı halde enjekte edilebilirliği; **B/D**[41] **(□D$_{50}$)**[42] (.075 MPa basınçlı hava ile 2-4mm tuğla kırığı dolu kolonda enjeksiyon harcı 50mm seviyesine eşit ya da daha fazla yüksekliğe ulaştıysa) **B/W**[43] **(E)** ya da **(F)** olmalıdır[44]. (**E:**0.075 MPa basınçlı hava ile enjeksiyon harcı 2-4mm su absorbe

[41] B/D: Brick/dry, 2-4mm tuğla kırığı doldurulmuş ve sıvı absorbe edilmemiş kolon.
[42] Kolonda harcın yüksekliği (h) mm olarak kaydedilir (D_h)
[43] B/W:Brick/wet, 2-4mm tuğla kırığı doldurulmuş ve sıvı absorbe edilmiş kolon.
[44] Tuğla kırığının ağırlıkça 10 dakikada su emme kapasitesi w%12, tuğla kırığının ise w%30' dur. İki farklı su emme kapasitesine sahip malzeme ile testi gerçekleştirmek standart uygulamalar için üretilecek enjeksiyon harçlarında karşılaştırmalı veri elde etme olanağı sağlamaktadır. Ihlara Vadisi pilot yapılarında %P (porozite) yüksek ve bununla doğru orantılı olarak yüksek kütlece su emme potansiyelleri olduğundan, ağırlıkça su emme potansiyeli travertene göre yüksek olan (w%30), 2-4mm tuğla kırığı dolu kolon testlerde tercih edilmiştir.

edilmiş tuğla kırığı dolu kolon içerisinden geçerek mezürü 20ml'ye kadar doldurduysa; **F**:0.075 MPa basınçlı hava ile enjeksiyon harcı 2-4mm su absorbe edilmiş tuğla kırığı/ dolu kolon içerisinden geçti fakat mezürü 1ml'ye kadar dolduramadıysa.) .Sıva-sıva, sıva duvar arası geniş boşlukların doldurulmasında ve makro çatlaklarda **B/D (□D_{25})** ve **B/W (□D_{50})** olmalıdır.

- Sıvı, prizlenme ve katı (kuru) halde hacimsel olarak stabil olmalıdır. Hacimsel küçülmesi %4 **(H^{D-4})** ya da %4'ten az **(□H^{D-4})** olmalıdır (Şimşir, Rainer:2014) (Matero, F).

- Onarımda kullanılan enjeksiyon harçlarının mukavemetinin orijinal malzemede gerilme yaratmaması için mukavemetinin orijinal malzeme ile aynı ya da daha az olması gereklidir Genel uygulamalarda; enjeksiyon harçlarının yarmada çekme dayanımının iki aylık testlerde **0.30-0.60 MPa** arasında olması ve iki yıllık testlerde **1.5 MPa'ı** geçmemesi gereklidir.

- Duvar resimlerinin korunmasında kullanılan enjeksiyon harçlarında çözünebilir tuz miktarı, bozulmaya yol açarak orijinal malzemeye zarar vermemesi için mümkün olduğunca az olmalıdır. Ihlara vadisi sıvalarında çözünebilir tuzlardan yüksek miktarda Cl^- barındırdığından enjeksiyon harçlarında <1 Cl^- olması tuzla meydana gelebilecek bozulmaları tetiklemesi için gereklidir.

- Enjeksiyon harcında nem ve su nedeniyle tetiklenebilecek kimyasal ve fiziksel bozulmaların oluşamaması için; **A^{45}=0.055 g.c^{m-2}.$^{s-1/}$2** il**e 0.085 g.c^{m-2}.$^{s-1/2}$** arasında olmalıdır.

- Enjeksiyon harçları su buharı geçirgen olmalıdır. Su buharı geçirgenliği çözünebilir tuzların ara katmanlarda kristalize olmasını engelleyerek nem ve tuzların taşınması yoluyla oluşabilecek bozulmaların engellenmesini sağlar. Orijinal materyal ile enjeksiyon harcının su buharı geçirgenliğinin uyumlu olması ise katmanları arasında su buharının bariyer yaratmasını engeller. Su buharı geçirgenliğinde

[45] Su emme kapasitesi "**A**" ile gösterilir.(A: Absorbtion)

(WVP[46]) limit **WVP=9.0E-05 g.Pa^{-1}.h^{-1}.m^{-1}'ye eşit ya da WVP=9.0E-05 g.Pa^{-1}.h^{-1}.m^{-1} 'den büyüktür**.

- Enjeksiyon harcı uygulandığı alanın ağırlığını arttırdığından "ağırlıkça hafif" sınıfında olmalıdır. Enjeksiyon harçlarında genel sıvı hal ağırlık limiti, ρ_{wet}**= 1.14-1.89 g.cm^{-3}** arası olarak kabul edilmektedir.[47]

- Bağlanma dayanımı **100-350 kPa'dan** fazla olmamalıdır. Enjeksiyon harçlarının bağlanma dayanımı tavan tonozlardaki geniş sıva katmanı ayrılmalarında, tavan ve tonozlarda harcın bağlanma oluşturabilmesine dair veri sağladığından önemli bir parametredir. Tarihi duvar resimlerinde, bağlanma dayanımı taşıyıcı ve sıva katmanlarının basınç dayanımından yüksek olmamalıdır. Ihlara Vadisi duvar resimlerinin taşıyıcısı olan ignimbiritin yarmada çekme dayanımı **5.1 Mpa (5091kPa)'**dır (Grafik 43). Orijinal sıva katmanlarının ağırlık ve yarmada çekme dayanımı verilerinin karşılaştırılmasıyla, bağlanma dayanımı limitleri oluşturulmaktadır. İlk yapılan çalışmada 6 aylık testlerde bağlanma dayanımı limitleri **100-350 kPa** arası olarak belirlenmiştir. Kapadokya bölgesinde duvar resmi sıvalarına ait basınç dayanımı verilerine ait yayın bulunmamaktadır. Basınç dayanımı testleri için sıva örneği almak tarihi dokuya zarar vereceğinden konservasyon etikleri ile uyuşmamaktadır. Mukavemet verileri ölçülmediği halde gözlemlere dayanarak sıva mukavemetin çok düşük olduğu göz önünde bulundurulursa yüksek bağlanma dayanıklılığı verisine sahip enjeksiyon harçlarının kullanılması önerilmemektedir. Herculaneum duvar resmi sıvaları Ihlara Vadisi kireç bağlayıcılı Bizans Dönemi duvar resmi sıvaları karşılaştırıldığında dönem ve yapım tekniği nedeniyle Herculaneum harçlarının mukavemetinin daha yüksek olması beklenmektedir. Herculaneum harçlarının basınç dayanımı ve yarmada çekme dayanımı verilerine göre **100-350 kPa** bağlanma dayanımı limiti belirlenmiştir (Şimşir, Rainer,2014: 10). Bu veriler dikkate alınarak Ihlara Vadisi'nde kullanılan enjeksiyon harçlarının bu limitin aşağısında olması gerektiği öngörülmektedir.

---

[46] Su Buharı geçirgenliği WVP ile gösterilir. (WVP: Water Vapour Permability)
[47] Islak ağırlık □$_{wet}$ **(g.cm^{-3})** olarak gösterilir.

- Normal prizlenme limitlerinde yüksek %RH oranına sahip ortamda kireç bağlayıcılı enjeksiyon harçlarının hidrolize olabilmesi için 48 saat içerisinde prizlenmesi beklenmektedir. Ihlara Vadisinde yapılan ölçümlerde kaya kiliselerinin iç %RH 26 -42 civarındadır (Tablo 33). Duvar nemi oranı ise min. 1 maks. 35'tir (Tablo 34). İç Anadolu bölgesinin karasal iklimi gereği %RH oranı genellikle düşük seyretmektedir. Bunların yanı sıra taşıyıcı ve sıva katmanlarının yüksek porozite limitleri göz önüne alındığında, harcın kuruması oldukça hızlı olacaktır. Hızlı kurumanın prizlenme süresine etki ederek harcın sağlıklı bir şekilde hidrolize olmasını etkilememesi ve kuru iklimde çalışabilirlik kolaylığı sağlamak açısından enjeksiyon harcının prizlenme süresi ortalama %40 RH'ta 48 saat içersinde olmalıdır.

Yukarıda belirlenen limitler göz önünde bulundurularak; Ihlara Vadisi Kaya Kiliseleri kireç bağlayıcılı duvar resimlerinin konservasyonu 8 farklı tipte enjeksiyon harcı üretilmiştir. Enjeksiyon harcının geliştirilmesi Amerika Birleşik Devletlerinin Los Angeles kentinde bulunan, Getty Konservasyon Enstitüsü Bilim Bölümü İnşaat Malzemeleri Laboratuarında Bilim Bölümü Başkanı Prof. Dr. Giacomo Chiari, Beril Bicer Şimşir ve Bilim Bölümü Genel Müdürü David Carson gözetiminde yapılmıştır. Ihlara vadisi duvar resimlerinin konservasyonu için üretilen enjeksiyon harçlarının özellikleri şu şekildedir.

- Peristrema Enjeksiyon harçları doğal hidrolik kireç bağlayıcılı (St. Astier NHL 3.5/2.5) ve hafiftir (lightweight). Islak ağırlıkları ρ_{wet}**=1.14-1.42 g.cm^{-3}** arasında değişmektedir (Tablo 73).

- Orijinal malzeme ile reaksiyona girebilecek ya da bozulmaya neden olabilecek malzeme içermemektedir.

- Sıvı halde Peristrema enjeksiyon harçlarının final ayrışma miktarı (**%FB) "0.0"'dır.** Belirlenen limitler (%FB) "0.0"'dır (Tablo 74).

- Peristrema enjeksiyon harçlarının sıvı, katı ve prizlenme halinde genleşme miktarı **(%CE) "0.0"**'dır. Enjeksiyon harçlarında ideal limitler (%CE) "0.0"dır (Tablo 74).

➢ Peristrema enjeksiyon harçlarının su tutma kapasiteleri yüksektir, **%97.50-92.80** arasındadır (Tablo 75) (Grafik 42).

➢ Peristrema enjeksiyon harçları uygulama amacına yönelik olarak; sıva-sıva ve sıva-duvar arası bağlayıcılık sağlayan mikro enjeksiyon işlemleri için üretilenlerin enjekte edilebilirliği; **B/D**[48] **(□D_{50})**[49] ; **B/W**[50] **(E)** ya da **(F)** tir[51]. Sıva-sıva, sıva duvar arası geniş boşlukların ve makro duvar resmi çatlaklarının doldurulması için dizayn edilen enjeksiyon harçlarının **B/D (□D_{25})** ve **B/W (□D_{50})** üzerindedir (Tablo 76) (Grafik 6-13).

➢ Peristrema enjeksiyon harçlarının hacimsel değişimi %4.15 **($H^{D-4.15}$)** ile %3.2 arasındadır **($H^{D-3.02}$)**. Belirlenen limitler %4.0 **($H^{D-4.0}$)** (Tablo 77-10).

➢ Peristrema enjeksiyon harçlarının Peristrema 3C hariç yarmada çekme dayanımının altı aylık testlerde **0.12-1.29 MPa** arasındadır. Bir yıllık testlerde ise **0.31-1.35 MPa** arasındadır. Peristrema 3C ise altı aylık testlerde **0.11 MPa**, bir yıllık testlerde ise **0.02 MPa** sonucu vermiştir (Tablo 78). Altı aylık sürede, yarmada çekme dayanımın düşmesi düşük doğal kireç miktarı yüksek bağlanma dayanıklılığı ile mikro uygulamalarda adezyon yapıcı olarak dizayn edilmiş enjeksiyon harcı olmasıdır. Peristrema 3C enjeksiyon harcı tüm dizayn edilen harçlar içinde en yüksek bağlanma dayanımına **(109kPa)** sahip harçtır (Tablo 78). Peristrema-1 harcının sonuçları ise diğer enjeksiyon harçlarına göre yüksektir bu enjeksiyon harcı duvar-sıva arası geniş ayrılmalarda kullanılmak üzere dizayn edilmiştir. Taşıyıcı duvarın yarmada çekme dayanımı **5.1 MPa** olduğundan bu enjeksiyon harcının mukavemeti düşük sıva ile mukavemeti yüksek taşıyıcı arasında denge sağlaması gereklidir. Genel uygulamalarda enjeksiyon yarmada çekme dayanımı limitleri: İki aylık testlerde 0.30-0.60 MPa; bir yıllık testlerde <1.5 MPa'dır.

---

[48] B/D: Brick/dry, 2-4mm tuğla kırığı doldurulmuş ve sıvı absorbe edilmemiş kolon.
[49] Kolonda harcın yüksekliği (h) mm olarak kaydedilir (D_h)
[50] B/W:Brick/wet, 2-4mm tuğla kırığı doldurulmuş ve sıvı absorbe edilmiş kolon.
[51] Tuğla kırığının ağırlıkça 10 dakikada su emme kapasitesi w%12, tuğla kırığının ise w%30' dur. İki farklı su emme kapasitesine sahip malzeme ile testi gerçekleştirmek standart uygulamalar için üretilecek enjeksiyon harçlarında karşılaştırmalı veri elde etme olanağı sağlamaktadır. Ihlara Vadisi pilot yapılarında %P (porozite) yüksek ve bununla doğru orantılı olarak yüksek kütlece su emme potansiyelleri olduğundan, ağırlıkça su emme potansiyeli travertene göre yüksek olan (w%30), 2-4mm tuğla kırığı dolu kolon testlerde tercih edilmiştir.

➢ Peristrema enjeksiyon harçlarında su emme kapasitesi, **A[52]=0.004 g.cm^{-2}.s$^{-1/2}$** ile **0.006 g.cm^{-2}.s$^{-1/2}$** arasındadır. (Tablo 79) Su emme kapasitesi limitleri genel uygulamalarda **A[53]=0.055 g.cm^{-2}.s$^{-1/}$2** ile **0.085 g.cm^{-2}.s$^{-1/2}$** arasında olmalıdır bunun sebebi nem ve su nedeniyle tetiklenebilecek kimyasal ve fiziksel bozulmaların oluşamaması içindir (Tablo 10). Ticari ve ticari olmayan enjeksiyon harçları içerisinde bu kadar düşük su emme kapasitesine sahip enjeksiyon harcı bulunmamaktadır. Bu enformasyon enjeksiyon harçlarının nem, su nedeniyle meydana gelebilecek bozulmalardan (çözünebilir tuzların yol açtığı v.b.) Peristrema enjeksiyon harçlarının minimum seviyede etkileneceğini göstermektedir.

➢ Peristrema enjeksiyon harçları su buharı geçirgendir. Su buharı geçirgenliği çözünebilir tuzların ara katmanlarda kristalize olmasını engelleyerek nem ve tuzların taşınması yoluyla oluşabilecek bozulmaların engellenmesini sağlar. Orijinal materyal ile enjeksiyon harcının su buharı geçirgenliğinin uyumlu olması ise katmanları arasında su buharının bariyer yaratmasını engeller. Su buharı geçirgenliğinde (WVP[54]) limit **WVP=9.0E-05 g.Pa^{-1}.h^{-1}.m^{-1}'ye eşit ya da WVP=9.0E-05 g.Pa^{-1}.h^{-1}.m^{-1} 'den büyüktür** (Tablo 80).

➢ Peristrema enjeksiyon harçları ağırlıkça hafiftir; **ρ_{wet}=1.14-1.42 g.cm^{-3}** arasında değişmektedir (Tablo 73). Enjeksiyon harçlarında genel sıvı hal ağırlık limiti, **ρ_{wet}= 1.14-1.89 g.cm^{-3}** arası olarak kabul edilmektedir.[55] **ρ_{wet}=1.14-1.42 g.cm^{-3}** arasında değişmektedir.

➢ Peristrema enjeksiyon harçlarının altı aylık testlerde bağlanma dayanımı **26-109 kPa** arasındadır. Belirlenen limit altı aylık bağlanma dayanımı testlerinde <350kPa'dır (Tablo 10-80).

➢ Peristrema enjeksiyon harçları, %40 RH'ta 21Cº'de, 48 saat içinde prizlenebilmektedir (Tablo 81).

---

[52] Su emme kapasitesi "**A**" ile gösterilir.(A: Absorbtion)
[53] Su emme kapasitesi "**A**" ile gösterilir.(A: Absorbtion)
[54] Su Buharı geçirgenliği WVP ile gösterilir. (WVP: Water Vapour Permability)
[55] Islak ağırlık **ρ_{wet} (g.cm^{-3})** olarak gösterilir.

Enjeksiyon harçlarının üretiminde ilk olarak malzeme seçimi önem kazanmaktadır. Enjeksiyon işlemi geri dönüşümsüz olduğundan üretimde kullanılan malzemelerin seçimi son derece önemlidir. Ayrıca malzemelerin kolay ulaşılabilir olması ve maliyetinin düşük olması da hedeflenmiştir. Enjeksiyon harcının dizayn edilme aşaması malzeme seçimi ve değerlendirilmesi, karışımların hazırlanması, kalite kontrollerinin yapılması ve performanslarının testlerle değerlendirilmesi ve hazırlama protokollerinin oluşturulması şeklinde olmuştur. Ihlara Vadisi duvar resimlerinin porozitesi ve hacimce su emme kapasiteleri yüksektir bunun yanı sıra sıva tabakalarının inceliği, üniform bir yüzey olmayışı ve sıva-duvar, sıva-sıva arası oluşan boşlukların inceliği ve duvar yüzeyindeki düzensizlikler nedeniyle sıva-duvar arası 1mm'den küçük tıkanma kalınlıklarına yol açması enjeksiyon harçlarının uygulanmasını imkansız hale getirmiştir. Günümüze kadar uygulanan enjeksiyon harçları içerisinde bölgede 1960 yıllardan beri çalışan duvar resmi konservatörlerinin genel görüşü uniform olmayan sıva-duvar arası boşluklara, Kazein Harcı ve Bresciani Malta 6001 dışında herhangi bir harcın uygulanamamasıdır. Fakat bu enjeksiyon harçlarının performansları değerlendirilmiş ve Kazein Harcının (C1) hacimsel değişiminin yüksek olması nedeniyle, sıva-duvar arası boşlukları doldurmadığı tespit edilmiştir. Duvar arkasında rötre olan harç, sık ve düzensiz lokal tıkanma alanları oluşturmuştur. Bu sebeple yapılan perküsyon testlerinde duvar arkası dolu gibi (tok) ses vermesine rağmen aslında duvarın mukavemetini güçlendirmeyen geçici adezyon sağlayan bir uygulama olmanın ötesine geçememektedir. Enjeksiyon işlemi bir kerede en uzun süreli korumayı sağlayacak şekilde duvarın arkasındaki boşlukları tam olarak dolduracak şekilde yapılmalıdır. Aksi taktirde yeni oluşacak boşluklara tıkanma alanları oluşturması, ileride yapılacak enjeksiyon işlemini engellemesi ve zorlaştırması kaçınılmazdır. Bunun yanı sıra enjeksiyon harcının rötre yapması nedeniyle boş kalan alanlarda biyolojik, fiziksel ve kimyasal bozulmalar için uygun çevre oluşması gibi olumsuz etkiler engellenemez. Bresciani firmasının ürettiği enjeksiyon harçları ise performans testlerinde genleşmeye yol açtığı görülmektedir. Genleşmeye uğrayan bir harcın uygulanması son derece zordur. Harç sıvı halde iken uygulandığından ve prizlenme esnasında hacmi genişlediğinden kontrolü zordur ve istenmeyen sonuçlara neden olabilir. Bunun yanı sıra üretici firmaların ticari enjeksiyon harçlarında kullanılan malzemelerin içeriğini ayrıntılı olarak yayımlamaması etik yaklaşımdan uzaktır. Konservasyon biliminde içeriği bilinmeyen bir harcın uygulanması bilimsel bir

uygulamadan uzak bir yaklaşımdır. İstenmeyen sonuçlara neden olabilir ve konservasyonun amacı olduğu gibi muhafaza etmek olduğundan bozulmaya neden olabilecek herhangi bir uygulama ile ilgili risk alınmamalıdır. Bir enjeksiyon harcının uygulanabilir olması "ideal" olduğunun göstergesi değildir. İdeal harç; duvar-sıva arasındaki boşlukları mikro ve makro çatlakları herhangi bir bozulmayı tetiklemeyecek şekilde dolduran yapı malzemesi ile mekanik olarak uyumlu, stabil, inert ve en uzun süreli korumayı sağlayan harç olmalıdır. Ayrıca ticari enjeksiyon harçlarının uygulanmasında diğer bir olumsuz durum firmaların harcın su miktarını uygulayıcının inisiyatifine bırakmalarıdır. Enjeksiyon harcının tüm reolojik özelliklerini ve dolayısıyla tüm performans özelliklerini etkileyebilecek bir maddenin inisiyatife bırakılması kabul edilemez bir durumdur. Bu durum firmaların yayımladığı tüm analiz sonuçlarını geçersiz kılmaktadır. Su miktarı bir harcın tüm performans özelliklerini etkiler. Harcın hazırlanma aşamasında tüm aşamalar hazırlanan standarda uygun olarak yapılmalıdır. Tartımdan karıştırma hızına dek her aşama, standarda uygun olarak yapılmalıdır. Ayrıca malzemelerin uygulama aşamasında karşılaşılan zorluklar raporlanmalıdır. Raporlarda yer alan bilgiler malzemelerin modifikasyonunda son derece değerli bilgilerdir.

Peristrema enjeksiyon harçları sekiz adet farklı uygulamalarda kullanılmak üzere Ihlara Vadisi Kireç Bağlayıcılı duvar resimleri için formüle edilmiş olup yapım tekniği ve mekanik fiziksel ve kimyasal özellikleri ve bozulma durumu ve %RH ve Cº, duvar nemi ve Cº enformasyonları benzer olan kireç bağlayıcılı duvar resimlerinin konservasyonunda kullanılabilir. Harçların tamamı yüksek absorvatif medyaya sahip mekanik dayanımı düşük ve %RH değeri düşük, adezyon kaybı olan kireç bağlayıcılı duvar resimleri için formüle edilmiştir.

Peristrema-1, Peristrema-1H enjeksiyon harçları sıva duvar ve sıva-sıva arasındaki geniş boşlukların doldurulması için dizayn edilmiştir. Peristrema-2 enjeksiyon harcı basınç dayanımı düşük olarak dizayn edilmiştir ve kohezyon kaybı olan ve mekanik dayanımı zayıf duvar-sıva ve sıva-sıva arası büyük boşluk ve ayrılmalarda kullanımı önerilmektedir. Peristrema-3C basınç dayanımı oldukça 0.02 MPa düşük fakat bağlanma dayanımı yüksek (109 kPa) olacak şekilde noktasal (max. 1±5 cm) lokasyonlarda düşmek üzere olan sıva parçalarının acil adezyon kaybının giderilmesi amacıyla dizayn edilmiştir.

Peristrema-6, Peristrema-7 genel olarak tüm sıva-duvar ve sıva-sıva arası çok geniş olmayan boşluk ayrılma ve çatlaklarda performans göstermek üzere dizayn edilmiştir. Peristrema-8 mikro çatlak, dairesel ve dikey ayrılmalarda yüksek akışkanlık özelliği ile kullanılabilir. Peristrema-5A sıva-sıva ve sıva duvar arası çok geniş olmayan boşluklarda kullanılması önerilmektedir. Tüm harçların akışkanlık özellikleri yüksek olduğundan uygulama esnasında enjeksiyon işleminin yapılacağı yuva hariç, enjeksiyon harcının uygulanacağı noktaya dikey açı ile üstten hava çıkışı sağlanabilecek açıklık olmasına dikkat edilmelidir. Aksi taktirde duvar içerisinde hapsolan hava basınç oluşturarak enjeksiyon harcını yer çekimine ters istikamette iterek, enjekte edildiği noktadan akışkanlığa direnç davranışı gösterecek ve enjektörün çekilmesiyle harç enjeksiyon noktasından dışarı akacaktır.

Peristrema Harçların formülasyonu hazırlama prosedürleri ve performans özellikleri her enjeksiyon harcı için ayrı tablolar haline gösterilmiştir (Tablo 83-90). Harçların hazırlanmasında bu prosedürlerin dışında yapılan her hangi bir uygulama ya da malzemelerin temin edildiği firma dışında aynı adla temin edilen herhangi bir ürün harcın tüm performans özelliklerini etkileyecektir. Bu nedenle harçların hazırlanması aşamasında prosedürlere bire bir olarak uyulması gerekmektedir. Peristrema enjeksiyon harçlarının, sahada hazırlanma aşamasında uygulayıcı konservatörlere öneriler şu şekildedir;

- Peristrema enjeksiyon harçlarında tüm ölçümler daima gram cinsinden prosedürdeki miktara uygun olarak yapılmalıdır. Stabil, kalibrasyonu düzenli olarak yapılan 0.001 g/0.01g tartı ile malzemelerin gram cinsinden tartılması gerekmektedir. Kullanılan malzemelerdeki eser miktarda değişim tüm performans özelliklerini etkilemektedir.

- Tartım ve malzemenin saklanması için kullanılacak kaplarda kontaminasyona neden olabilecek herhangi bir artık madde bulunmamalıdır. Tartım esnasında kullanılan tüm kaplar yüksek alkali ortamdan etkilenmeyecek ve hava almayacak şekilde kapaklı olmalı ve tartım öncesinde distile su ile yıkanarak asitsiz havlu kâğıtla kurulanmalıdır. Toz kazeinin tartımı esnasında metal spatula kullanılmaması tavsiye edilir. Kazein kuru haldeyken metallerle temasa geçtiğinde elektrostatik çekim oluşmaktadır.

- Her malzemenin tartımı ayrı alınmalı ve tüm kuru malzeme alkali ortamdan etkilenmeyecek kapaklı bir kaba alınarak iyice karıştırılmalıdır. Peristrema enjeksiyon harçlarının kuru olarak karıştırılmasında önce natürel hidrolik bağlayıcı kireç (NHL 2.0/NHL 3.5) ardından dolgu-agrega (Fillite106/ Roy-Cal-H/ MIN-U-SIL/SIL-KO-SIL) ve son olarak katkı malzemeleri Kazein ve HEC'in eklenmesi tavsiye edilir. Karıştırılmış kuru malzeme hava almayacak kaplarda araziye taşınabilir.

- Tüm karışımlarda distile su kullanılmalıdır. Arazide kullanılan distile suyun tuzluluk değerinin kondaktometre ile kontrol edilmesi önemlidir. Ağırlık cinsinden ölçülen su buharlaşma olmayacak şekilde kapalı cam bir kaba alınarak araziye taşınabilir.

- Su kuru malzemeye aşamalı olarak eklenmelidir. Peristrema enjeksiyon su ile karıştırılmasında Cafromo BDC 3030 Stirrer ve manuel karışımlarda yüksek alkalilerden etkilenmeyen plastik spatula kullanılmıştır. Cafromo BDC 3030 karıştırıcı harçta hibbelenmeyi önlemektedir, farklı bir marka karıştırıcı kullanılacaksa prosedüre önerilen karıştırma hızlarına çıkabilen ve harçta hibbelenmeye yol açmayacak bir alet seçilmesi son derece önemlidir. Karıştırma esnasında hibbe oluşması gözenekli bir enjeksiyon harcı elde etmemize neden olur ve bu da tüm performans özelliklerini etkiler. Karıştırma hızı ve tekniği malzemenin performans özelliklerini etkilediğinden tüm prosedüre aynen uyulmalıdır. Karıştırma saat yönünde yapılmalı ve tüm malzemenin iyi bir şekilde karıştırılmalıdır. Prosedürlerde önerilen karıştırma hızı şekli ve süresi diğer prosedürde belirtilen tüm özellikler gibi GCI laboratuarlarında %40-60 RH ve 21 Cº'de uzun çalışmaların sonucunda belirlenmiş tüm malzemenin ideal karışıma ulaşma hızı ve süresidir. Arazide ve ortamdaki sıcaklık ve %RH durumuna göre karıştırma hızı ve süresi farklılık gösterebilir.

- Peristrema enjeksiyon harçları sıvı halde karıştırıldıktan sonra stabil olduğundan segregasyona ya da ayrışmaya uğramayacak ve viskozitesinin düşmesi için tekrar karıştırmaya gerek olmayacaktır. Segregasyon, ayrışma oluşması katkı malzemelerinin (HEC-Kazein) ya da su miktarının yanlış ölçüldüğünü göstermektedir ve bu gibi durumlarda malzeme tekrar hazırlanmalıdır. Arazi

şartlarında sıcaklık ve %RH'a bağlı hızlı kurumadan etkilenmemeleri için kapalı olarak muhafaza edilerek kullanılmalıdır.

- Harçların enjekte edilmesi aşamasında mikro uygulamalarda 5ml'lik enjektör ve makro uygulamalarda 20ml enjektör 14 numara kanül ile uygulanabilir. Peristrema-8 enjeksiyon harcı 3ml enjektör ve 14 numaralı kanül ile uygulanması tavsiye edilmektedir. Plastik enjektörler alkali ortamda hızlıca aşınmaya uğradığından kireç bağlayıcılı enjeksiyon harçlarının uygulanmasında tek kullanımlık olarak kullanılmalıdırlar. Pirinç enjektör kullanımı, Peristrema enjeksiyon harçlarının uygulanmasında tavsiye edilmektedir.

- Enjeksiyon işlemi yapıldığı düzlem ve boylama göre uygulayıcı konservatörün inisiyatifinde olduğundan kullanıcı konservatörün tecrübesine bırakılmıştır.

- Enjeksiyon harcının karıştırılması esnasında arazi şartlarında hata yapılma olasılığı yüksek olduğundan, hazırlanan harcın kalite kontrollerinin yapılması gereklidir fakat kalite kontrol protokollerinin hiçbir zaman laboratuarda yapılan performans testleriyle elde edilen enformasyonu sağlamayacağı göz önünde bulundurulmalıdır. Kireç bağlayıcılı enjeksiyon harçlarında saha kalite kontrol testleri prosedürleri için bkz. (Şimşir, Rainer: 2013:69-98).

Ülkemizin çok önemli tarihi değerlerine sahip Ihlara Vadisi Kaya Kiliseleri maalesef günümüze dek, gerek ulaşım zorluğu gerek vadide çalışma zorluğu gerekçesiyle koruma uygulamaları açısından göz ardı edilmiştir. Tez çalışmamı yaptığım sırada bölgede çalışan T.C. Kültür Bakanlığı yetkilileri duvar resimlerinde sıva kaybı yaşandığını rapor etmişlerdir. Ihlara Vadisi kaya kiliselerinde acil site yönetimi yapılmalı ve uygulamaya geçirilmelidir. Ayrıca konservasyon projeleri yapılarak ivedi bir şekilde hayata geçirilmeli ve bozulma proseslerini tetikleyen durumlara karşı önlem alınarak gelecek kuşaklara aktarılmaları sağlanmalıdır.

BİBLİYOGRAFYA

American Society for Testing Materials: **1992 ASTM C294-92 (R1991)** Standard Descriptive Nomenclature of Constituents of Natural Mineral Aggregates. Philadelphia: ASTM.

American Society for Testing Materials: **1996 ASTM C1180-96** Standard Terminology of Mortar and Grout for Unit Masonry. Philadelphia: ASTM.

American Society for Testing Materials: **2008 ASTM C476-08** Standard Specification for Grout for Masonry Philadelphia: ASTM.

Asp, Misa: **Tests of İnjectable Mortars in Laboratory and Field: Conservation of Mural Paintings,** Ulf Lindborg, Stockholm: National Heritage Board. 2001. 39-44.

Baglioni, P., L. Dei, Francesca Piqué, G. Sarti, E. Ferroni: New Autogenous Lime-Based Grouts Used in the Conservation of Lime-Based Wall Paintings. **Studies in Conservation**1997 42 (1): 43-54.

Baldi, Pio., Tharros Oristano, Sardinia: Preservation of the Punic Ditch: **Methodological Consideration, Mortars, Cements and Grouts Used in the Conservation of Historic Buildings = Mortiers, ciments et coulis utilisés dans la conservation des bâtiments historiques: Symposium, 3-6.11.**1981, s.249-53. Rome: ICCROM.

Ballantyne, Anne: Stabilising the Substrate: Grouting: the Options. **Anne Ballantyne's Contribution on 28th October 1995. Conservation News 60**: 43-45.

Barcellona, S., U. Santamaria, E. Borrelli, M. Laurenzi Tabasso: Evaluation of Injection Grouting for Structural Strengthening of Ancient Buildings, **Proceedings of the International RILEM/UNESCO Congress "Conservation of Stone and Other Materials: Research-Industry-Media," Held at UNESCO** Headquarters, Paris, June 29 - July 1, 1993, 1st ed., ed. M. J. Thiel, Vol. 2, 637-43. RILEM Proceedings. No. 21. London: E & FN Spon.

Barker, A. P., N. H. Brett, J. H. Sharp: Influence of Organic Additives on the Morphology and X-Ray Diffraction Line Profiles of Synthetic Calcium Hydroxide. **Journal of Materials Science** 22: 1987 3253-60.

Bass, Angelyn: **Design and Evaluation of Hydraulic Lime Grouts for In Situ Reattachment of Lime Plaster to Earthen Walls**. Master's Thesis, University of Pennsylvania. 1998

Beas Guerrero de Luna, Maria Isabel: Consolidation of Traditional Plasters: A Laboratory Research: Terra 93: 7a **Conferência Internacional sobre o Estudo e Conservação da Arquitectura de Terra: Silves, Portugal, 24 a 29 de Outubro, 1993 = 7th International Conference on the Study and Conservation of Earthen Architecture: Silves, Portugal 24—29 October, 1993 = 7ème conférence internationale pour l'étude et la conservation de l'architecture de terre:** Silves, Portugal, 24 au 29 Octobre, 1993

Bicer-Şimşir B., Rainer Leslie: Evaluation of Injection Grouts for the Conservation of Wall Paintings and Plasters in Herculaneum, **The Getty Conservation Institute**, California, USA, 2014

Bicer-Şimşir., Rainer Leslie: **Evaluation of Lime Based Hydraulic Injection Grouts for the Conservation of Architectural Surfaces: A Manuel of Laboratory and Field Test Methods,** The Getty Conservation Institute CA, U.S.A, 2013

Bicer-Şimşir B., Griffin I., Palazzo-Bertholon B., Rainer L: "Lime-Based Injection Grouts for the Conservation of Architectural Surfaces", **Reviews in Conservation** 10, 2009 s.3–17

Binda, Luigia, Mario Berra, Giulia Baronio, Alberto Fontana.. Repair of Masonries by Injection Technique: Effectiveness, Bond and Durability Problems. in Structural Conservation of Stone Masonry: **International Technical Conference, Athens**, 31.X.-3.XI.1989 = Conservation structurelle de la maçonnerie en pierre: Conférence internationale technique, 31.X.-3.XI.1989, Athènes,. Rome: ICCROM. 1990 s. 431-41

Blanco, M. T., F. Puertas, A. Palomo, F. Acción: Infrared spectroscopy as a Complementary Technique to Identify Inorganic Salts in Ancient Deteriorated Mortars, Grouts and Plasters. **Science, Technology, and European Cultural Heritage: Proceedings of the European Symposium,** 13-16 June 1989, Bologna, Italy, ed. N. S. Baer, C. Sabbioni, and André I. Sors, 601-6. Oxford: Butterworth-Heinemann Publishers. 1991

Blanco, M. T., F. Puertas, A. Palomo, and F. Gomez: Alteration of Mortars, Grouts and Plasters in Toledo's Cathedral Due to Humidity. **Science, Technology, and European Cultural Heritage: Proceedings of the European Symposium,** 13-16 June 1989, Bologna, Italy, ed. N. S. Baer, C. Sabbioni, and A. I. Sors, 951-57. Oxford: Butterworth-Heinemann Publishers.1991

Bläuer Böhm, Christine: Assessment Of Quantitative Salt Analysis by The Water Extraction Method on Lime Mortars. **Proceedings of the 8th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone**, 30 Sept.- 4 October 1996, Berlin, ed. Josef Riederer, 1505-19. Berlin: Möller Druck and Verlag.

Brull, L., K. Komlos: Investigation of Early Shrinkage of Cement Mortars. Building **Materials: Proceedings of the 1980 European Conference,** ed. V. M. Bhatnagar,. Lancaster: Construction Press. 1981 s.13-18

Bryagin, D. E.: Some Experiments on Strengthening of Ancient Wall Painting Supports With Lime-Casein Solution. **ICOM Committee for Conservation 4th Triennial Meeting: Venice,** October 1975, Vol. 1, 75-1/12-1 to 75-1/12-9. Paris: International Council of Museums. 1975 s. 13-16

Cancino Borge, Claudia N,: Assessment of Grouting Methods for Cracks and Large Scale Detachment Repair at Casa Grande: Casa Grande Ruins National Monument. Master Thesis, University of Pennsylvania. 2001

Carturan, Giovanni, Gian Domenico Sorarù, Fabiano Vulcan:	1993 Relazione Tecnica Sulle Malte PLM-A, PLM-AL, PLM-I, PLM-M, PLM-SM e Sul Legante Per Stuccature PLM-S Della Ditta **C.T.S. s.a.s Altavilla Vicentina (VI). Technical Report**, Università Degli Studi de Trento, Dipartimento di Ingegneria dei Materiali.
Edison, Michael P.:	Hydrated Lime as an Ingredient in Historic Restoration Repair Materials. **2005 International Building Lime Symposium Proceedings**, 1-16. Arlington, VA: National Lime Association. 2005, s.1-16
Ferragni, D., M. Forti, J. Malliet, J. M. Teutonico, G. Torraca:	In-situ Consolidation of Wall and Floor Mosaics by Means of Injection Grouting Techniques. **Mosaics, No. 3: Conservation In-Situ**, Aquileia Rome: ICCROM. 1983, s.83-101.
Ferragni, D., J. Malliet, S. Di Martino, M. Forti, A. Alva,G. Torraca:	**Essais de laboratoire sur des coulis a base de ciment. In Mortars, Cements and Grouts Used in the Conservation of Historic Buildings = Mortiers, ciments et coulis utilisés dans la conservation des bâtiments historiques: Symposium**, 3-6.11.1981, Rome, 1983, s.185-206.
Ferragni, Daniela, Massimo Forti, Joseph Malliet, Paolo Mora, Jeanne-Marie Teutonico, Giorgio Torraca:	Injection Grouting of Mural Paintings and Mosaics. Adhesives and Consolidants: **Preprints of the Contributions to the Paris Congress**, 2-8 September 1984, N. S. Brommelle, Elizabeth M. Pye, Perry Smith, and Gary Thomson, 110-16. London: International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works. 1984
Forster, Alan:	Hot-lime Mortars: A Current Perspective. **Journal of Architectural Conservation** 10(3): 2004, s. 7-27.
Gil-Lim Yoon, Byung-Tak Kim, Baeck-Oon Kim, Sang-Hun Han:	**Chemical–Mechanical Characteristics of Crushed Oyster-**Shellcoastal & Harbor Engineering Research Division, Korea Ocean Research & Development Institute, South Korea, 16 October 2002

Gaetani, Maria Carolina, Ulderico Santamaria. 1998. I Materiali di Restauro: le Malte da İniezione. **Diagnosi E Progetto Per La Conservazione Dei Materiali Dell'architettura,** Anna Maria Pandolfi, Maria Luigia Stella Stampinato, 357-75. Roma: De Luca.

Gibbons, Pat.: Pozzolans for Lime Mortars. **Building Conservation Directory, Vol. 1: Stone Masonry, 5th ed.,** John Ashurst, Nicola Ashurst, 25-26. Tisbury, Wiltshire, England: Cathedral Communications. 1997

Gil, Nuno P.: Grouting as a Repair and Strengthening Technique. **Construction Repair** 10(3): 1996 s.24-26.

Gulyaz, E. Murat: **Dünya Mirasında Kapadokya**, I. Baskı 2010, İstanbul

Güleç, Ahmet: "Tarihi Yapılarda Koruma: Kimyasal Sağlamlaştırıcılar ve Koruyucular", **Yapı,** No: 185, 1997.

Güleç, Ahmet, **Bazı Tarihi Anıt Harç ve Sıvalarının İncelenmesi**, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Kimya A.B.D. 1992

Giuliani, Raffaell: **Il Restauro Dell'ipogeo Dei Flavi Nelle Catacombe Di Domitilla. In La Conservazione Delle Pitture Nelle Catacombe Romane**: Acquisizioni e Prospettive, Raffaella Giuliani, Citta del Vaticano: Pontificia Commissione di Archeologia Sacra. 2002, s.18-37

Goins, Elizabeth: A Standard Method for The Analysis Of Historic Cementitious Materials. **NCPTT Notes** 35: 2000,.s. 8-9.

Griffin, Isobel: **Pozzolanas as Additives for Grouts: An Investigation of Their Use in Wall Painting Conservation.** Master's Thesis, Courtauld Institute of Art.1997

Griffin, Isobel: **Earthen Grouts in Wall Painting Conservation: An Investigation of Their Working Properties and Performance Characteristics**. Master's thesis, Courtauld Institute of Art.1999

Griffin, Isobel: Pozzolanas as Additives for Grouts: An Investigation of Their Working Properties and Performance Characteristics. **Studies İn Conservation** 49(1):2004, s. 23-34.

Hartmann, Andreas: 1996. Investigation on Injection Grouts to Readhere Lime Mortars to Adobe Grounds. **Proceedings of the 8th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, 30 Sept.- 4 October 1996**, Berlin, ed. J. Riederer, Vol. III, 1535-46. Berlin, Germany: Möller Druck und Verlag.

Herodotos: **Herodot Tarihi,** Çev. Müntekim Ökmen, İstanbul, Remzi Kitapevi, 1991.

Henriques, Fernando, Elena Charola: Comparative Study of Standard Test Procedures for Mortars. **Proceedings of the 8th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, 30 Sept.- 4 October 1996,** Berlin, ed. J. Riederer, Vol. III, 1521-28. Berlin, Germany: Möller Druck und Verlag.

Holmström, Ingmar: Mortars, Cements and Grouts for Conservation and Repair: Some Urgent Needs of Research. **Mortars, Cements and Grouts Used in the Conservation of Historic Buildings = Mortiers, ciments et coulis utilisés dans la conservation des bâtiments historiques: Symposium, 3-6.11.**1981, Rome, 19-24. Rome: ICCROM.

Ignoul, S., D. Van Gemert, F. Van Rickstal: Application of Mineral Grouts for Structural Consolidation of Historical Monuments. Internationale Zeitschrift Für Bauinstandsetze, **International Journal For Restoration Of Buildings And Monuments 9(4)**: 2003, s.365-82.

Jinglong Liu: Composition of Chemical Grout and the Appropriate Temperature for Treatment of Grotto Rock. **International Conference on the Conservation of Grotto Sites: Conservation of Ancient Sites on the Silk Road: October 3-8, 1993,** Mogao Grottoes at Dunhuang: Abstract & Programs, Dunhuang Academy, Getty Conservation Institute, and Chinese National Institute of Cultural Property, 75. Marina del Rey, Calif.: Getty Conservation Institute.

Karaveziroglou, M.: Traditional Mortars Grouts: Anasteloseis Vyzantinon Kai Metavyzantinon Mnemeion: Praktika Tou Diethnous Symposiou Thessalonikes, 11-13 Dek. 1985 = **Restoration of Byzantine and Post-Byzantine Monuments: Proceedings of the İnternational Symposium of Thessaloniki, 11-13 December 1985**, ed. P. Astrinidou,1986,s.403-14. Thessalonike

Karaveziroglou, M., J. Papayianni, G. Penelis: Mortars and Grouts in Restoration of Roman and Byzantine Monuments. in Compatible Materials for the Protection of European Cultural Heritage, Guido Biscontin, Antonia I. Moropoulou, Mustafa Erdick, Jose Delgado Rodrigues, Vol. 2, 219-45. PACT. Vol. 56, Athens: Technical Chamber of Commerce. 1998, s.45-219

Kasparov, Serguéi, Svetlana Tamaéva: Les Nouvelles Méthodes De Refixage Par İnjection Dans Les Supports D'enduit Des Peintures Murales = **The New Methods of Refixing by Injection in the Paint Layer of Wall Paintings. 9th Triennial Meeting: Dresden, German Democratic Republic, 26-31 August, 1990** Preprints: ICOM Committee for Conservation: Kirsten Grimstad, 513-17. Los Angeles: ICOM Committee for Conservation and Getty Conservation Institute. 1986

Kostof, Spiro: **Caves of God, Cappadocia and Its Churches,** Oxford University Press, New York-Oxford, 1989.

Laurenzi Tabasso, M., P. Sammuri: 1984. Evaluation of Mortars for Use in Conservation from the Standpoint of the Release of Soluble Salts**. ICOM Committee For Conservation, 7th Triennial Meeting, Copenhagen**, 10-14 September 1984: Preprints: Diana de Froment, Vol. 1, 84.10.8 to 84.10.11. Paris: International Council of Museums in Association with the J. Paul Getty Trust.

Laurenzi Tabasso, Marisa, Stefan Simon: Testing Methods and Criteria for the Selection/Evaluation of Products for The Conservation of Porous Building Materials. **Reviews in Conservation (7)**: 2006, s. 67-82.

Lea, F. M.: **The Chemistry of Cement and Concrete**. 3rd ed. London: Edward Arnold. 1970

Livesey, Paul: Succeeding with Hydraulic Lime Mortars. **Journal of Architectural Conservation 8(2):** ,2002, s. 23-37.

Matero, Frank G.: A Programme for the Conservation of Architectural Plasters in Earthen Ruins in the American Southwest. **Conservation and Management of Archaeological Sites 1(1):** 1995, s.-24.

Matero, Frank G., Angelyn Bass: Design and Evaluation of Hydraulic Lime Grouts for the Reattachment of Lime Plasters on Earthen Walls. **Conservation and Management of Archaeological Sites 1(2):** 1995, s. 97-108.

Militiadou Fezans, Androniki, Elizabeth Vintzileou, Eliza Papadopoulou, Anna Kalagri.. Mechanical Properties of Three-Leaf Stone Masonry After Grouting. **Proceedings of the 5th International Conference [on] Structural Analysis of Historical Constructions: Possibilities of Numerical and Experimental Techniques, 6-8 November 2006:** Paulo B. Lourenço, P. Roca, C. Modena, and S. Agrawal, 791-98. New Delhi:

Macmillan. Miltiadou-Fezans, Andoniki:	1998. Criteria for the Design of Hydraulic Grouts Injectable into Fine Cracks and Evaluation of their Efficiency. In Compatible Materials for the Protection of European Cultural Heritage, ed. Guido Biscontin, Antonia I. Moropoulou, Mustafa Erdick, and Jose Delgado Rodrigues, 149-63. PACT. vol. 56, Athens: Technical Chamber of Commerce. 2007
Özdemir Adnan:	Bazı Yapı Malzemelerin Kapiler Su Emme Potansiyelleri, Capillary Water Absorption Potentials of Some Building Materials, Selçuk Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Konya; **Jeoloji Mühendisliği 26 (1)** 2002 19
Ötüken, Yıldız:	**Göreme**, Kültür ve Turizm Bakanlığı Yayınları; 759, 1987
Penelis, G., M. Karaveziroglou, J. Papayanni:	Grouts for Repairing and Strengthening Old Masonry. In Structural Repair and Maintenance of Historical Buildings, ed. C. A. Brebbia. Southampton: Computational Mechanics. 1989, a.197-88
Perry, Mark:	Review of "Stablising the Substrate: Grouting: The Options," **28 October 1995 at the British Museum. Conservation News 59: 50,**1996 s.50
Quayle, Nicholas:	Grouting. **Conservation News 46**: 1991, s.36-39.
Restle, Marcell:	**Byzantine Wall Painting in Asia Minor,** Vol. I-III, Verlag AurelBongers, Recklinghausen, 1967
Suneson, Carola:	Hydraulic Lime Based Injectable Mortars. **Conservation of Mural Paintings,** ed. Ulf Lindborg, Stockholm: National Heritage Board. 2001, s.45-51
Schwartzbaum Paul M:	Tokalı Kilise Tenth-Century Metropolitan Art in Byzantine Cappadocıa, **Dumbarton Oaks Research Library and Collection, 1986**, Wasihington DC, 1986 s.33-59
T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Restorasyon-Konservasyon Merkez Laboratuarı:	Göreme Vadisi Duvar Resimleri Koruma Projesi Yazılı Raporları, 1971-

Teutonico, Jeanne Marie, Geoff Ashall, Elizabeth Garrod, Tim Yates: A Comparative Study of Hydraulic Lime-Based Mortars. **International RILEM Workshop On Historic Mortars, Characteristics And Tests**: Paisley, Scotland, 12th-14th May 1999: P. Bartos, C. Groot, and J. J. Hughes, Cachan, France: RILEM Publications. 2000, s, 339-49
Rome: ICCROM. 1988

Teutonico, Jeanne Marie: **A Laboratory Manual for Architectural Conservators**, Teutonico, Jeanne Marie 1996. The Smeaton Project: Factors Affecting the Properties of Lime-Based Mortars. **A Future for the Past: A Joint Conference of English Heritage and the Cathedral Architects Association: 25-26 March 1994**, ed. Jeanne Marie Teutonico, s. 13-23. London: James & James. 1994

Toumbakari, E. E., D. Van Gemert, T. P. Tassios: Methodology for the Design of İnjection Grouts for Consolidation of Ancient Masonry. in International **RILEM Workshop on Historic Mortars, Characteristics and Tests: Paisley, Scotland**, 12th-14th May 1999, P. Bartos, C. Groot, J. J. Hughes, 395-405. Cachan, France: RILEM Publications. 2000

Toumbakari, Eleni-Eva, Dionys Van Gemert: Lime-Pozzolana-Cement Injection Grouts for the Repair and Strengthening of Three-Leaf Masonry Structures. **Proceedings 4th International Symposium on the Conservation of Monuments in the Mediterranean: New Concepts, Technologies and Materials for the Conservation and Management of Historic Cities, Sites and Complexes: Rhodes, 6-11 May 1997**, ed. Antonia I. Moropoulou, F. Zezza, E. Kollias, I. Papachristodoulou, Athens: Technical Chamber of Greece. 1997, s. 94-385

Toumbakari, Eleni-Eva, Dionys Van Gemert, Nemat Tenoutasse: Injection Grouts for Ancient Masonry: Strength Properties and Microstructural Evidence. **Compatible Materials For The Protection Of European Cultural Heritage**: Guido Biscontin, Antonia I. Moropoulou, Mustafa Erdick, Jose Delgado Rodrigues, Vol. 2, 191-200. PACT. Vol. 56, Athens: Technical Chamber of Commerce. 1998 s. 191-200

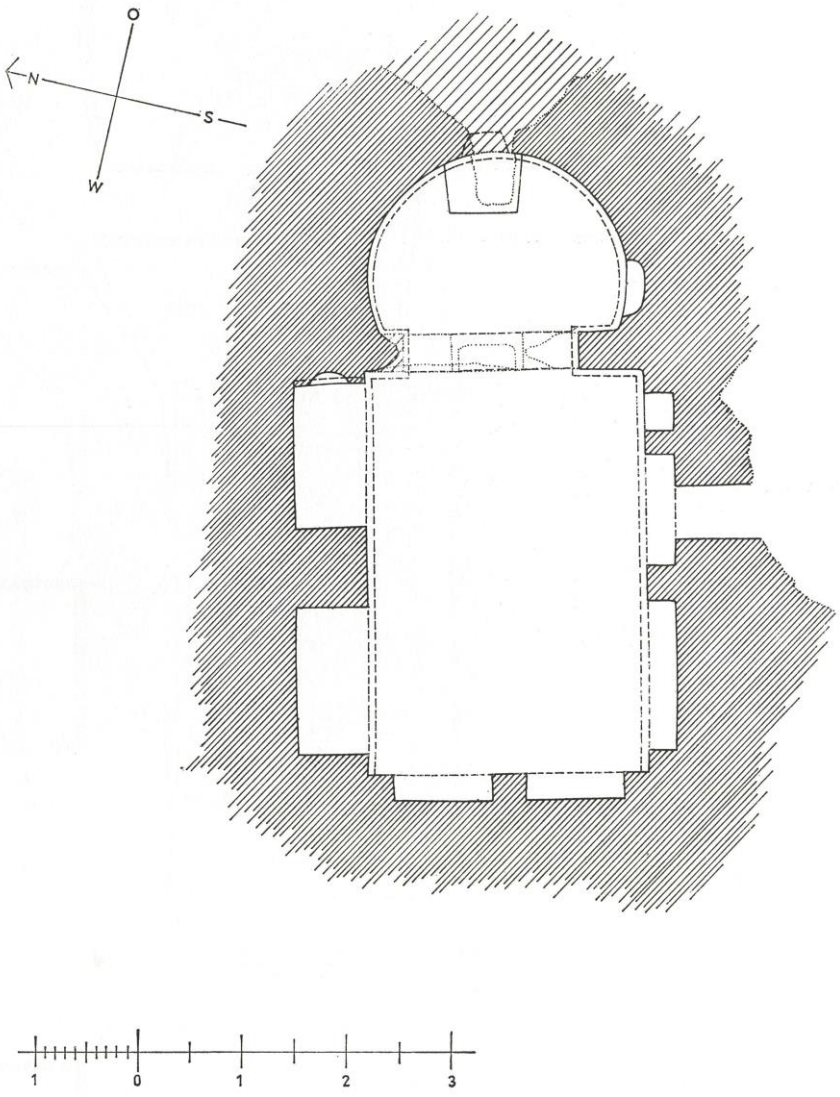
Valluzzi, M. R.: Requirements for the Choice of Mortar and Grouts for Consolidation of Three-Leaf Stone Masonry Walls, **Paper Presented At: Programme RILEM Workshop "Repair Mortars for Historic Masonry," Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Delft University of Technology**, The Netherlands 26–28 January 2005

Van Rickstal, F.: Grout Injection of Masonry, Scientific Approach and Modeling. **Internationale Zeitschrift Für Bauinstandsetzen, International Journal for Restoration of Buildings and Monuments 7(3-4):** s.407-32.

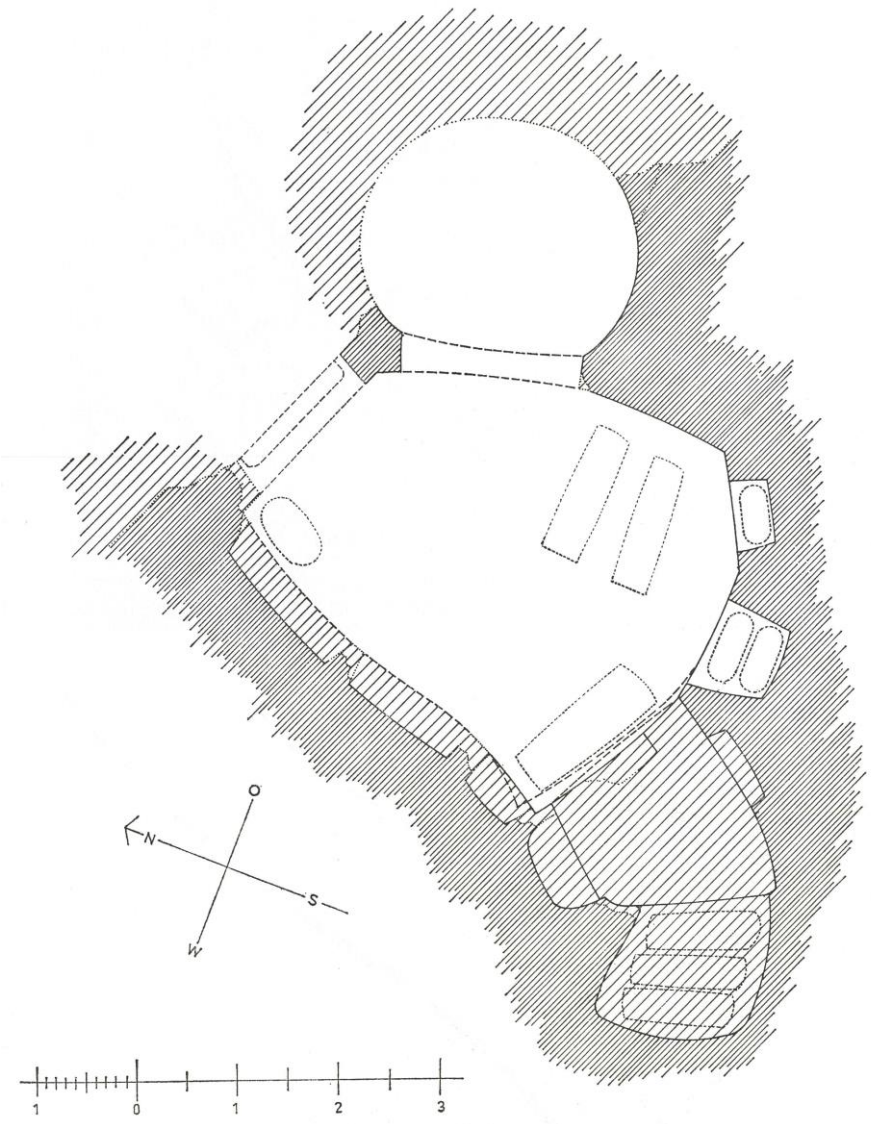
Van Rickstal, F., E. E. Toumbakari, S. Ignoul, D. Van Gemert: Development of Mineral Grouts for Consolidation Injection. in Consolidation of Masonry: Dionys Van Gemert, 61-75. **Advances in Materials Science and Restoration. Vol. 1**, Freiburg: AEDIFICATIO Verlag. 2003, s. 61-75

Wong, Kelly H.: **Assessment of the Grout Used for the Structural Stabilization of the Early Phrygian Citadel Gate at Gordion, Turkey**. Master's Thesis, University of Pennsylvania. 2006.

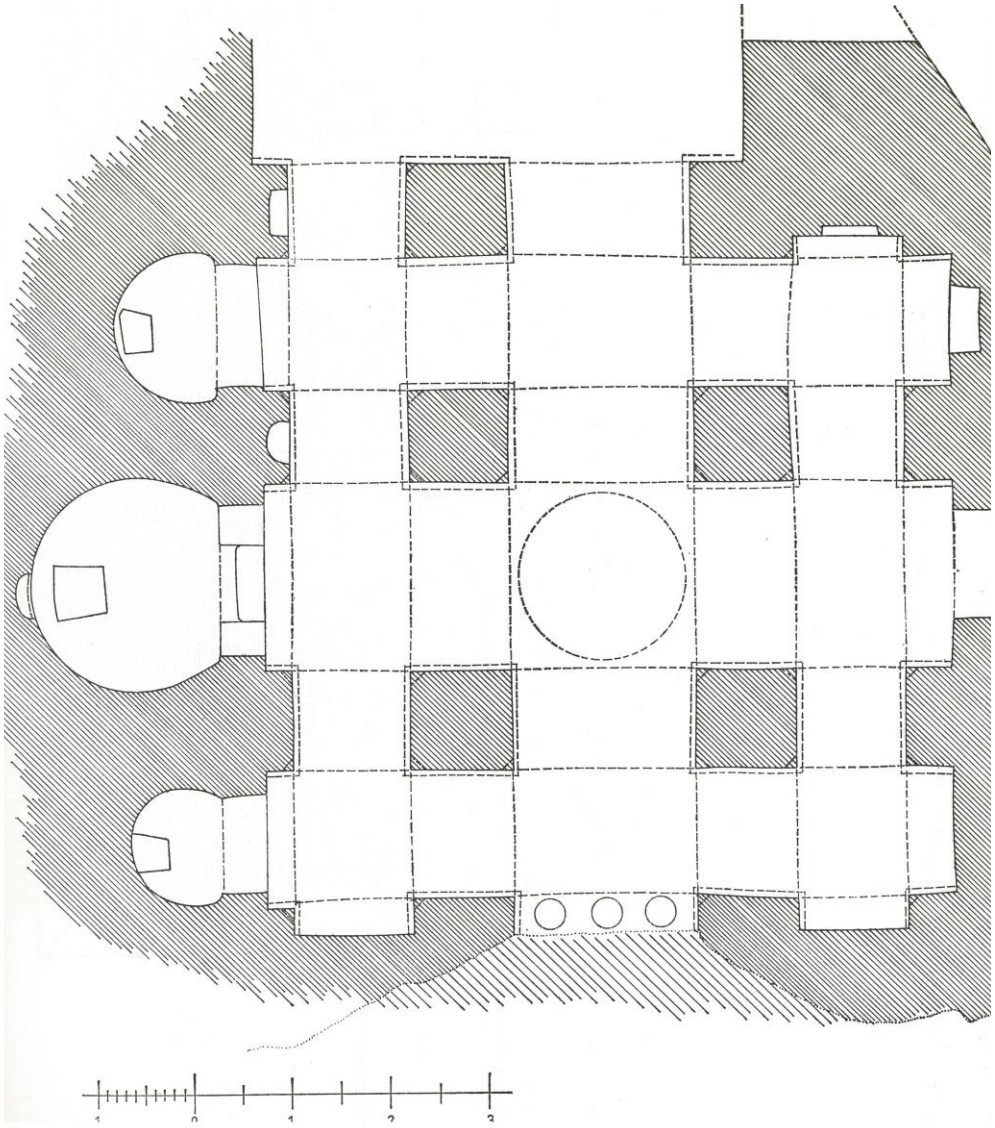
Zajadacz, Karina, Stefan Simon: Grouting of Architectural Surfaces: The Challenge of Testing. **Theory And Practice in Conservation: International Seminar, 1st ed., ed. J. Delgado Rodrigues, and J. Manuel Mimoso, 509-17. Lisbon: National Laboratory of Civil Engineering.** 2006



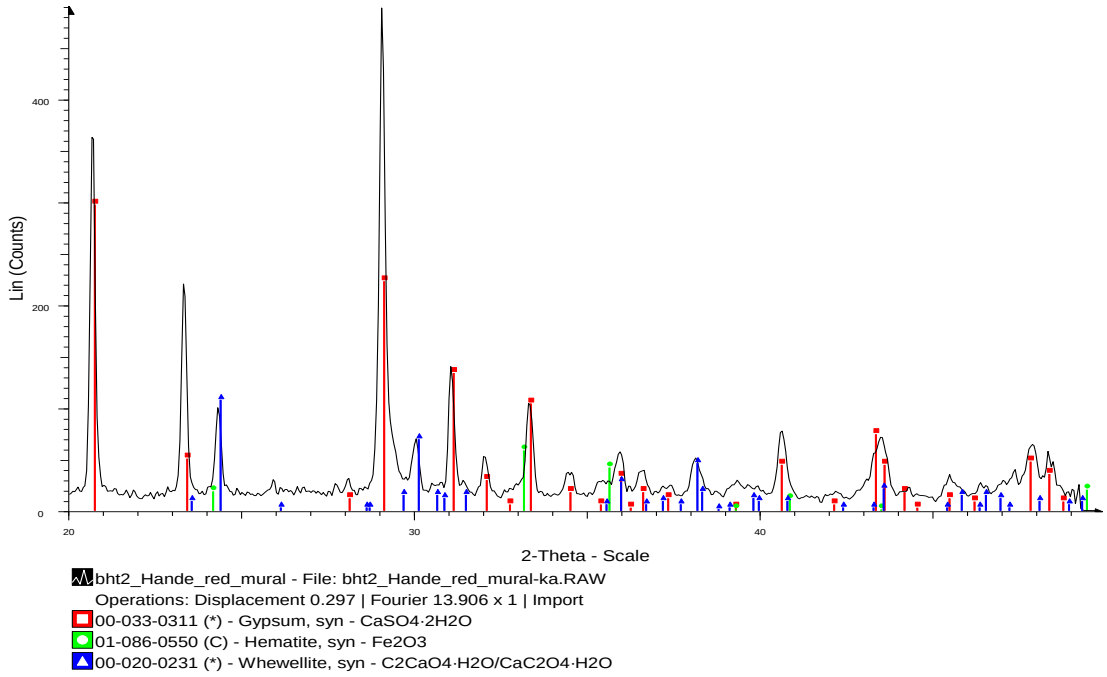
Plan 1: Bahattin Samanlığı Kilisesi planı (Restle 1967 III: LXI)



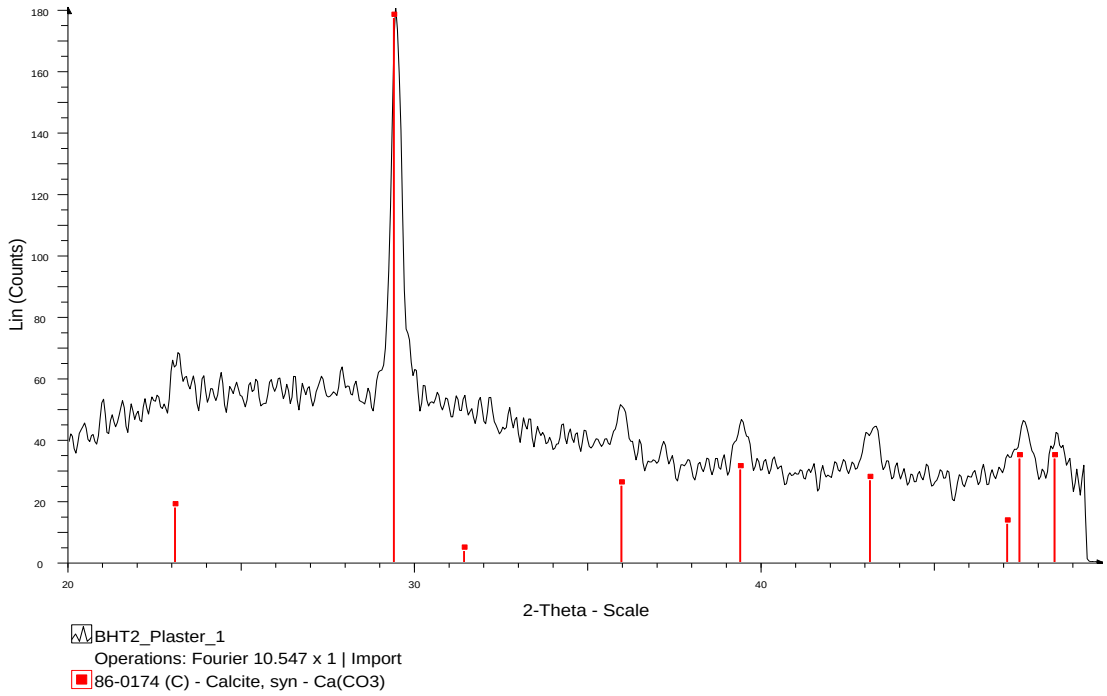
Plan 2: Kırkdamaltı Kilisesi planı (Restle 1967 III: LX)



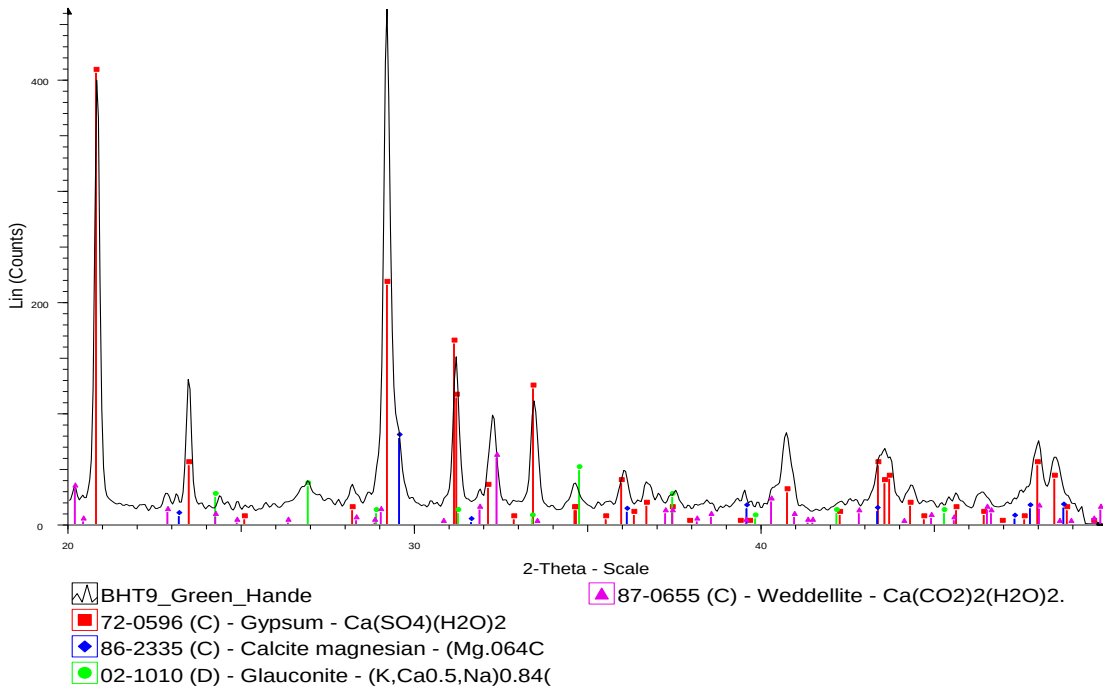
Plan 3: Direkli Kilise planı (Restle 1967 III: LXII)



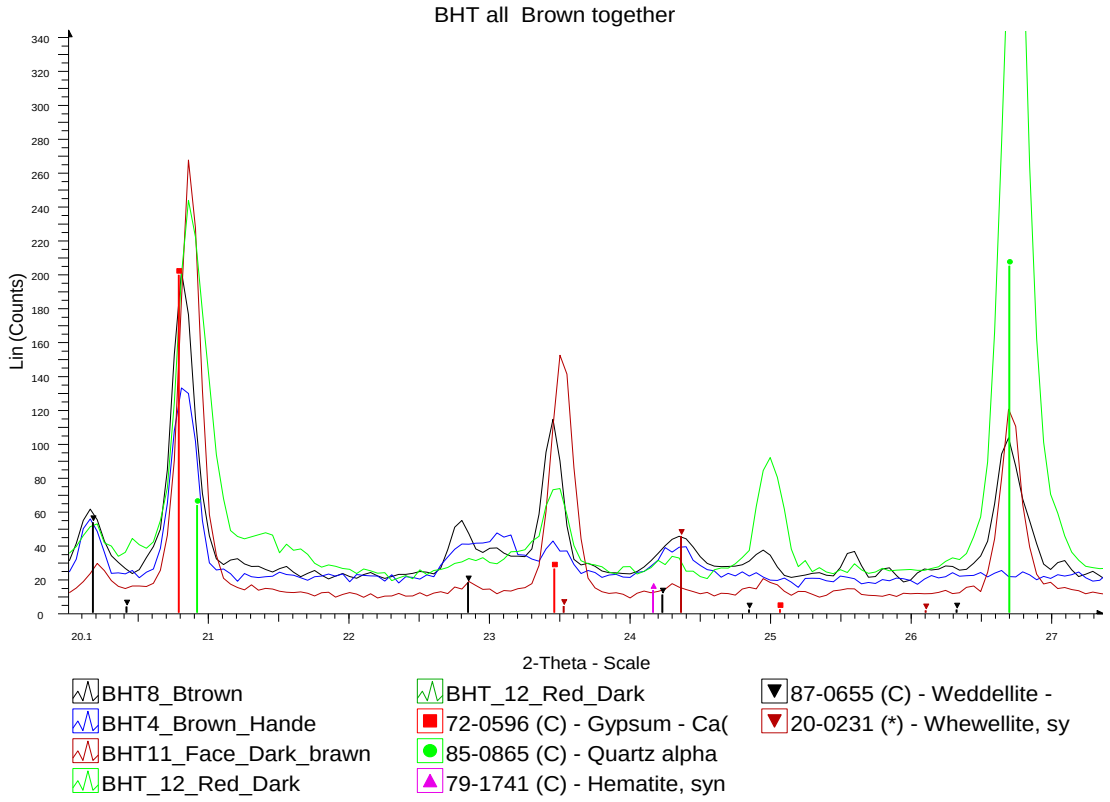
ŞEKİL 1: BHT-2P ÖRNEĞİ XRF-XRD GYPSUM $CaSO_4.2H_2O$ DETEKTE EDİLMİŞTİR



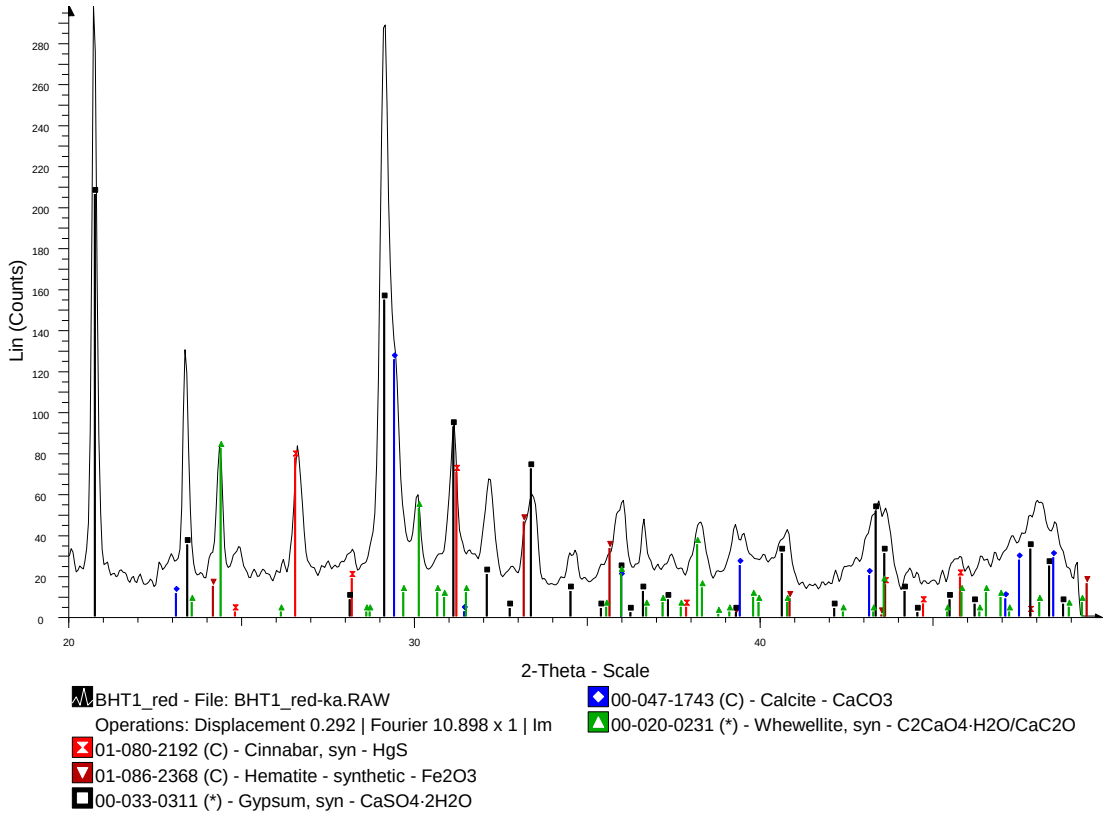
ŞEKİL 2: BHT-2P PURE KALSİT Ca (CO_3) DETEKTE EDİLMİŞTİR



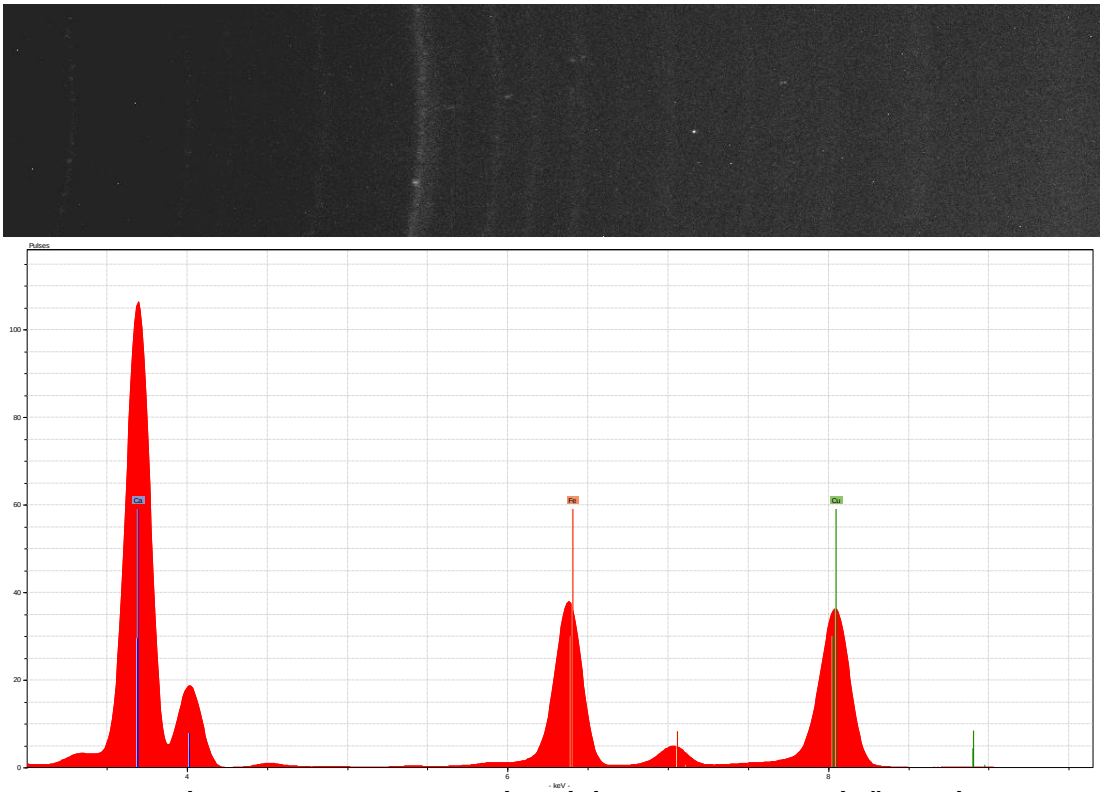
ŞEKİL 3: BHT-9 P GYPSUM'UN KALSİTE GÖRE DOMİNANT OLDUĞU GÖRÜNÜYOR



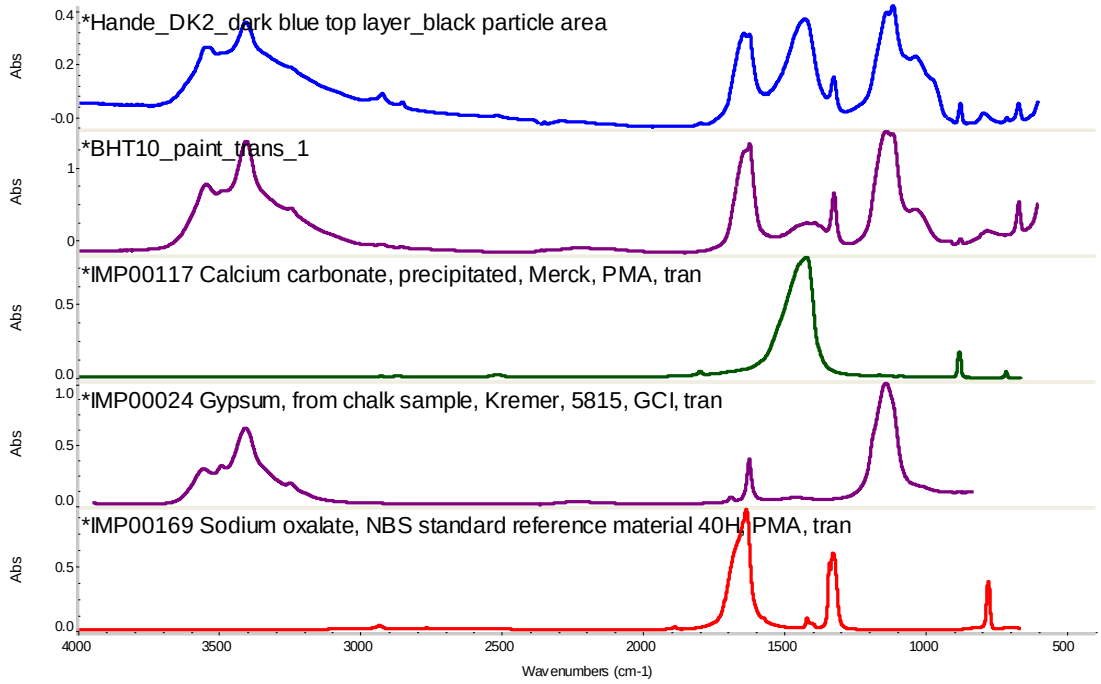
ŞEKİL 4: KARŞILAŞTIRMALI BHT-P ÖRNEKLERİNDE GYPSUM $CaSO_4.2H_2O$ DETEKTE EDİLDİ.



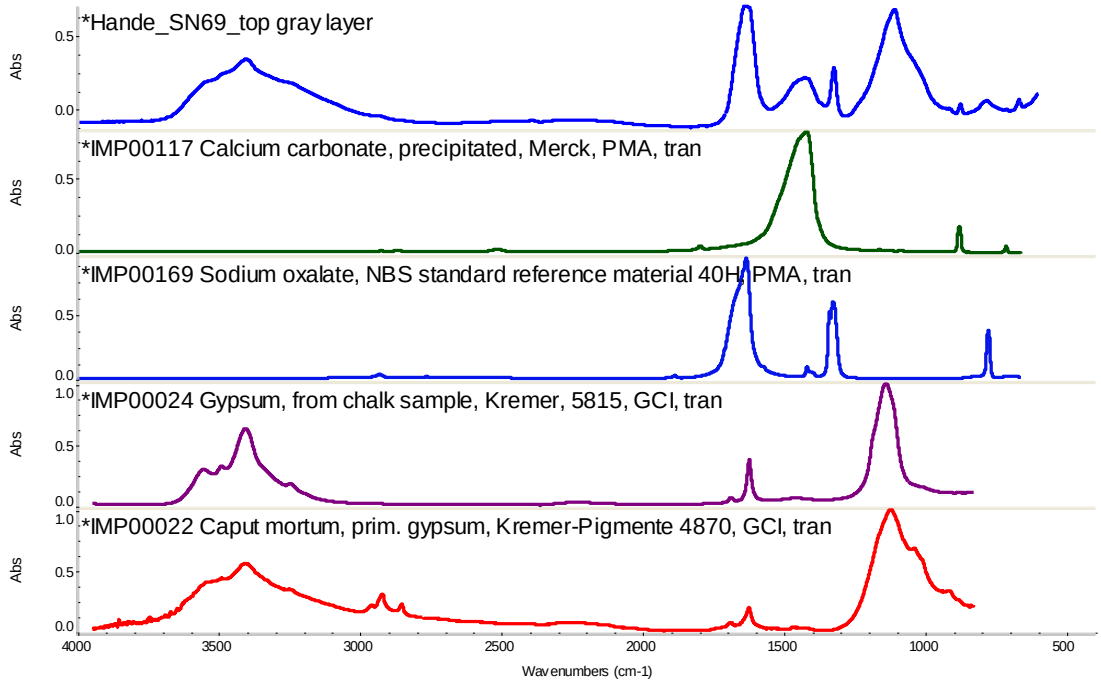
ŞEKİL 5: XRF BHT 1P GYPSUM $CaSO_4.2H_2O$ BOYA İÇERİSİNDE DETEKTE EDİLDİ



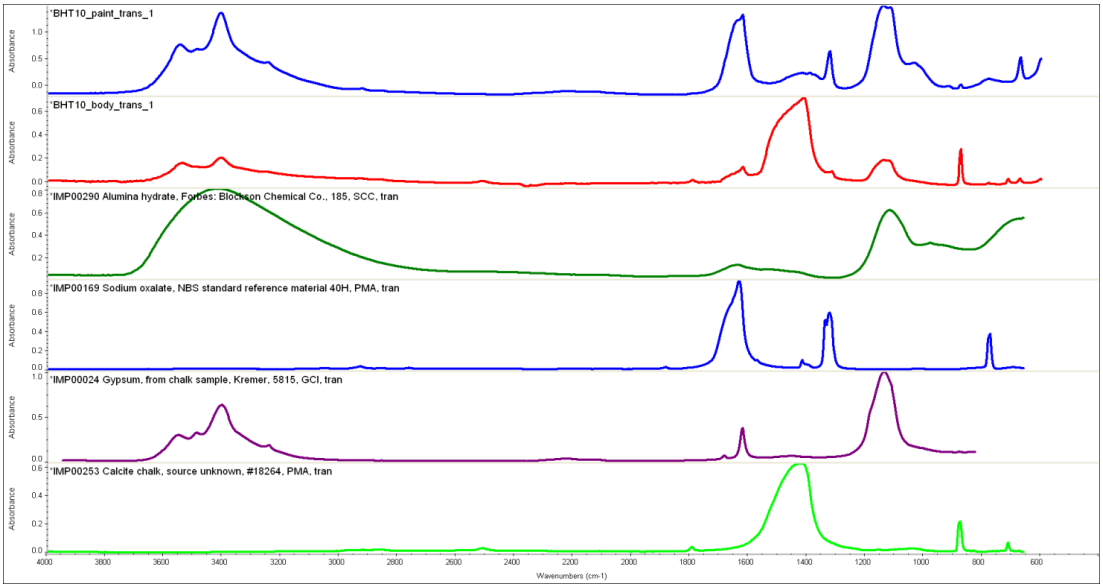
ŞEKİL 6: BHT 1P XRF/ BOYA İÇERİSİNE GYPSUM PARTİKÜLLERİ



ŞEKİL 7: FTIR/ DK 2P KALSİYUM KARBONAT, GYPSUM, SODYUM OKSALAT DETEKTE EDİLDİ



ŞEKİL 8: FTIR/ SNG 9P KALSİYUM KARBONAT, GYPSUM, SODYUM OKSALAT ,CAPUT MORTUM DETEKTE EDİLDİ



ŞEKİL 9: FTIR/ BHT10P KALSİYUM KARBONAT, GYPSUM, SODYUM OKSALAT DETEKTE EDİLDİ



Fotoğraf 1: Ihlara Vadisi genel görünüm.(Vikipedi, Ihlara Vadisi)



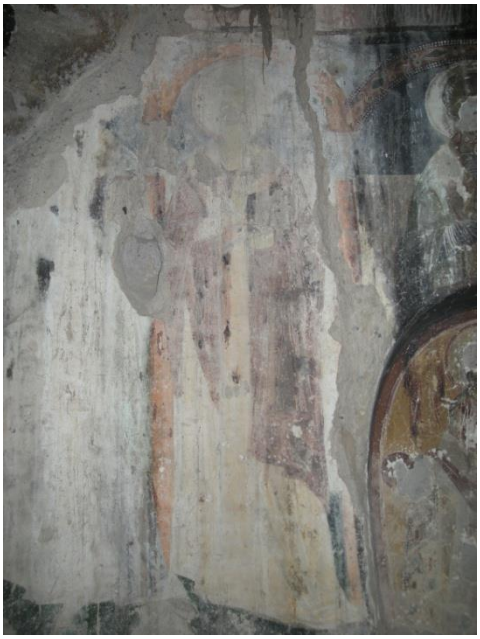
Fotoğraf 2: Ihlara Vadisi genel görünüm (H. GÜNÖZÜ)



Fotoğraf 3: Bahattin Samanlığı Kilisesi apsis (H.GÜNÖZÜ)



Fotoğraf 4: Bahattin Samanlığı Kilisesi (H.GÜNÖZÜ)



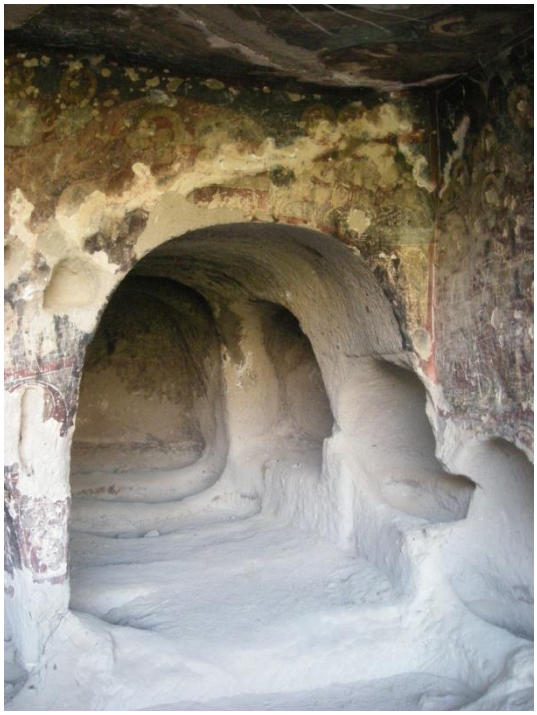
Fotoğraf 5: BHT su erozyonu. (H.GÜNÖZÜ)



Fotoğraf 6: Saint George (Kırkdamaltı) Kilisesi (H.GÜNÖZÜ)



Fotoğraf 7: Saint George Kilisesi Vandalizm ve erozyon (H.GÜNÖZÜ)



Fotoğraf 8: Saint George Kilisesi tuzlanma nedeniyle erozyon.
(H. GÜNÖZÜ)



Fotoğraf 9: Saint George Kilisesi Pantokrator İsa, Tuz Hareketleri
(H.GÜNÖZÜ)



Fotoğraf 10: Direkli Kilise (H.GÜNÖZÜ)



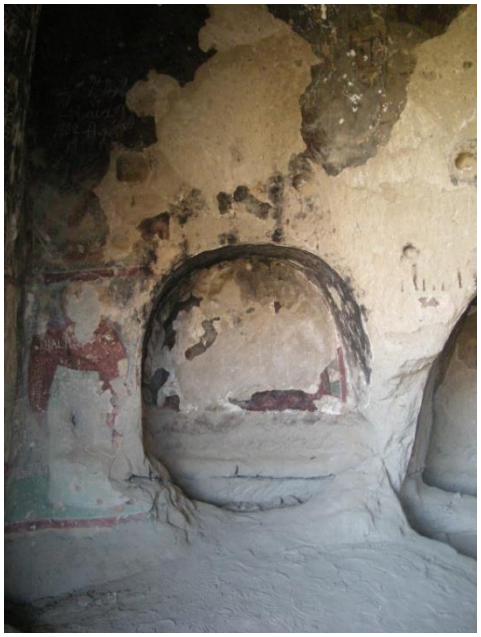
Fotoğraf 11: Direkli Kilise sıva ayrılmaları. (H.GÜNÖZÜ)



Fotoğraf 12: Direkli Kilise apsis sıva ayrılmaları. (H.GÜNÖZÜ)



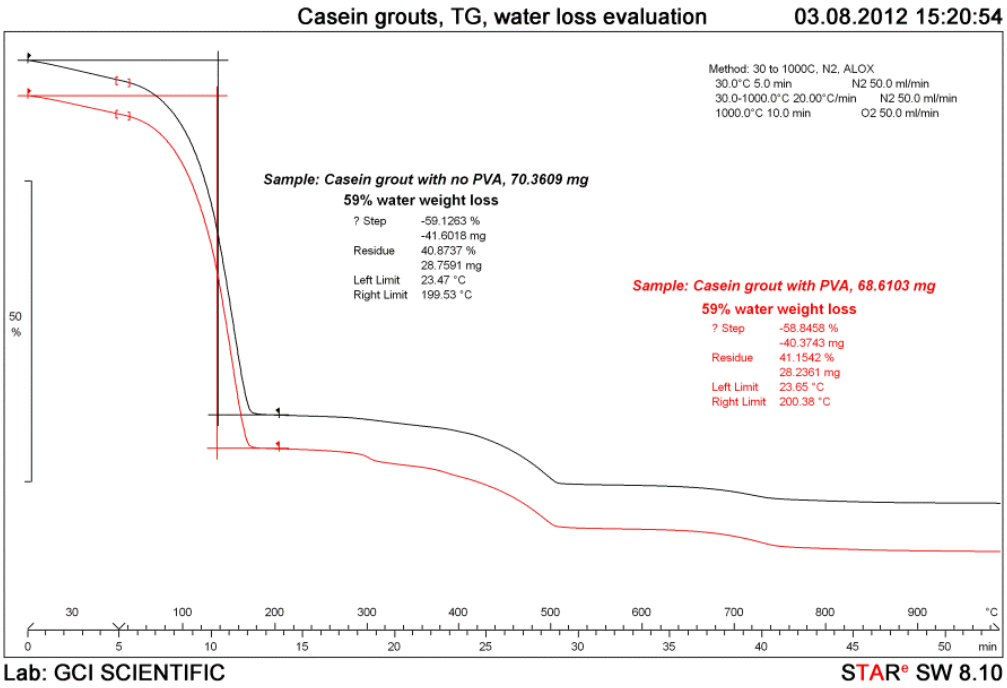
Fotoğraf 13: Direkli Kilise apsis sıva ayrılmaları. (H.GÜNÖZÜ)



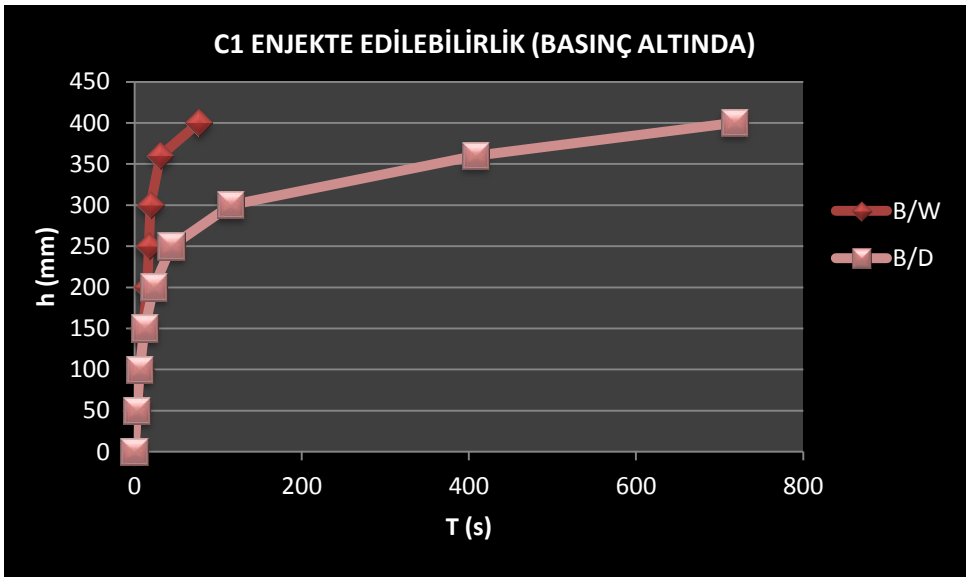
Fotoğraf 14: Saint George Kilisesi sıva ayrılmaları. (H.GÜNÖZÜ)



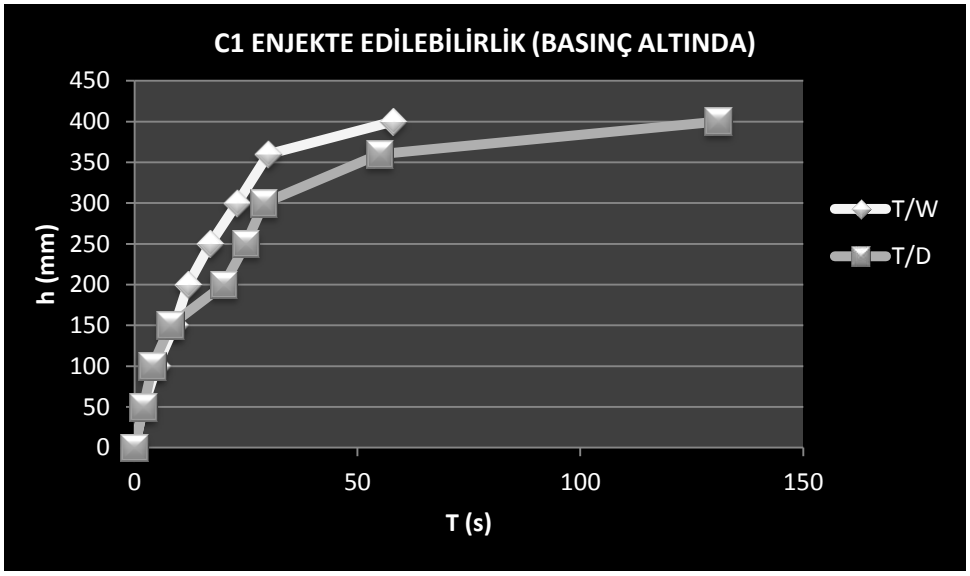
Fotoğraf 15: Saint George Kilisesi mikro sıva ayrılmaları. (H.GÜNÖZÜ)



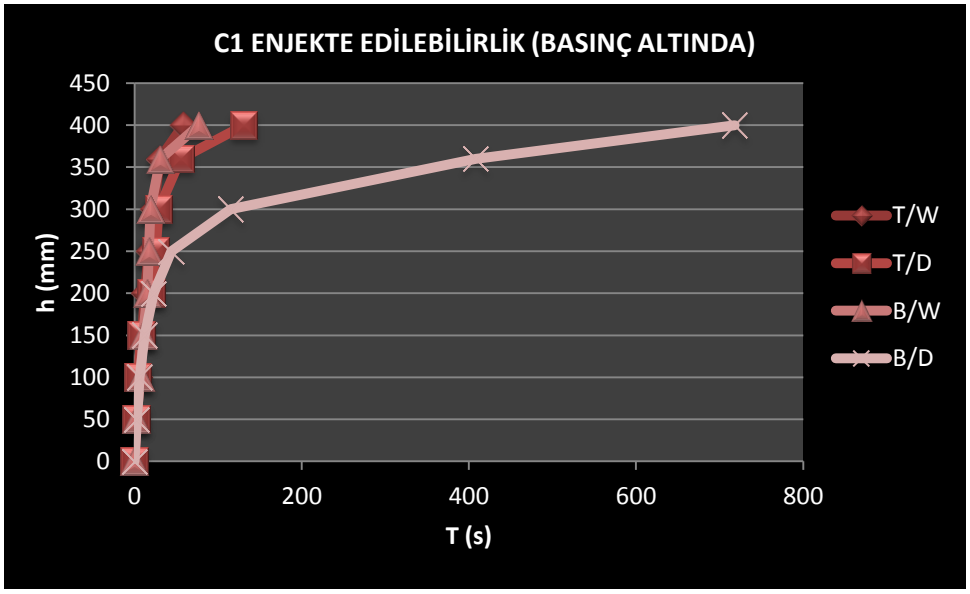
GRAFİK 1: KAZEİN HARCI (C1) TC VERİLERİ



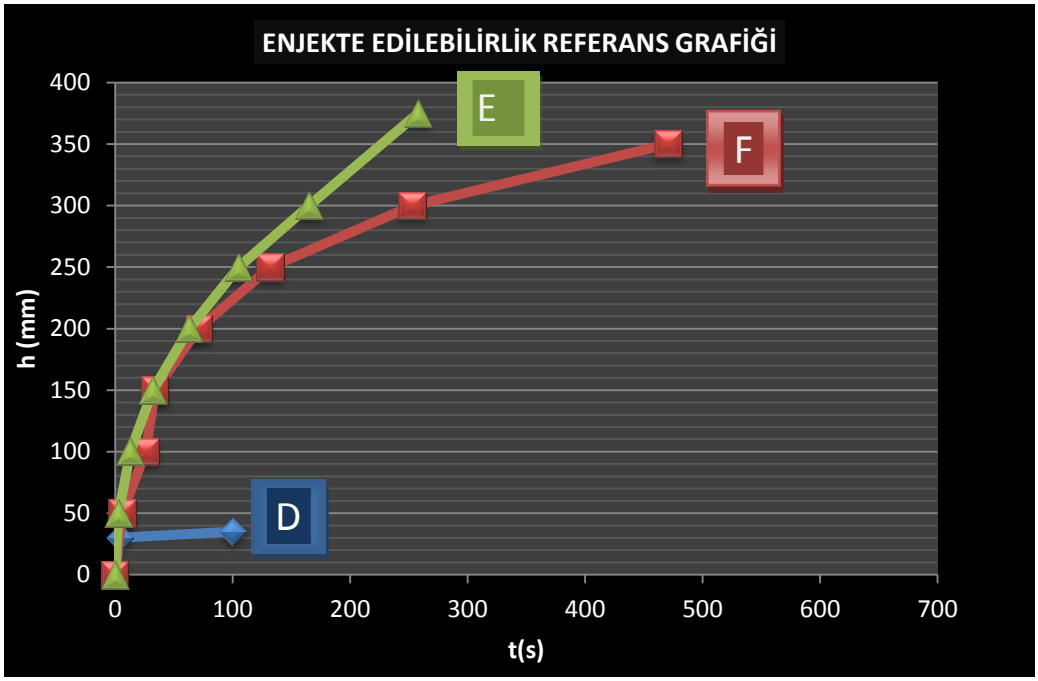
GRAFİK 2: ENJEKTE EDİLEBİLİRLİK (BASINÇ ALTINDA) B/W, B/D



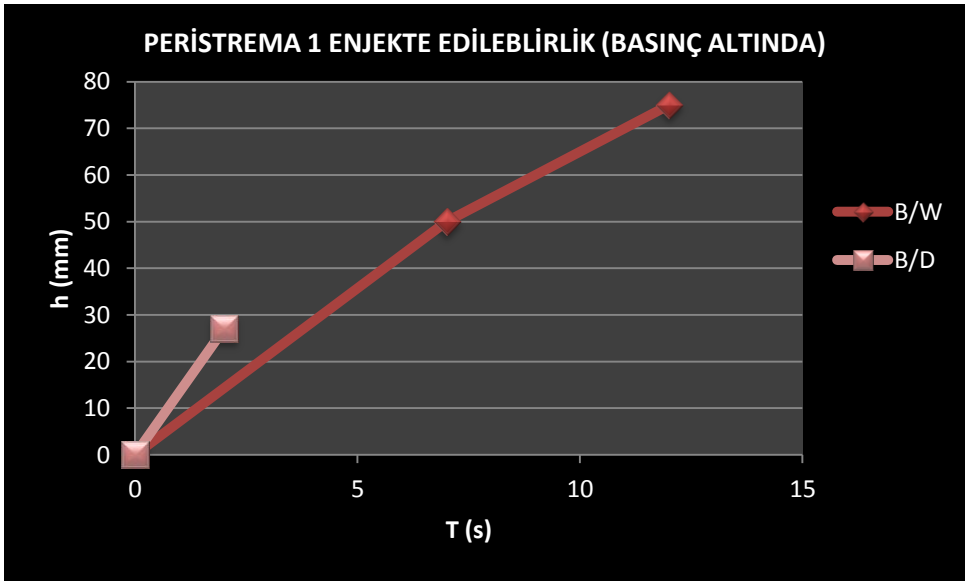
GRAFİK 3:KAZEİN HARCI (C1) ENJEKTE EDİLEBİLİRLİK (BASINÇ ALTINDA) T/W,T/D



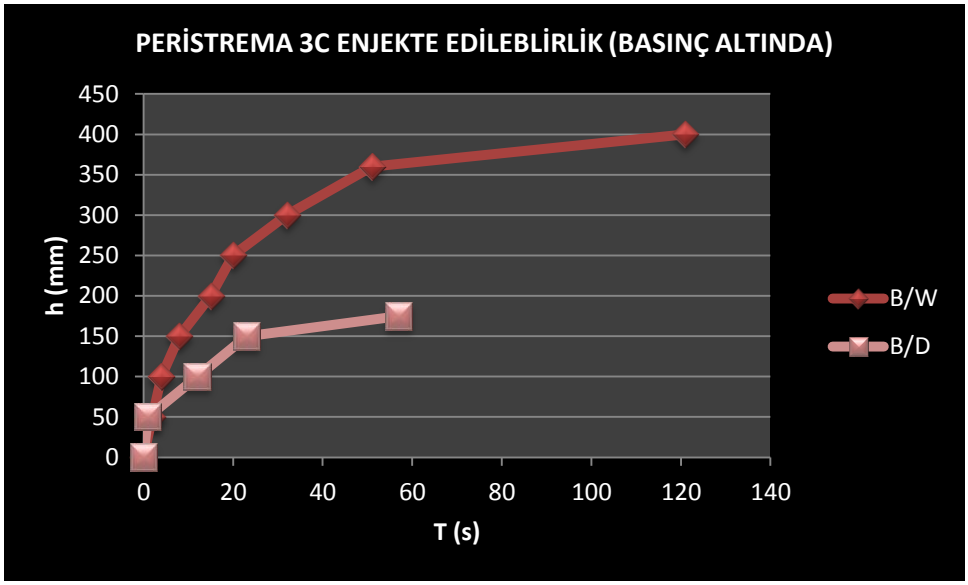
GRAFİK 4: KAZEİN HARCI (C1) ENJEKTE EDİLEBİLİRLİK (BASINÇ ALTINDA) B/W, B/D-T/W,T/D KARŞILAŞTIRMA GRAFİĞİ



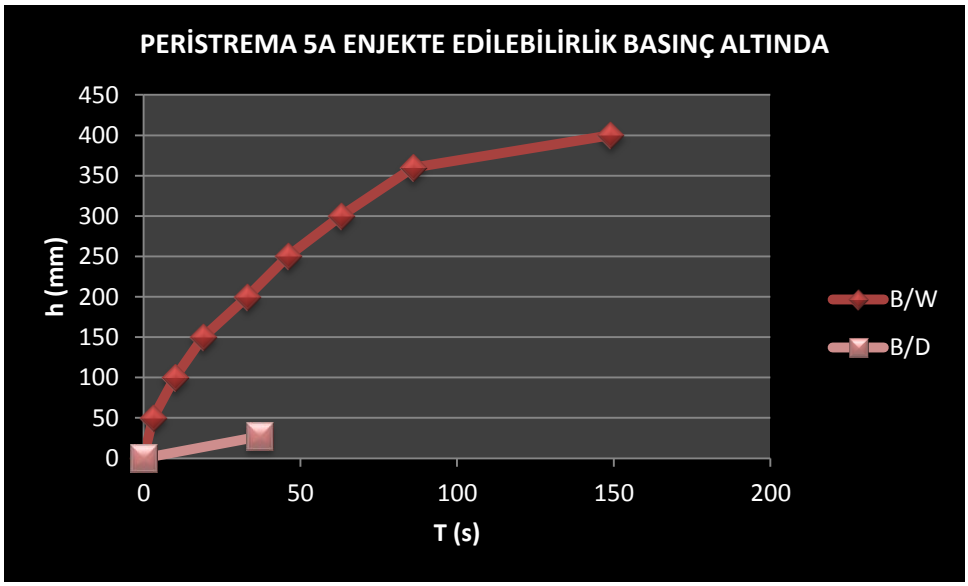
GRAFİK 5: ENJEKTE EDİLEBLİRLİK TESTİ (BASINÇ ALTINDA) REFERANS LİMİTLERİ GRAFİĞİ



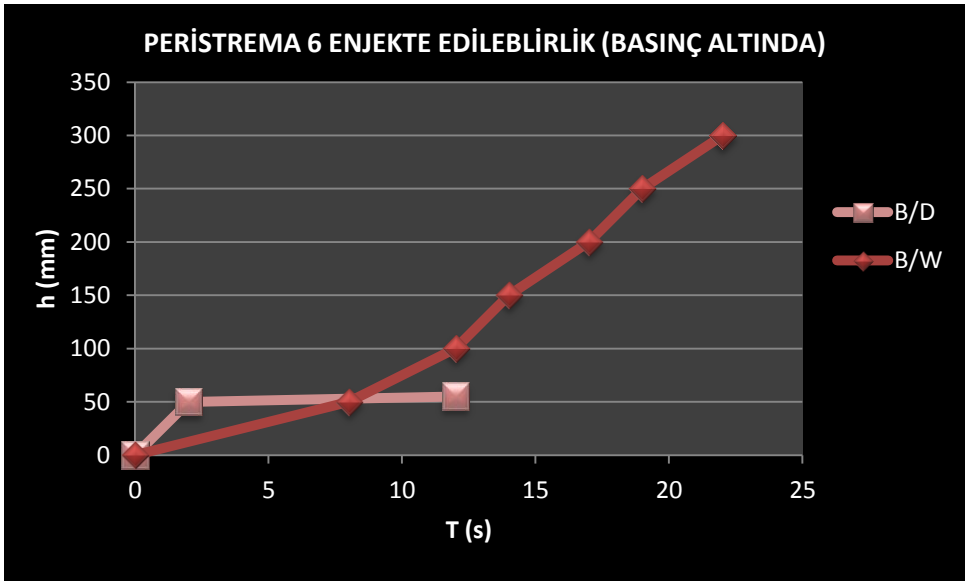
GRAFİK 6: PERISTREMA-1 ENJEKTE EDİLEBİLİRLİK (BASINÇ ALTINDA)



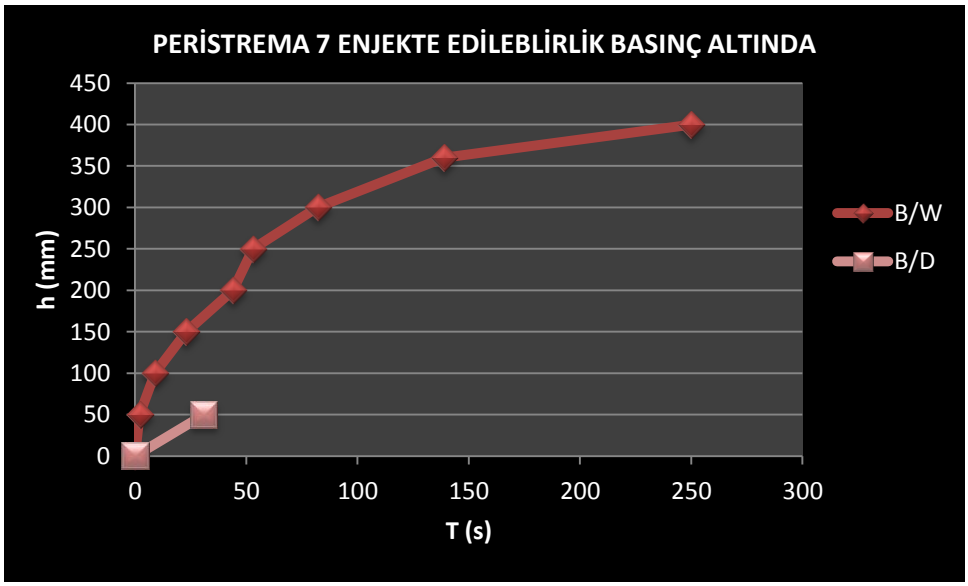
GRAFİK 7: PERISTREMA-3C ENJEKTE EDİLEBİLİRLİK (BASINÇ ALTINDA)



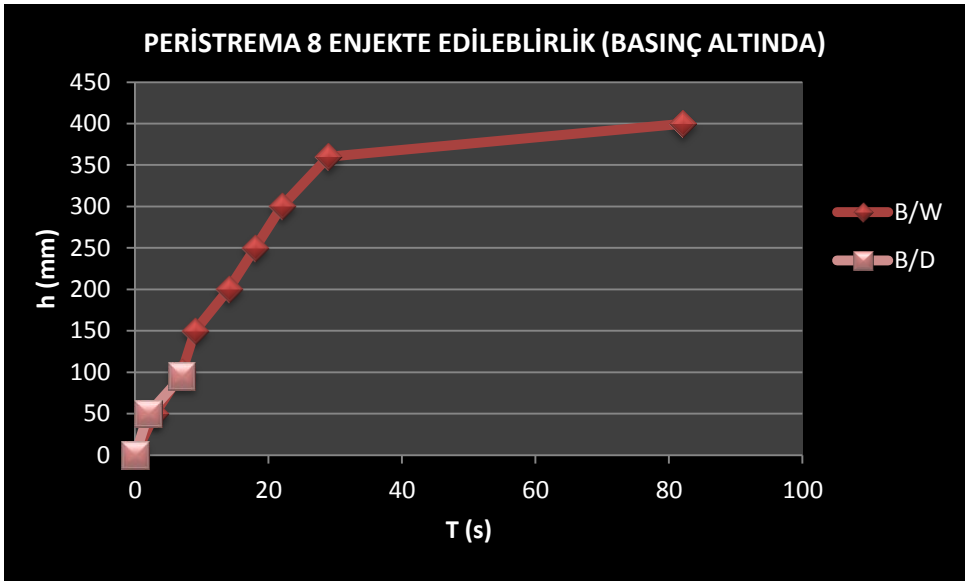
GRAFİK 8: PERISTREMA-5A ENJEKTE EDİLEBİLİRLİK (BASINÇ ALTINDA)



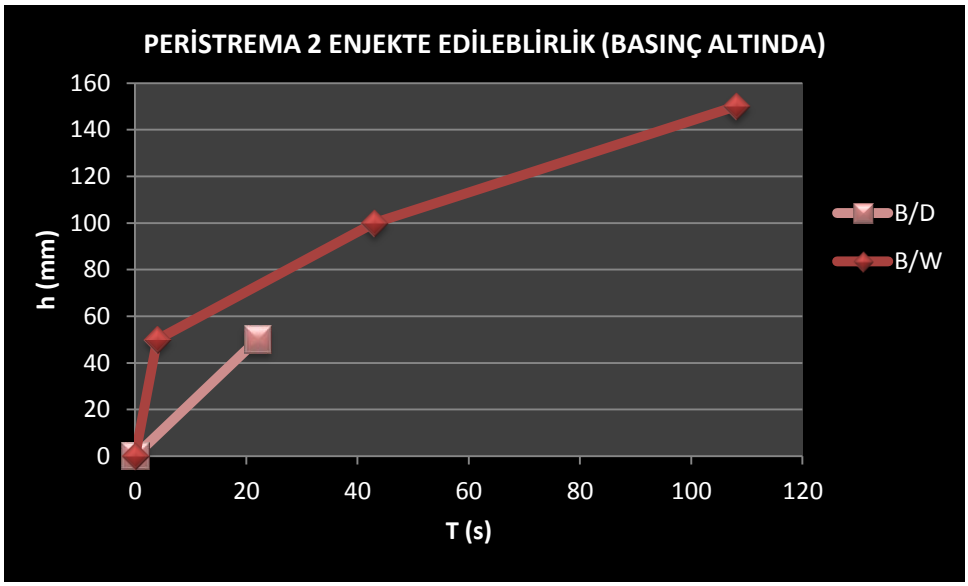
GRAFİK 9: PERISTREMA-6 ENJEKTE EDİLEBİLİRLİK (BASINÇ ALTINDA)



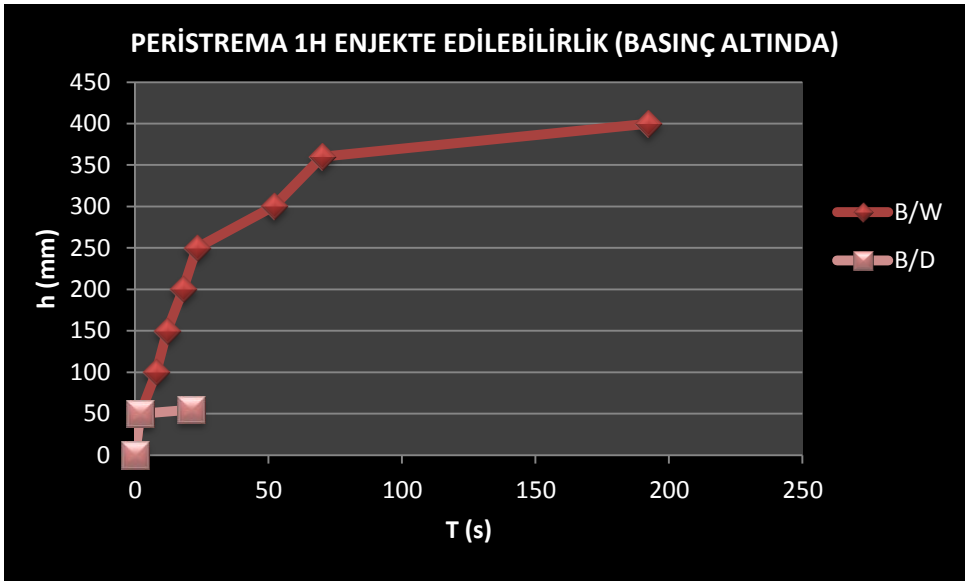
GRAFİK 10: PERISTREMA-7 ENJEKTE EDİLEBİLİRLİK (BASINÇ ALTINDA)



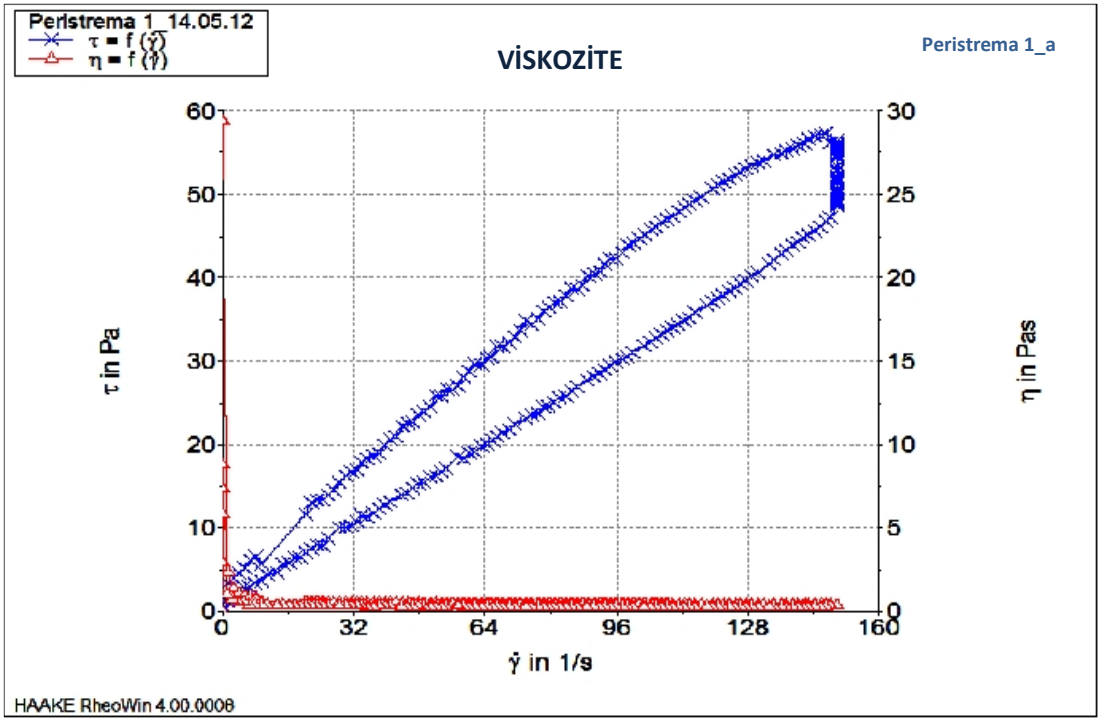
GRAFİK 11: PERİSTREMA-8 ENJEKTE EDİLEBİLİRLİK (BASINÇ ALTINDA)



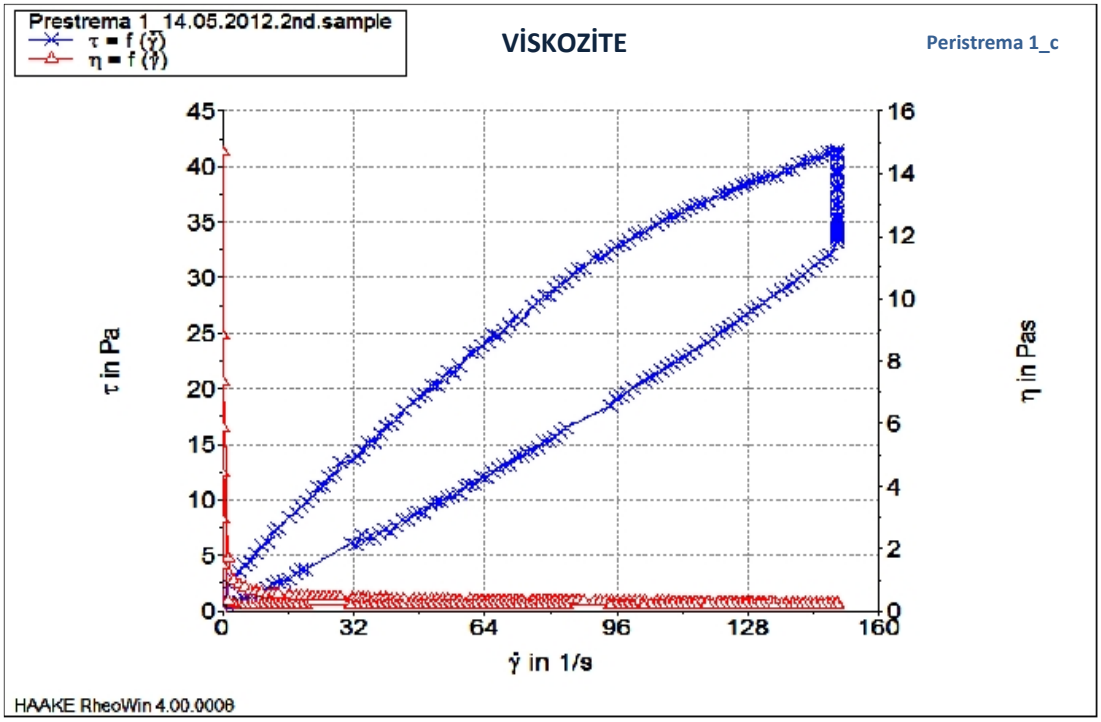
GRAFİK 12: PERİSTREMA-2 ENJEKTE EDİLEBİLİRLİK (BASINÇ ALTINDA)



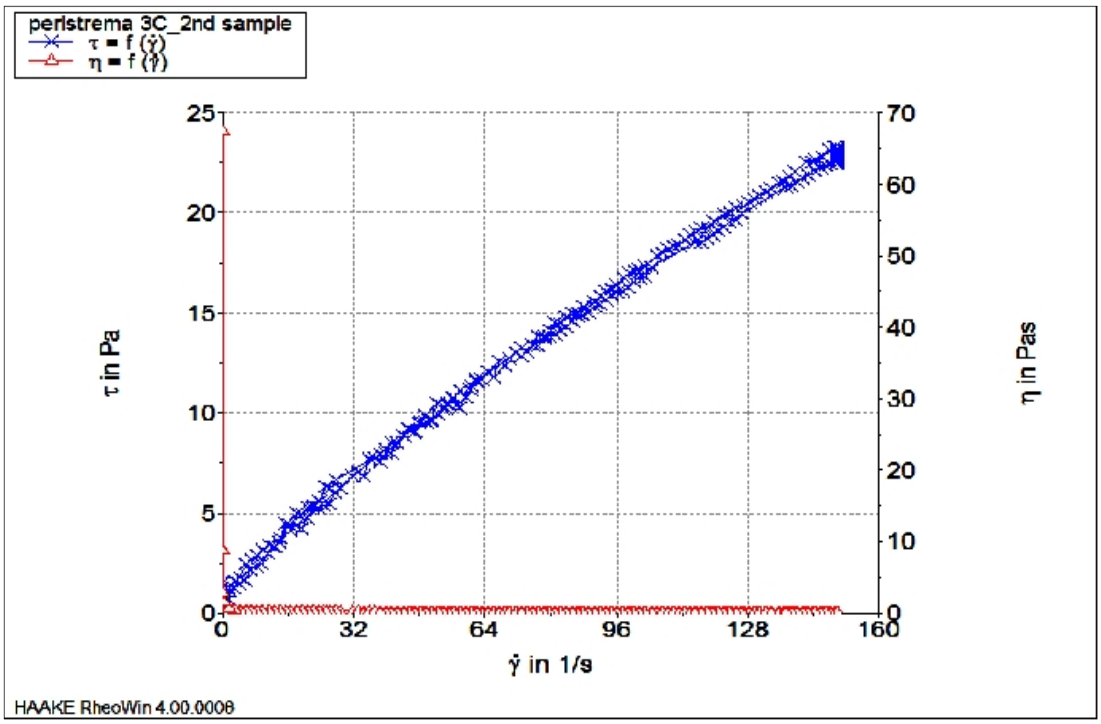
GRAFİK 13: PERISTREMA-1-H ENJEKTE EDİLEBİLİRLİK (BASINÇ ALTINDA)



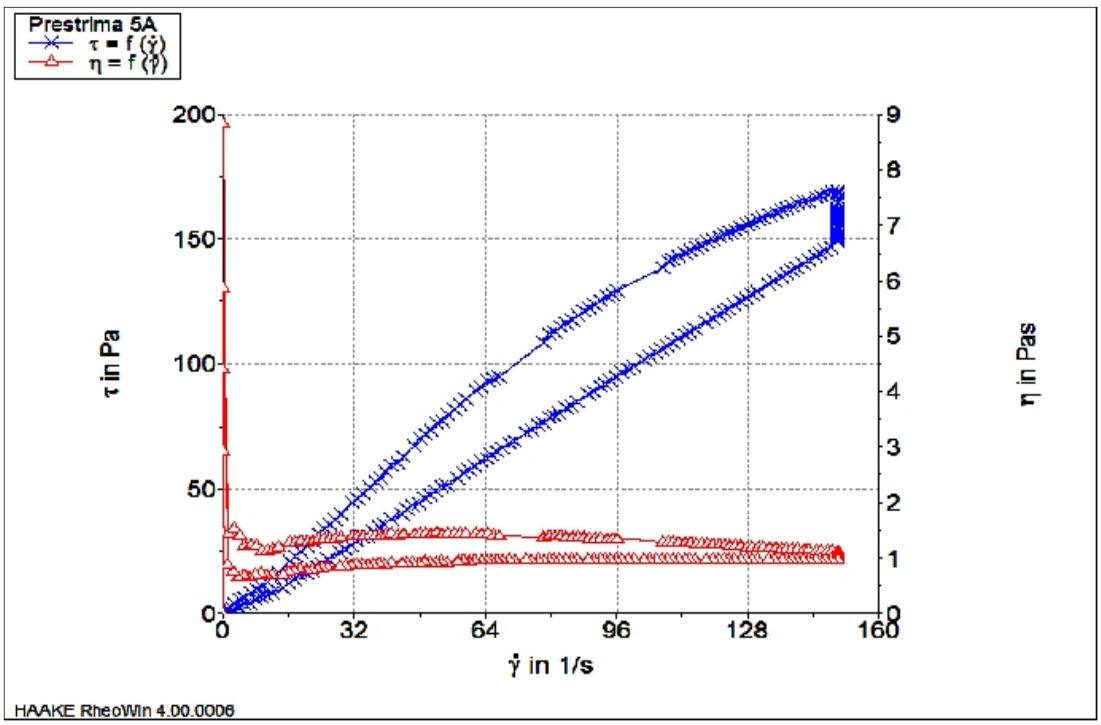
GRAFİK 14: PERISTREMA-1 VİSKOZİTE ENFORMASYONU (1. ÖLÇÜM)



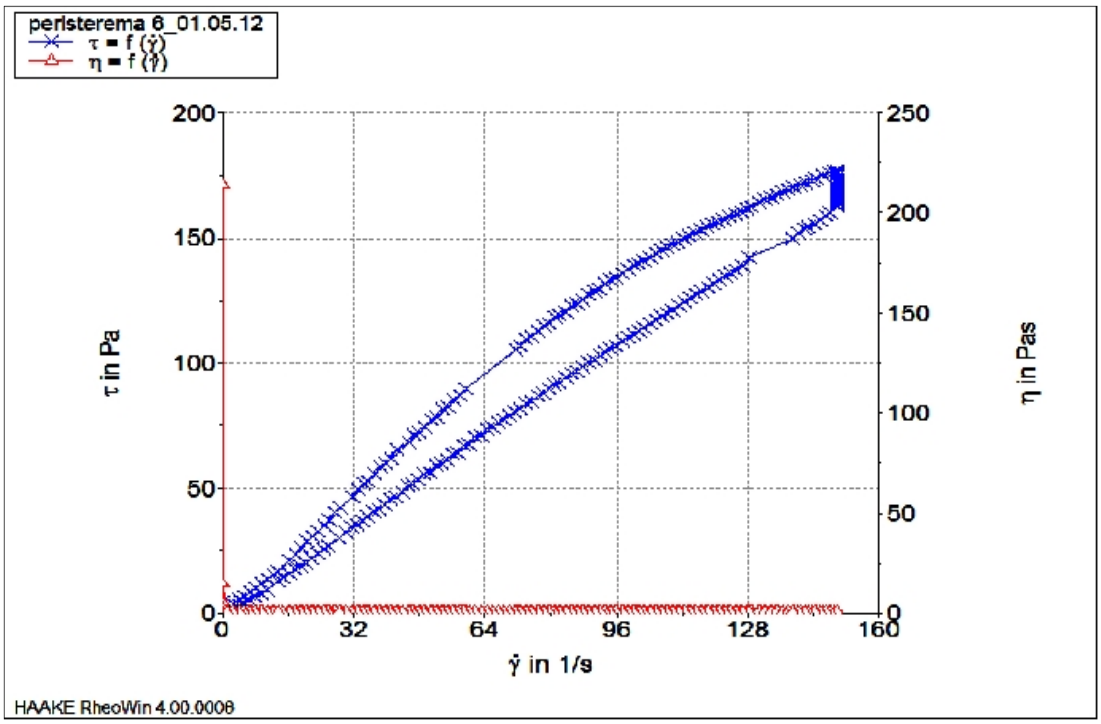
GRAFİK 15: PERISTREMA-1 VİSKOZİTE ENFORMASYONU (3. ÖLÇÜM)



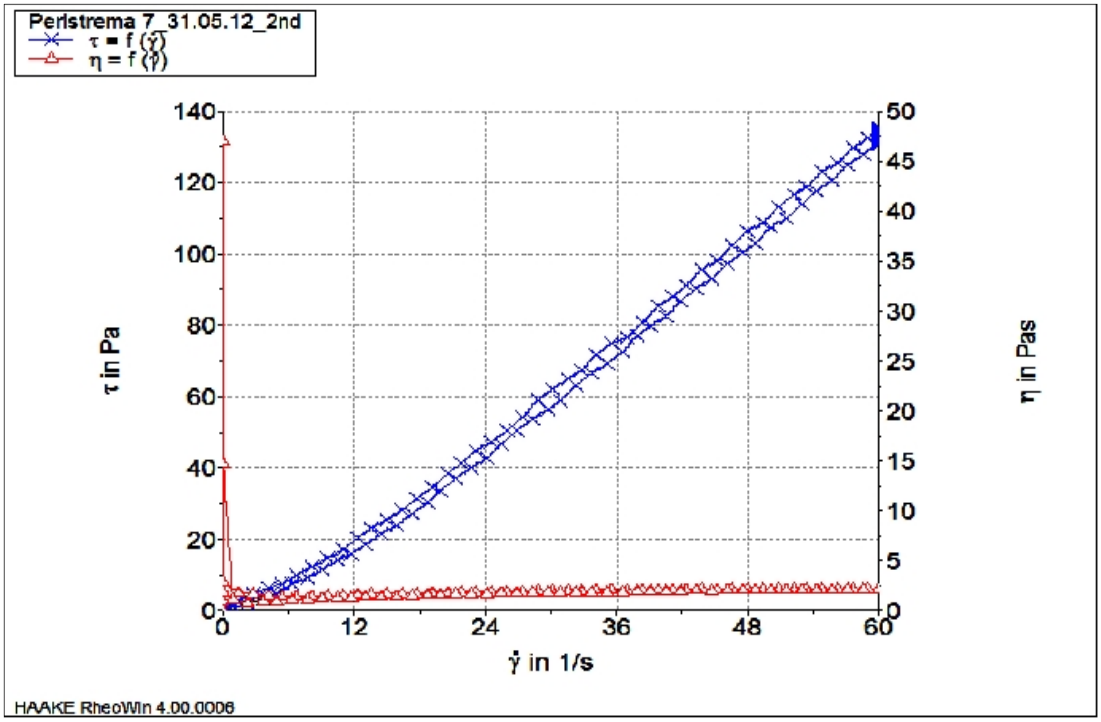
GRAFİK 16: PERISTREMA-3C VİSKOZİTE ENFORMASYONU (2. ÖLÇÜM)



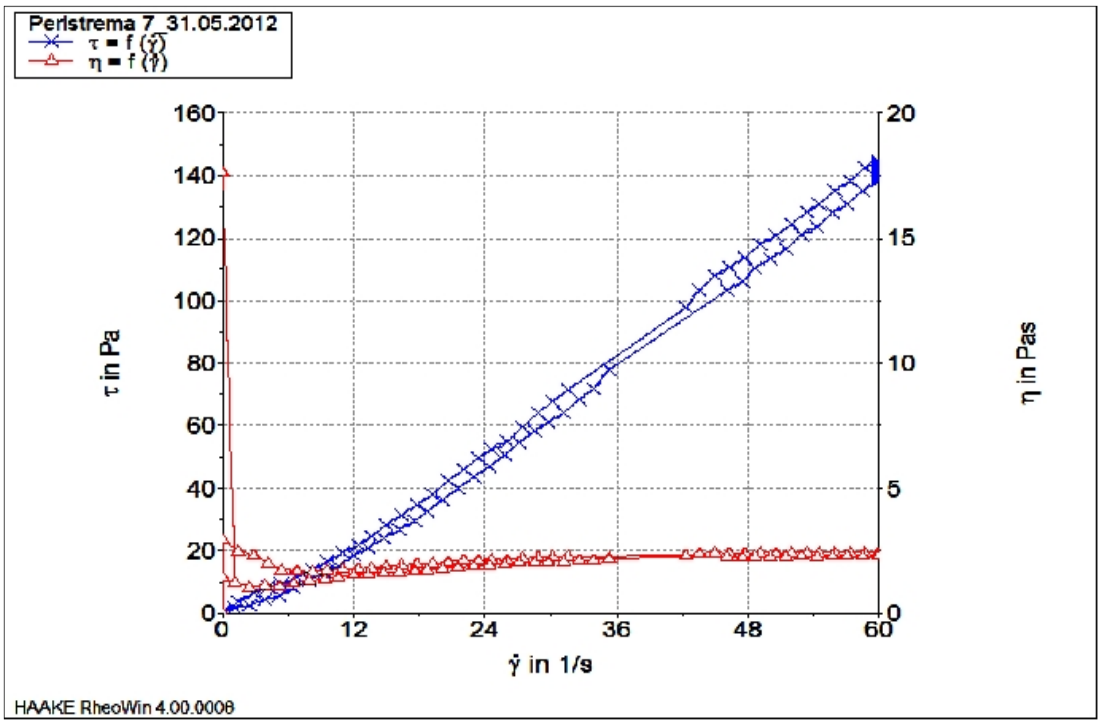
GRAFİK 17: PERISTREMA-5A VİSKOZİTE ENFORMASYONU (1. ÖLÇÜM)



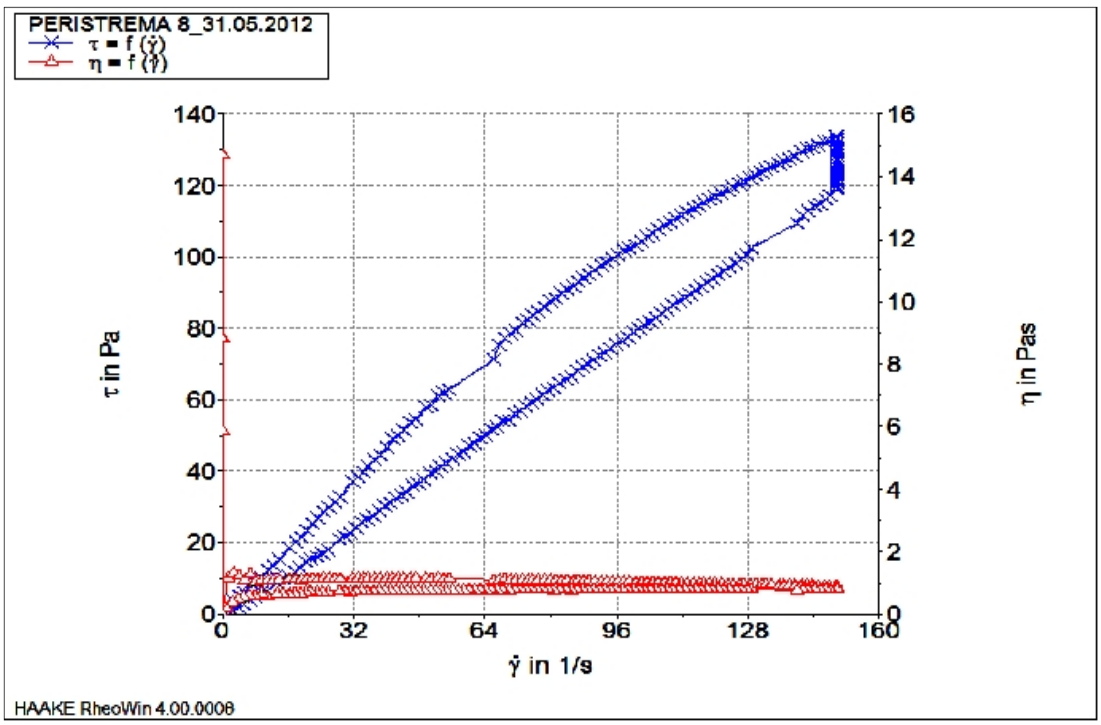
GRAFİK 18: PERISTREMA-6 VİSKOZİTE ENFORMASYONU (1. ÖLÇÜM)



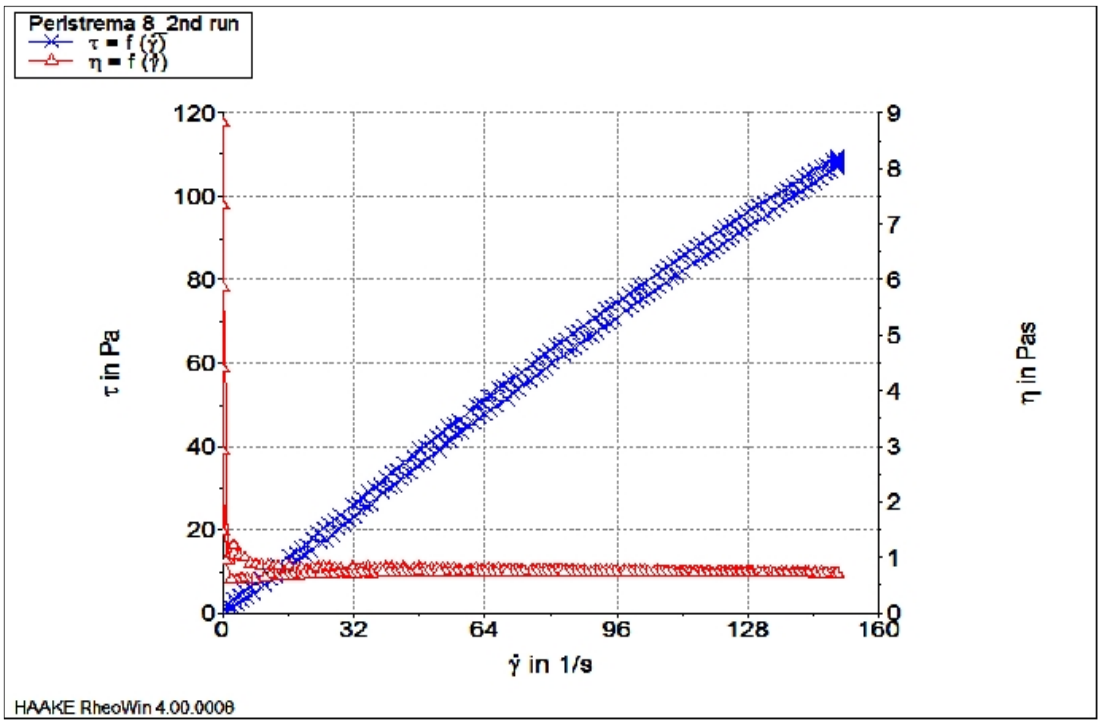
GRAFİK 19: PERISTREMA-7 VİSKOZİTE ENFORMASYONU (2. ÖLÇÜM)



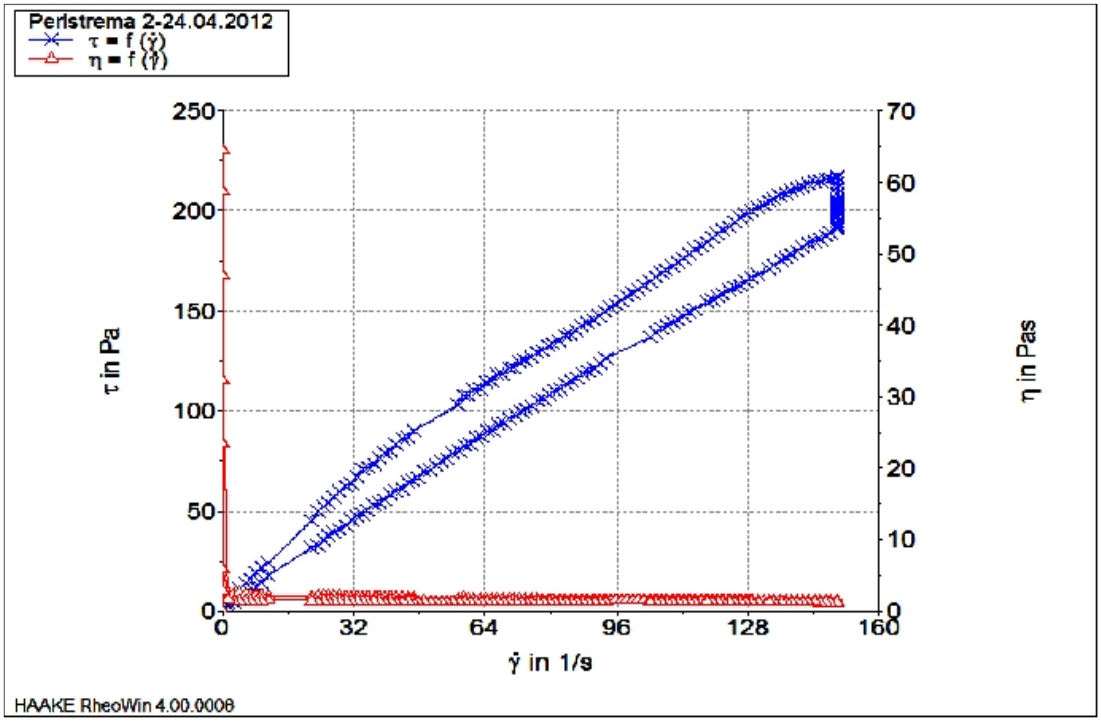
GRAFİK 20: PERISTREMA-7 VİSKOZİTE ENFORMASYONU (1. ÖLÇÜM)



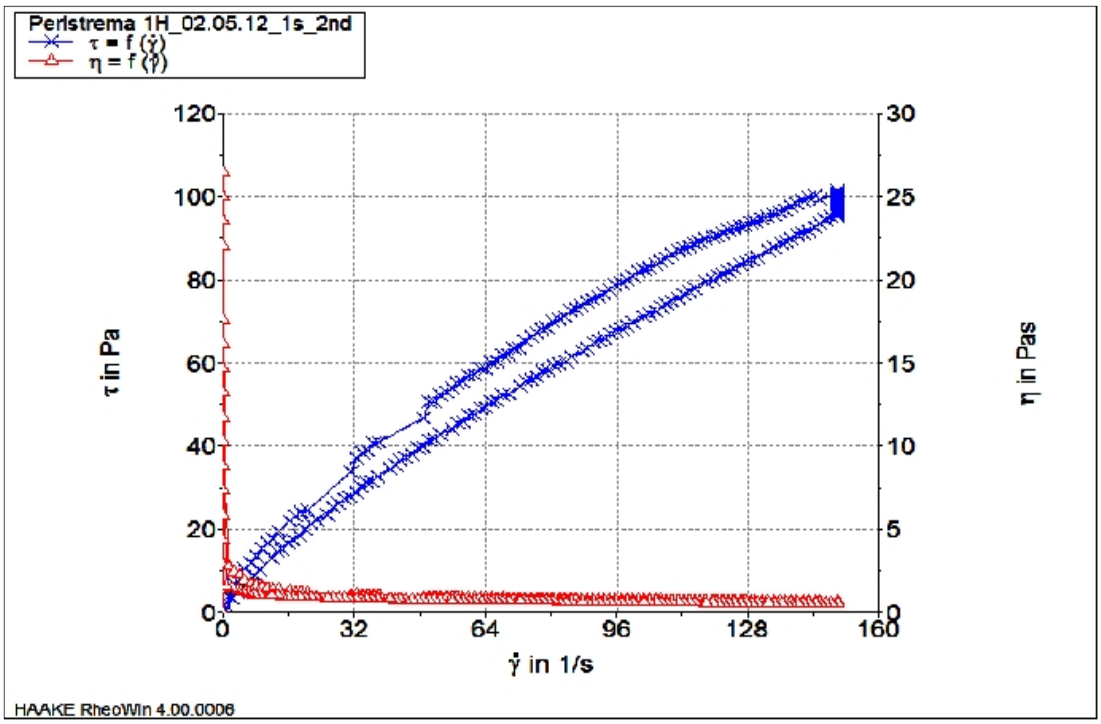
GRAFİK 21: PERISTREMA-8 VİSKOZİTE ENFORMASYONU (1. ÖLÇÜM)



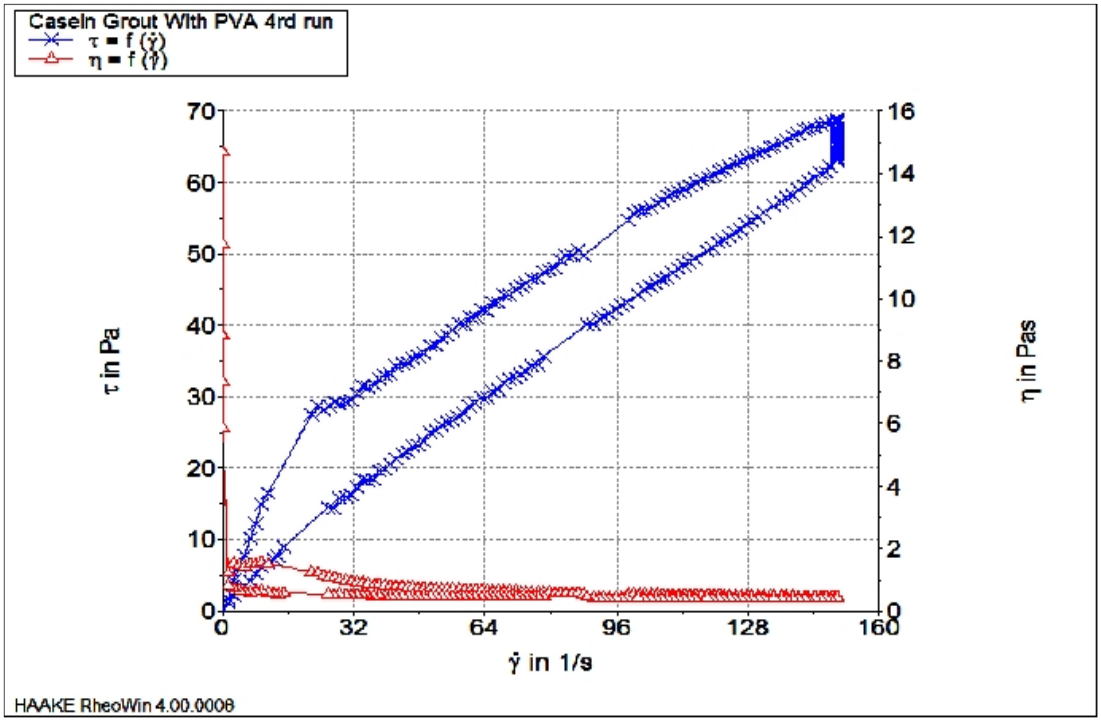
GRAFİK 22: PERISTREMA-8 VİSKOZİTE ENFORMASYONU (2. ÖLÇÜM)



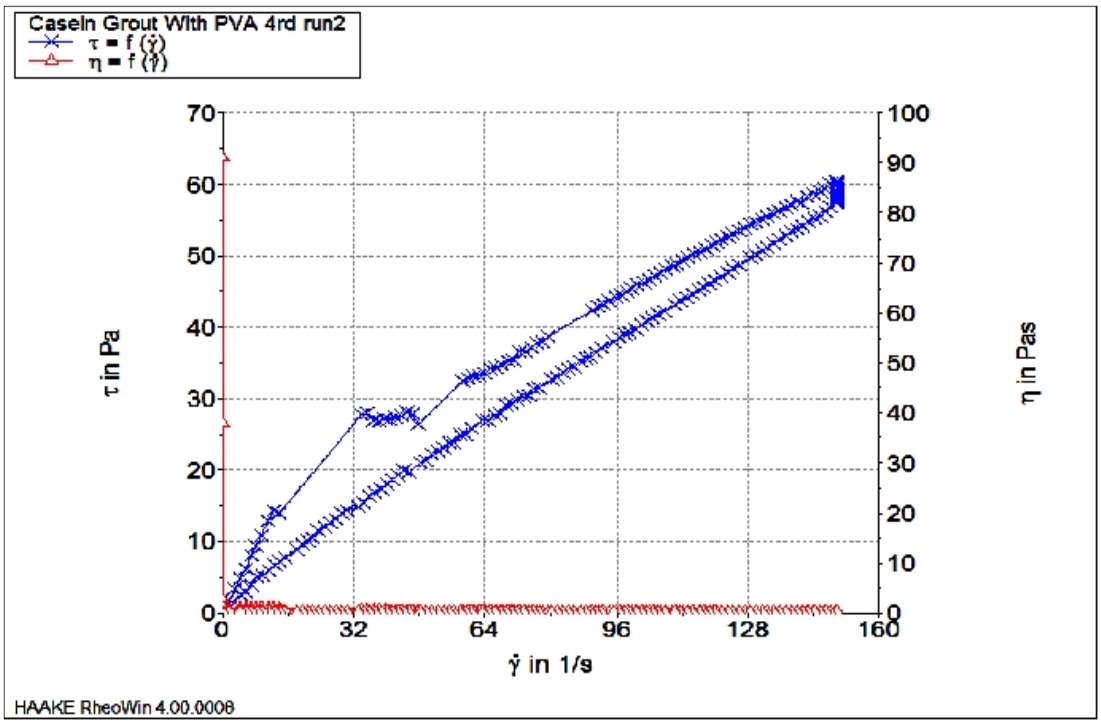
GRAFİK 23: PERISTREMA-2 VİSKOZİTE ENFORMASYONU (1. ÖLÇÜM)



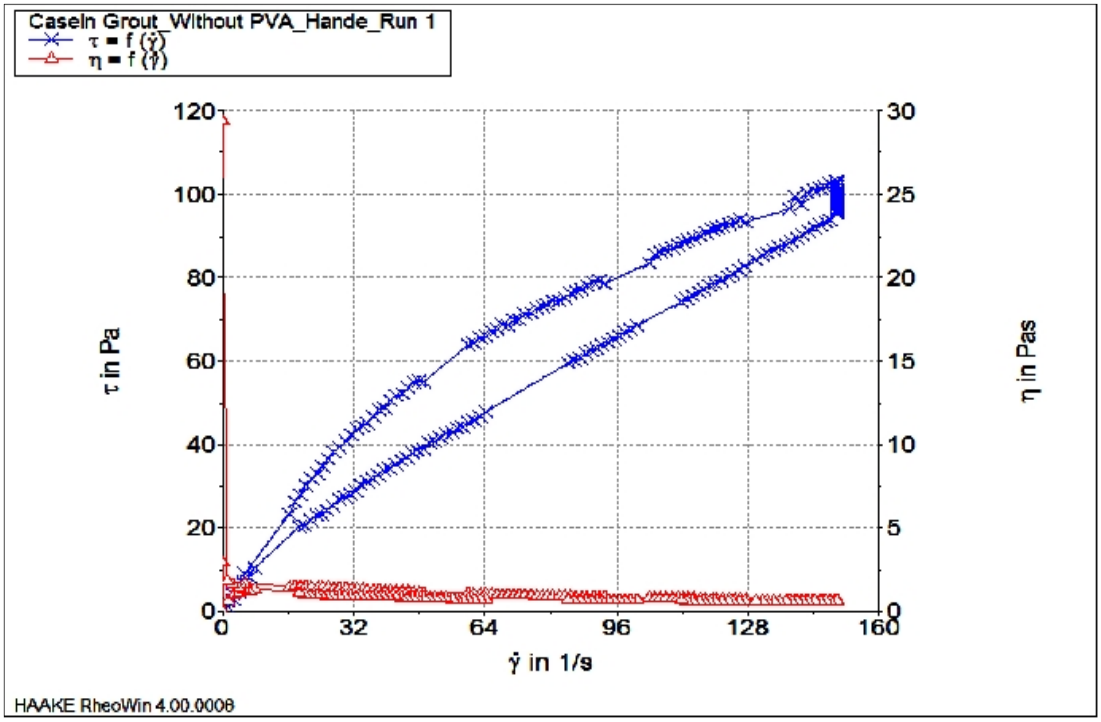
GRAFİK 24: PERISTREMA-1H VİSKOZİTE ENFORMASYONU (1-2. ÖLÇÜM)



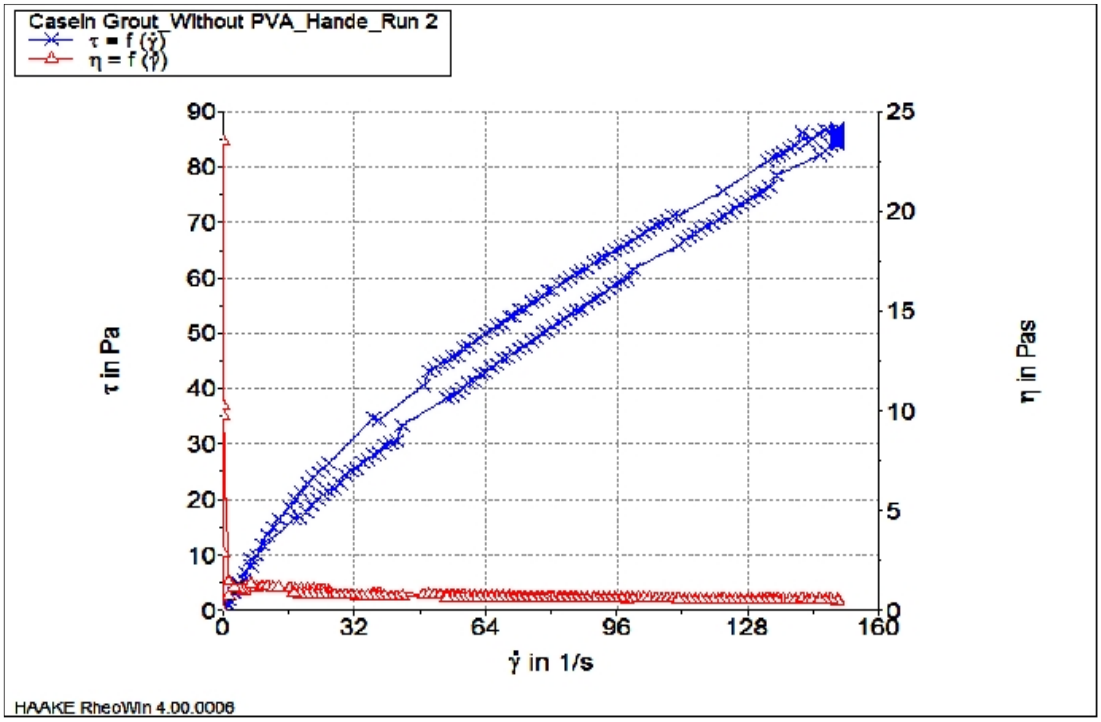
GRAFİK 25: KAZEİN HARCI (C1) VİSKOZİTE ENFORMASYONU (4. ÖLÇÜM)



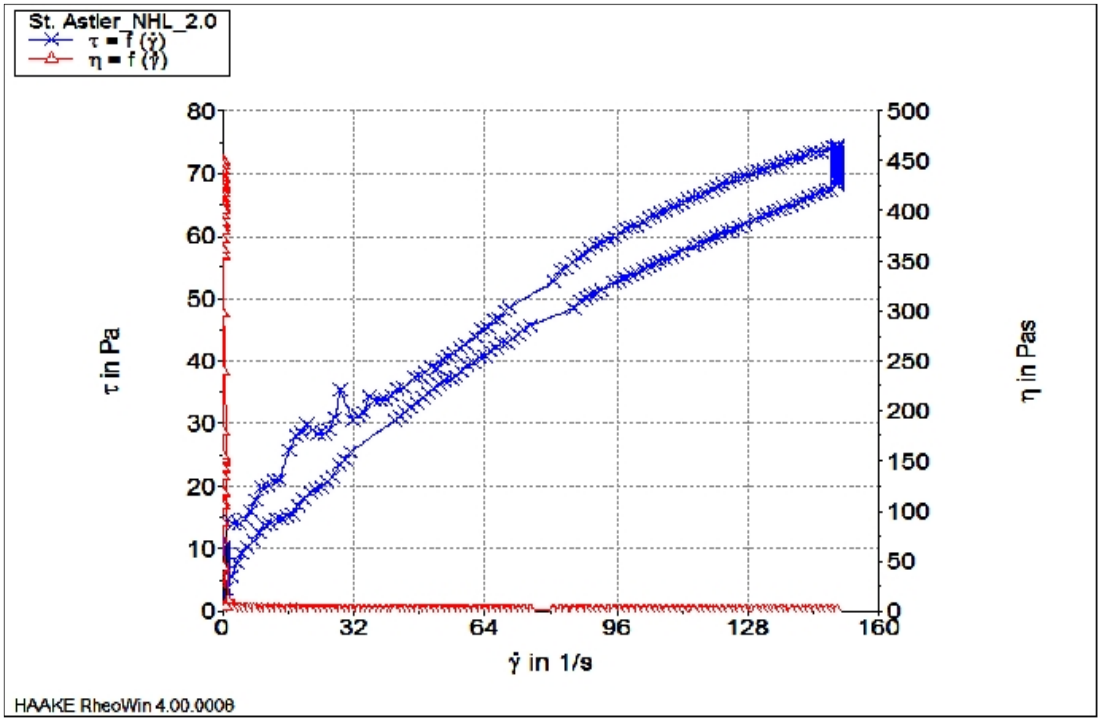
GRAFİK 26: KAZEİN HARCI (C1) VİSKOZİTE ENFORMASYONU (4-2. ÖLÇÜM)



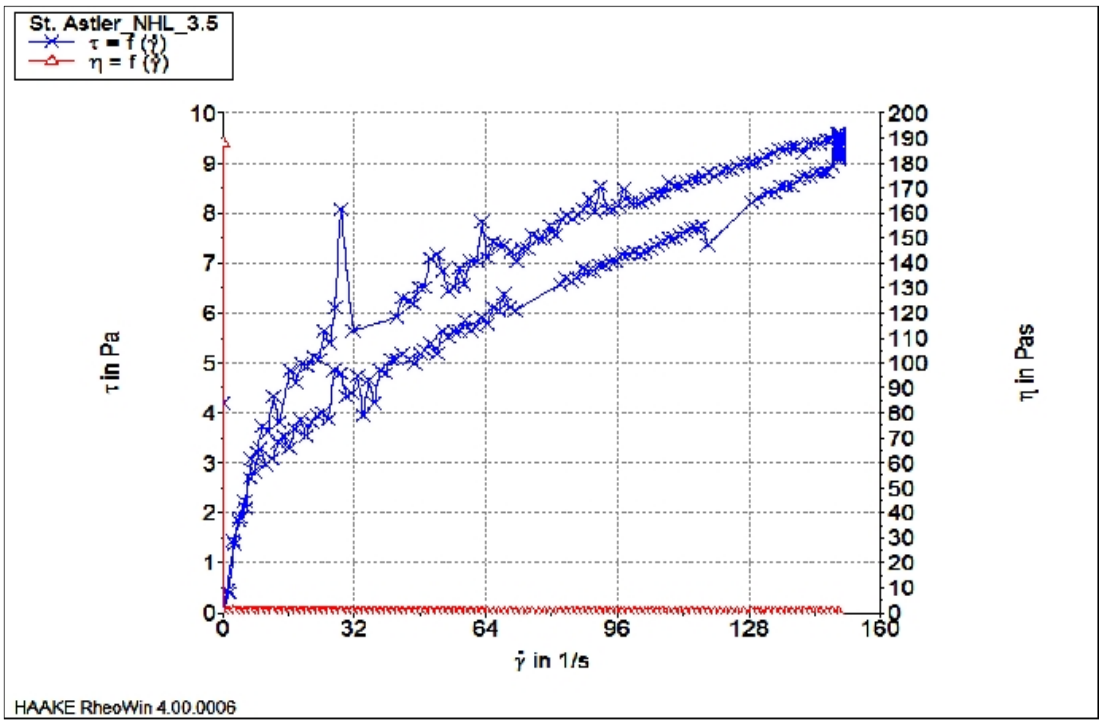
GRAFİK 27: KAZEİN HARCI (C1) PVA'SIZ, VİSKOZİTE ENFORMASYONU (1. ÖLÇÜM)



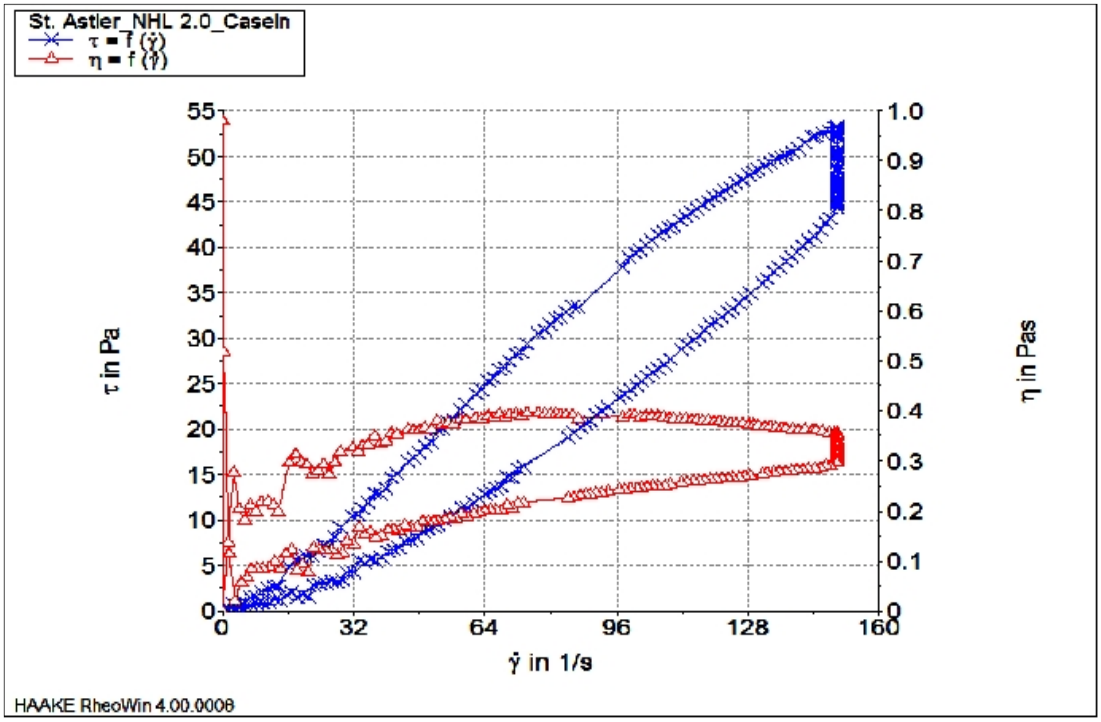
GRAFİK 28: KAZEİN HARCI (C1) PVA'SIZ, VİSKOZİTE ENFORMASYONU (2. ÖLÇÜM)



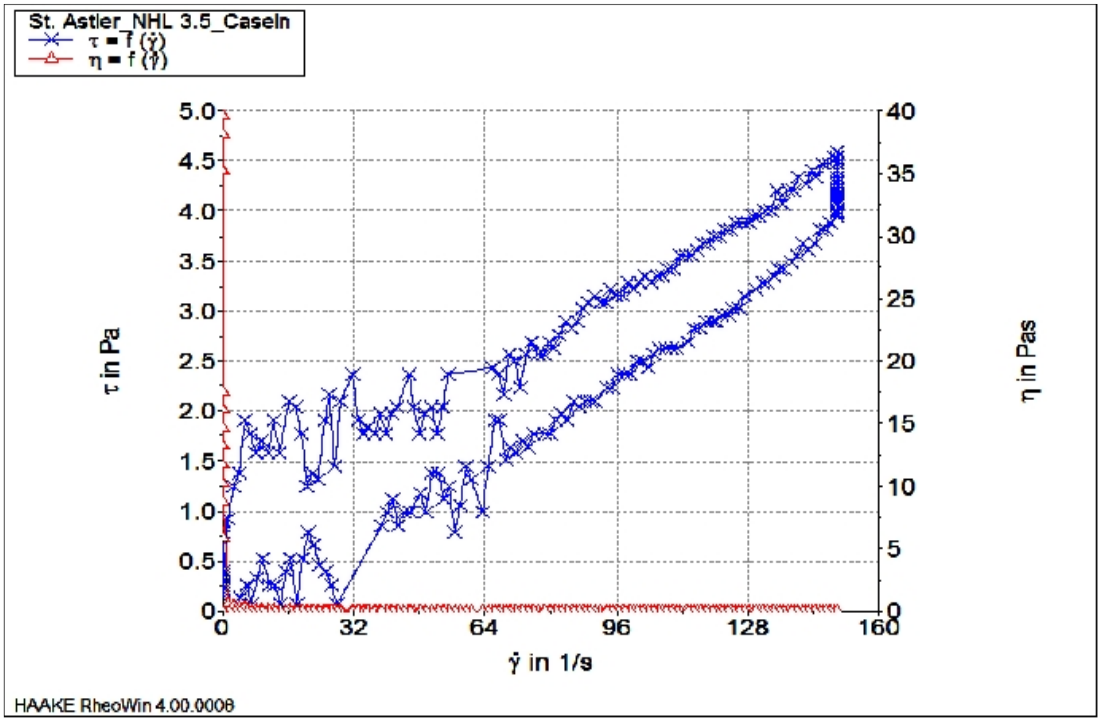
GRAFİK 29: ST. ASTIER NHL 2.0 VİZKOZİTE ENFORMASYONU



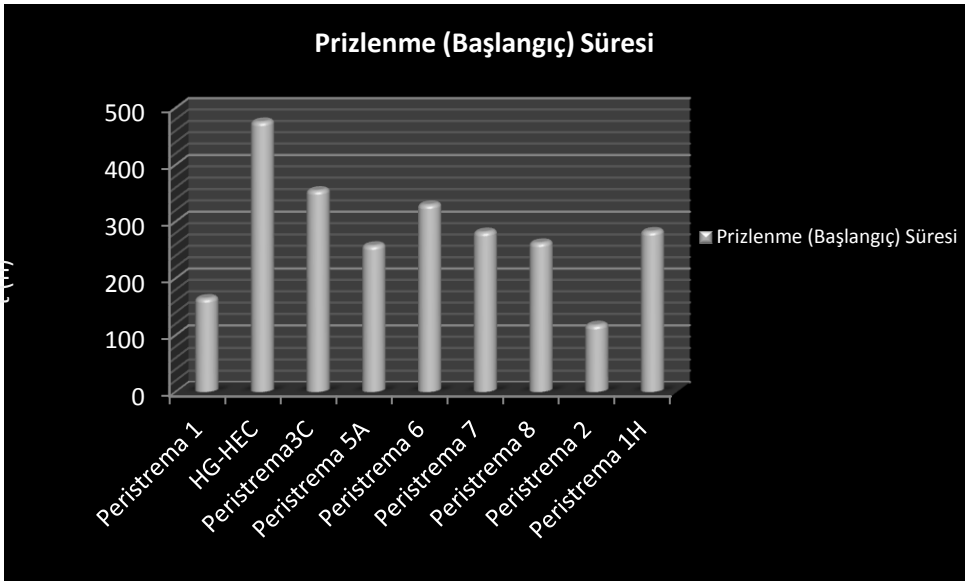
GRAFİK 30: ST. ASTIER NHL 3.5 VİZKOZİTE ENFORMASYONU



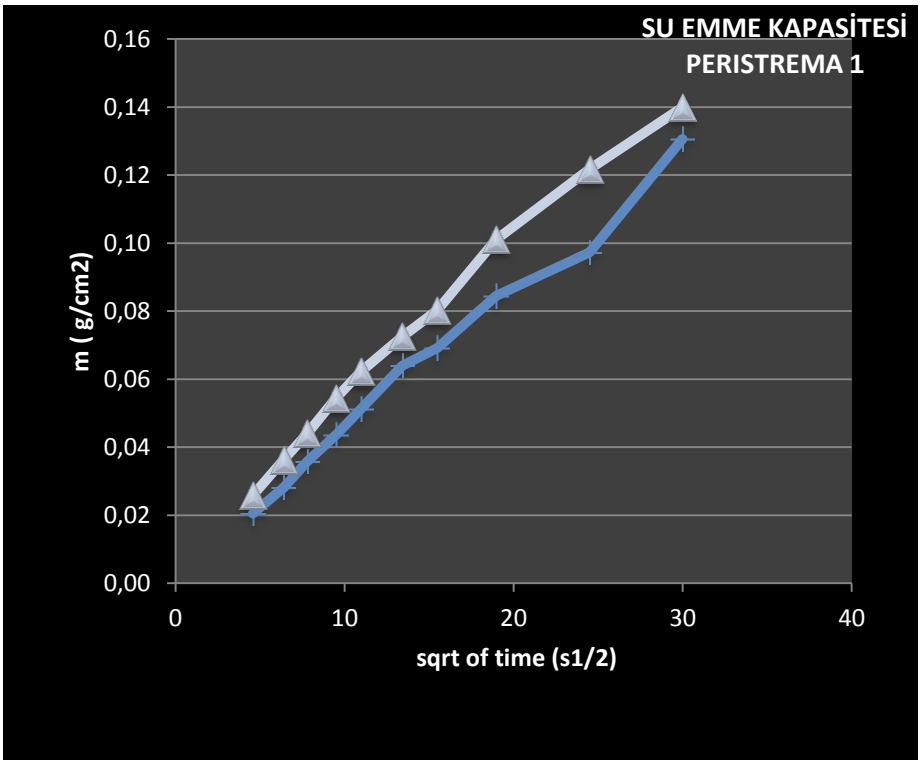
GRAFİK 31: ST. ASTIER NHL 2.0-KREMER KAZEİN VİZKOZİTE ENFORMASYONU



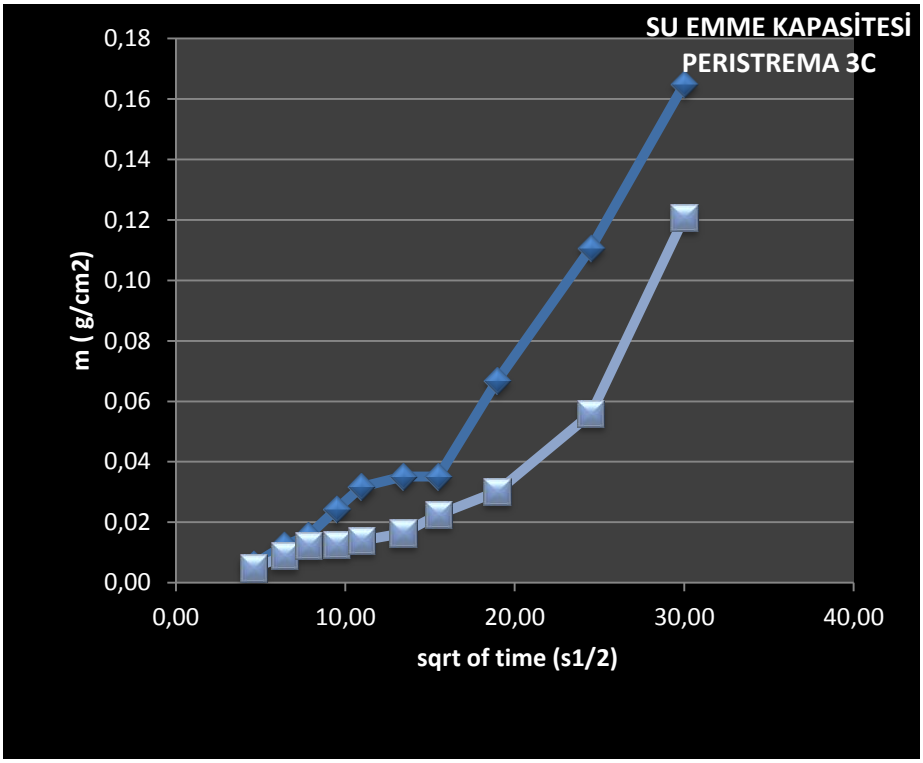
GRAFİK 32: ST. ASTIER NHL 3.5- KREMER KAZEİN VİZKOZİTE ENFORMASYONU



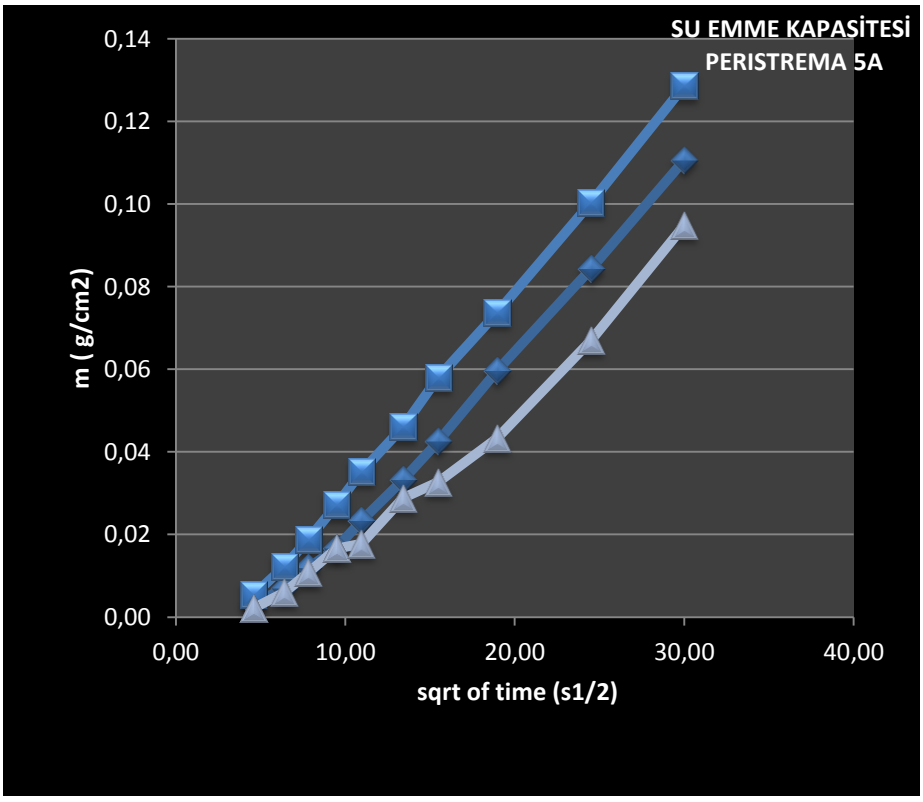
GRAFİK 33: PERISTREMA ENJEKSİYON HARÇLARI PRİZLENME SÜRESİ KARŞILAŞTIRMA GRAFİĞİ



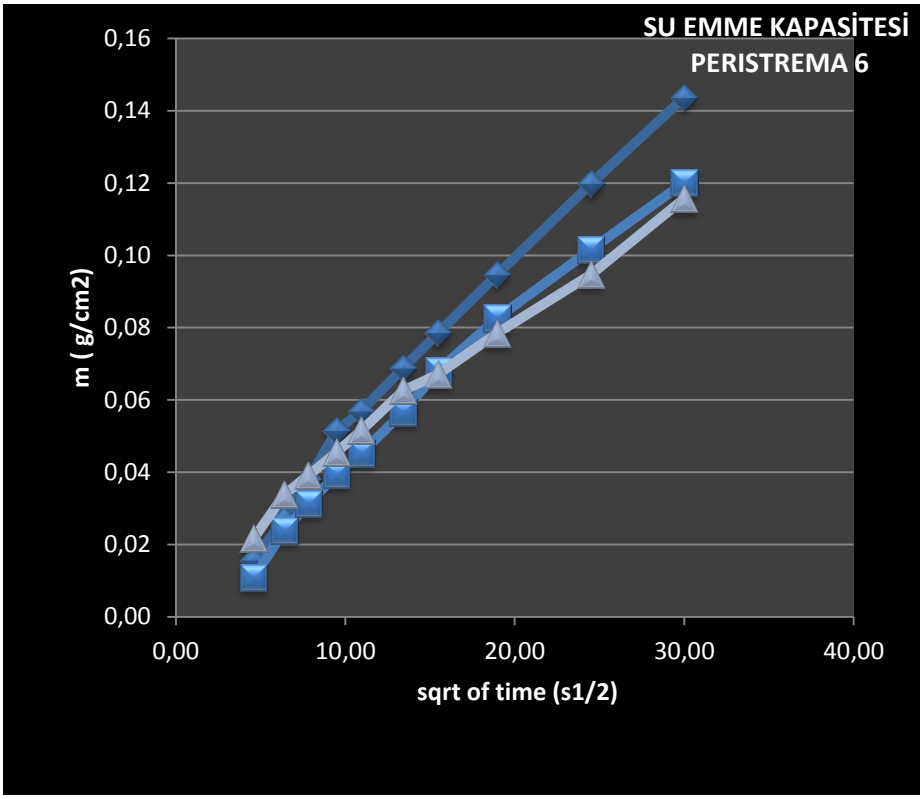
GRAFİK 34: PERISTREMA-1 SU EMME KAPASİTESİ ENFORMASYONU



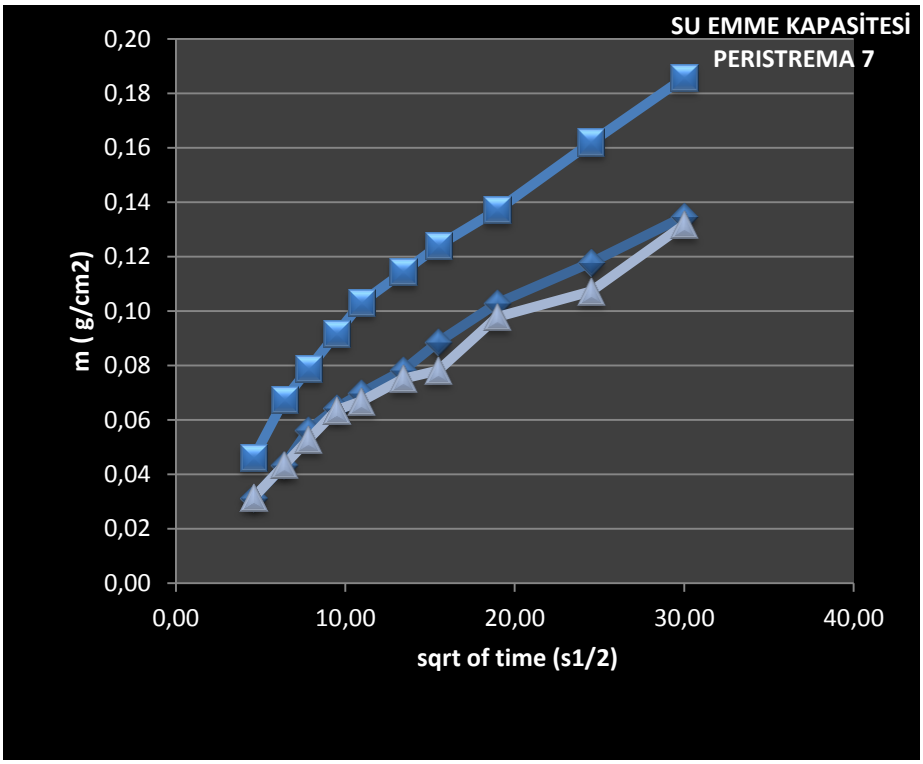
GRAFİK 35: PERISTREMA-3C SU EMME KAPASİTESİ ENFORMASYONU



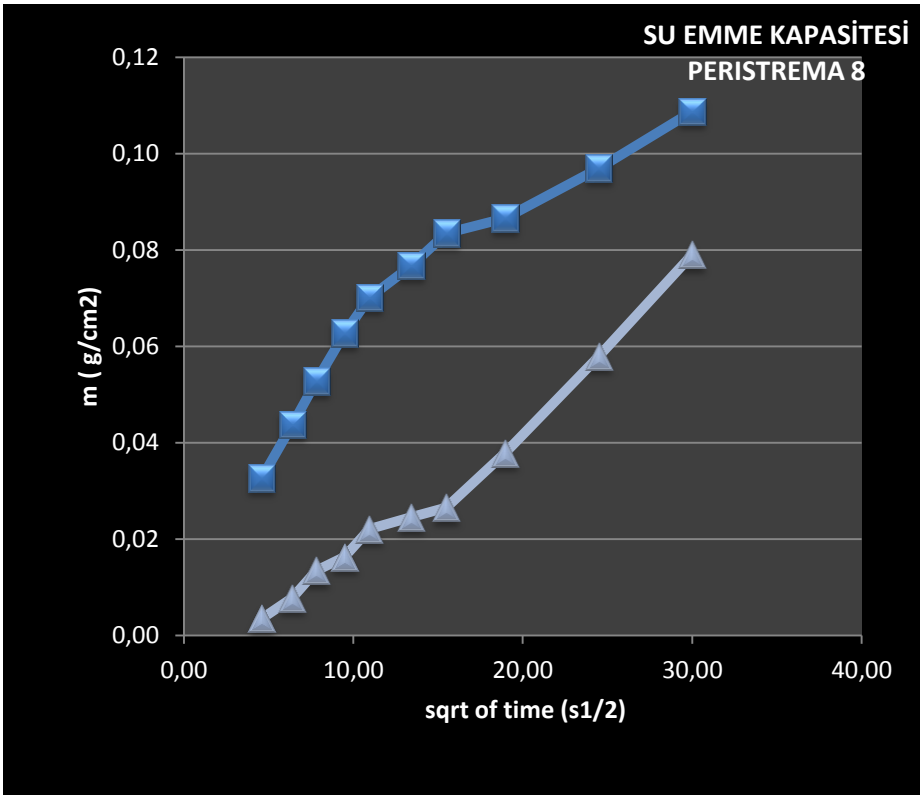
GRAFİK 36: PERISTREMA-5A SU EMME KAPASİTESİ ENFORMASYONU



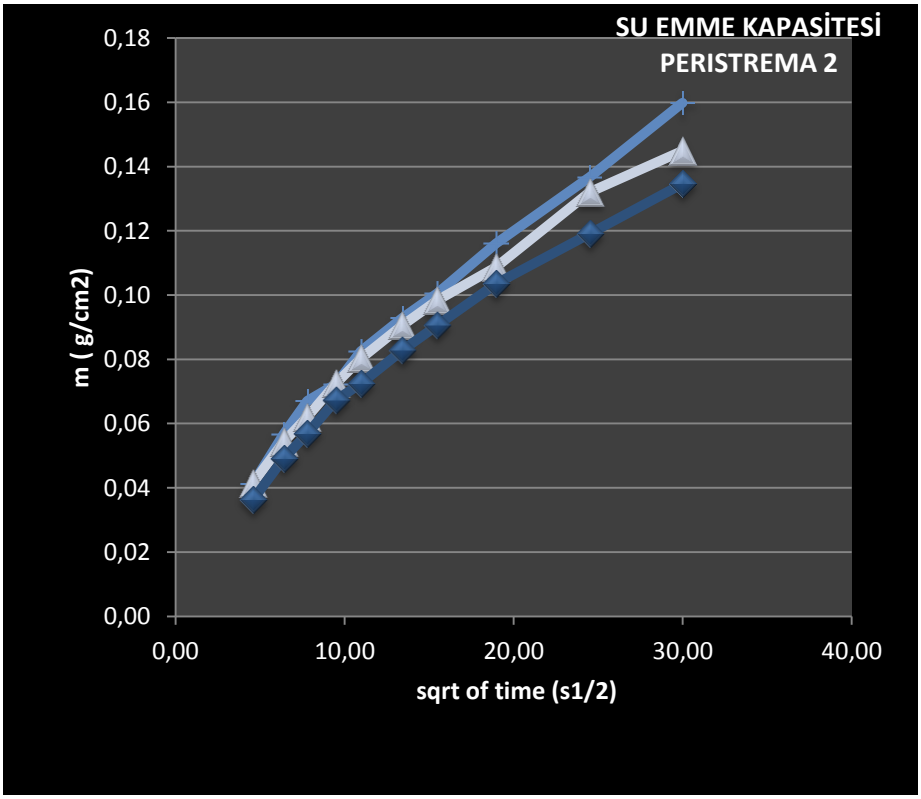
GRAFİK 37: PERISTREMA-6 SU EMME KAPASİTESİ ENFORMASYONU



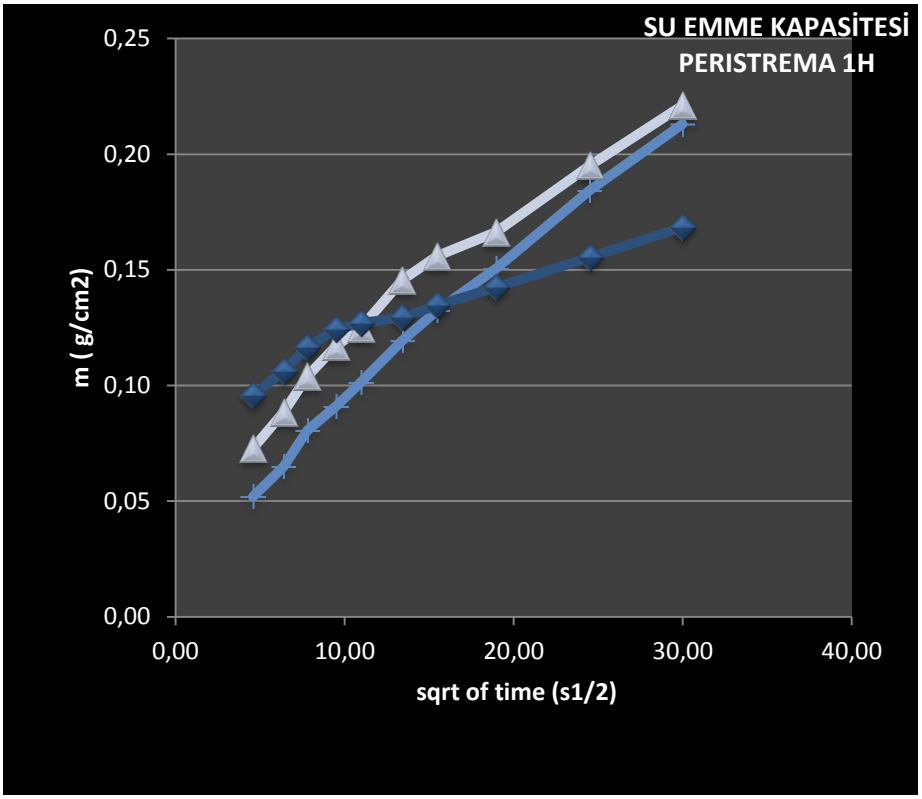
GRAFİK 38: PERISTREMA-3C SU EMME KAPASİTESİ ENFORMASYONU



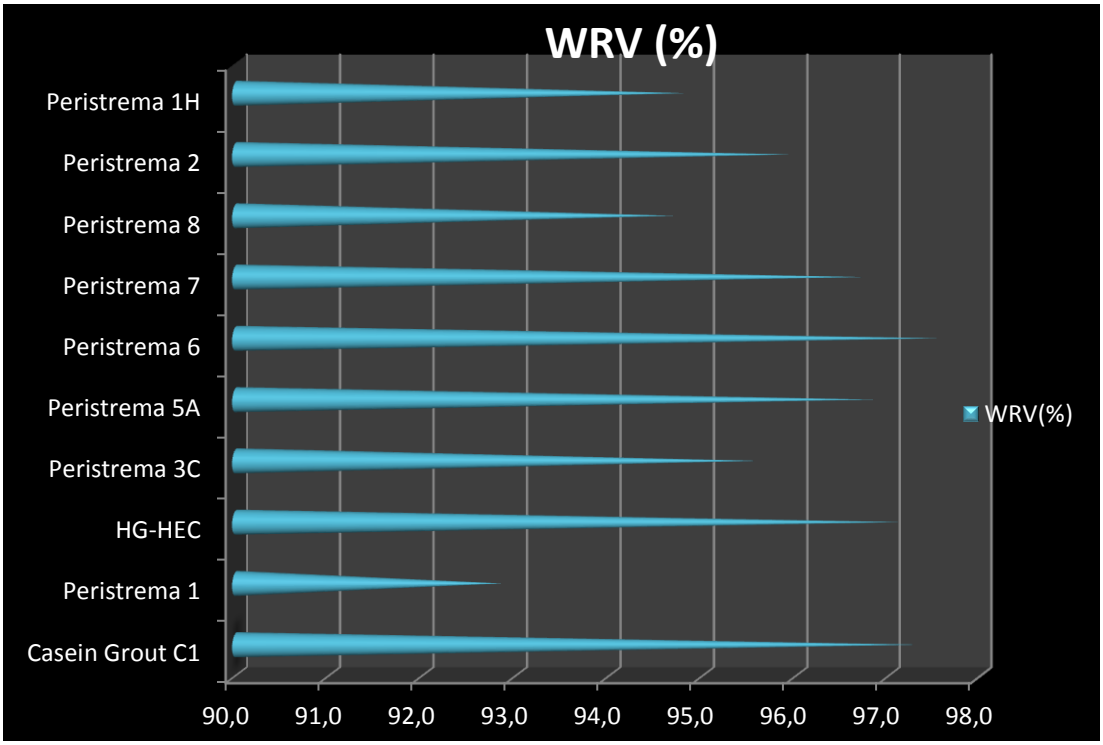
GRAFİK 39: PERISTREMA-8 SU EMME KAPASİTESİ ENFORMASYONU



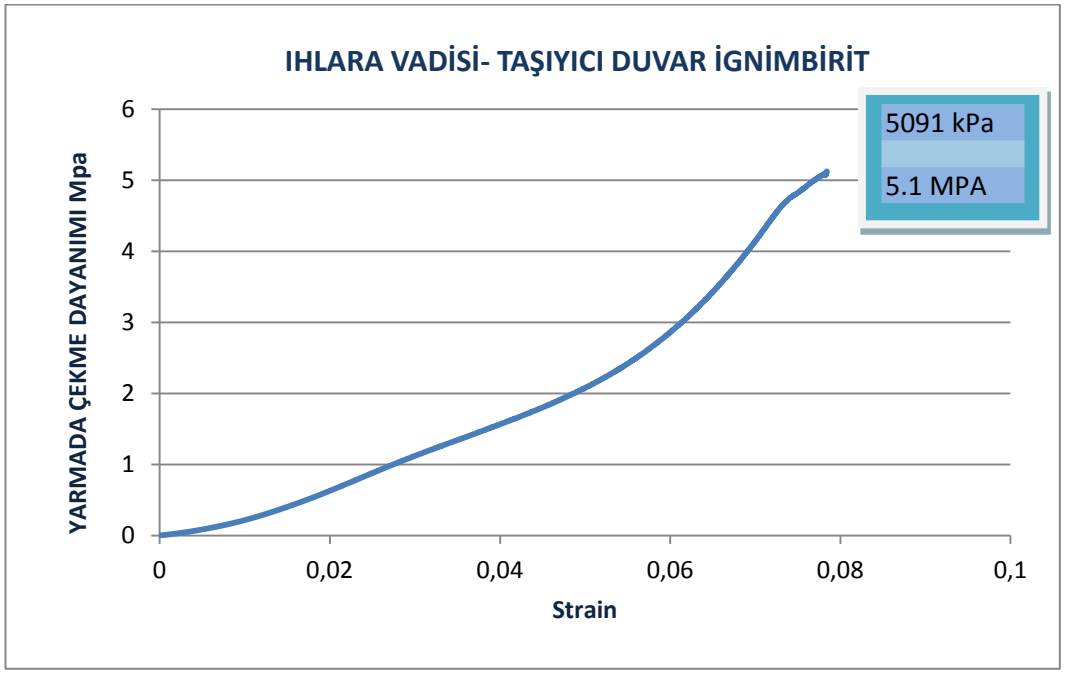
GRAFİK 40: PERISTREMA-2 SU EMME KAPASİTESİ ENFORMASYONU



GRAFİK 41: PERISTREMA-1H SU EMME KAPASİTESİ ENFORMASYONU



GRAFİK 42: PERISTREMA ENJESKİYON HARÇLARI VE KAZEİN HARCI (C1) SU TUTMA KAPASİTESİ KARŞILAŞTIRMA GRAFİĞİ



GRAFİK 43: TAŞIYICI DUVAR İGNİMBRİT YARMADA ÇEKME DAYANIMI ENFORMASYONU

TABLO 1: GCI TİCARİ ENJEKSİYON HARCI TERKİPLERİ (w %)

TABLO 1: GCI TİCARİ ENJEKSİYON HARÇLARI TERKİPLERİ (w%)		
ENJEKSİYON HARCI	**KURU MALZEME(g)**	**SU (g)**
Bresciani Malta 6001	100	64
Bresciani Malta 6002	100	94
Ledan ITAL B2	100	180
Ledan TB1-ICR	100	79
LEIT	100	90
LEIT 01	100	120
MAPE-Antique F21	100	125
MAPE-Antique I	100	123
PLM A	100	79
PLM AL	100	100
PLM I	100	66

TABLO 2: GCI BRESCIANI/MALTA 6002 PERFORMANS TESTİ SONUÇLARI

<table>
<tr><th colspan="8">TABLO 2: GCI
BRESCIANI MALTA 6002 PERFORMANS TEST SONUÇLARI</th></tr>
<tr><th>%CE</th><th>%FB</th><th>%H$^{\pm D}$</th><th colspan="5">ENJEKTE EDİLEBLİRLİK</th></tr>
<tr><td>6.5</td><td>0.0</td><td>+3.5</td><td colspan="5">Kolon Adı (Klasifikasyon)</td></tr>
<tr><td colspan="3" rowspan="2">YARMADA ÇEKME DAYANIMI (MPa)</td><td rowspan="2">Traverten</td><td rowspan="2">Traverten (Su Absorbe Edilmiş)</td><td rowspan="2">Tuğla Kırığı</td><td rowspan="2">Tuğla Kırığı (Su Absorbe Edilmiş)</td></tr>
<tr><td colspan="3">2 AYLIK 2 YILLIK</td></tr>
<tr><td colspan="3">0.92 -</td><td>D_{110}</td><td>D_{100}</td><td>D_{125}</td><td>D_{125}</td></tr>
<tr><th colspan="2">A ($g.cm^{-2}.s^{-0.5}$)</th><th colspan="2">WVP ($g.Pa^{-1}.h^{-1}.m^{-1}$)</th><th colspan="4">ÇÖZÜNEBİLİR TUZ MİKTARI (Meg/100g)</th></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">0.010</td><td colspan="2" rowspan="2">7.0E-0.5</td><th>Na^+</th><th>K^+</th><th>Ca^{2-}</th><th>Cl^-</th><th>NO_3^-</th><th>SO_4^{2-}</th></tr>
<tr><td>10</td><td>1</td><td>84</td><td>1</td><td>0</td><td>13</td></tr>
<tr><th colspan="4">DANSİTE ($g.cm^{-3}$)</th><th colspan="2">BAĞLANMA DAYANIKLILIĞI (kPa)</th><th colspan="2">SÜLFAT DAYANIMI (25 DEVİRDE F)/ (%WL)</th></tr>
<tr><td colspan="2">Sıvı Halde</td><td colspan="2">Katı Halde</td><td colspan="2" rowspan="2">52</td><td colspan="2" rowspan="2">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">1.63</td><td colspan="2">1.21</td></tr>
</table>

TABLO 3: GCI LEIT PERFORMANS TEST SONUÇLARI

TABLO 3: GCI LEIT PERFORMANS TEST SONUÇLARI											
%CE	%FB	$\%H^{\pm D}$	ENJEKTE EDİLEBLİRLİK								
0.0	0.5	-12.5	Kolon Adı (Klasifikasyon)								
YARMADA ÇEKME DAYANIMI (MPa)			Traverten		Traverten (Su Absorbe Edilmiş)		Tuğla Kırığı		Tuğla Kırığı (Su Absorbe Edilmiş)		
2 AYLIK		2 YILLIK									
1.47		-	E		E		E		E		
A ($g.cm^{-2}.s^{-0.5}$)		WVP ($g.Pa^{-1}.h^{-1}.m^{-1}$)	ÇÖZÜNEBİLİR TUZ MİKTARI (Meg/100g)								
0.015		9.7E-0.5	Na^{+}	K^{+}	Ca^{2-}	Cl^{-}	NO_3^{-}	SO_4^{2-}			
			6	2	134	0	0	3			
DANSİTE ($g.cm^{-3}$)			BAĞLANMA DAYANIKLILIĞI (kPa)				SÜLFAT DAYANIMI (25 DEVİRDE F)/ (%WL)				
Sıvı Halde	Katı Halde		822				-				
1.50	1.05										

TABLO 4: GCI LEIT 01 PERFORMANS TEST SONUÇLARI

TABLO 4: GCI LEIT 01 PERFORMANS TEST SONUÇLARI											
%CE	%FB	$\%H^{\pm D}$	ENJEKTE EDİLEBLİRLİK								
5.0	0.0	+0.6	Kolon Adı (Klasifikasyon)								
YARMADA ÇEKME DAYANIMI (MPa)			Traverten		Traverten (Su Absorbe Edilmiş)		Tuğla Kırığı		Tuğla Kırığı (Su Absorbe Edilmiş)		
2 AYLIK		2 YILLIK									
0.88		-	E		E		E		E		
A ($g.cm^{-2}.s^{-0.5}$)		WVP ($g.Pa^{-1}.h^{-1}.m^{-1}$)	ÇÖZÜNEBİLİR TUZ MİKTARI (Meg/100g)								
0.012		7.1E-0.5	Na^{+}	K^{+}	Ca^{2-}	Cl^{-}	NO_3^{-}	SO_4^{2-}			
			13	4	162	0	0	3			
DANSİTE ($g.cm^{-3}$)			BAĞLANMA DAYANIKLILIĞI (kPa)				SÜLFAT DAYANIMI (25 DEVİRDE F)/ (%WL)				
Sıvı Halde	Katı Halde		486				11				
1.35	0.89										

TABLO 5: GCI MAPE ANTIQE F21 PERFORMANS TESTİ SONUÇLARI

TABLO 5: GCI MAPE ANTIQE F21 PERFORMANS TEST SONUÇLARI						
%CE	%FB	$\%H^{\pm D}$	ENJEKTE EDİLEBLİRLİK			
0.2	0.0	-2.6	Kolon Adı (Klasifikasyon)			
YARMADA ÇEKME DAYANIMI (MPa)			Traverten	Traverten (Su Absorbe Edilmiş)	Tuğla Kırığı	Tuğla Kırığı (Su Absorbe Edilmiş)
2 AYLIK	2 YILLIK					
2.30 (1m)	-		F	E	D_{130}	E
A ($g.cm^{-2}.s^{-0.5}$)	WVP ($g.Pa^{-1}.h^{-1}.m^{-1}$)		ÇÖZÜNEBİLİR TUZ MİKTARI (Meg/100g)			
0.041	5.5E-0.5		Na^+	K^+	Ca^{2-}	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}
			7	1	31	1	0	2
DANSİTE ($g.cm^{-3}$)			BAĞLANMA DAYANIKLILIĞI (kPa)		SÜLFAT DAYANIMI (25 DEVİRDE F)/ (%WL)	
Sıvı Halde	Katı Halde		1511-		11	
1.65	1.30					

TABLO 6: GCI MAPE ANTIQE I PERFORMANS TESTİ SONUÇLARI

TABLO 6: GCI MAPE ANTIQE I PERFORMANS TEST SONUÇLARI						
%CE	%FB	$\%H^{\pm D}$	ENJEKTE EDİLEBLİRLİK			
0.3	0.3	-0.8	Kolon Adı (Klasifikasyon)			
YARMADA ÇEKME DAYANIMI (MPa)			Traverten	Traverten (Su Absorbe Edilmiş)	Tuğla Kırığı	Tuğla Kırığı (Su Absorbe Edilmiş)
2 AYLIK	2 YILLIK					
2.00 (1m)	-		D_{75}	E	D_{100}	F
A ($g.cm^{-2}.s^{-0.5}$)	WVP ($g.Pa^{-1}.h^{-1}.m^{-1}$)		ÇÖZÜNEBİLİR TUZ MİKTARI (Meg/100g)			
0.28	9.4E-07		Na^+	K^+	Ca^{2-}	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}
			7	1	12	0	0	4
DANSİTE ($g.cm^{-3}$)			BAĞLANMA DAYANIKLILIĞI (kPa)		SÜLFAT DAYANIMI (25 DEVİRDE F)/ (%WL)	
Sıvı Halde	Katı Halde		763		-	
1.89	1.65					

TABLO 7: GCI PLM A PERFORMANS TEST SONUÇLARI

TABLO 7: GCI PLM A PERFORMANS TEST SONUÇLARI							
%CE	%FB	$\%H^{\pm D}$	ENJEKTE EDİLEBLİRLİK				
0.0	0.0	-4.4	Kolon Adı (Klasifikasyon)				
YARMADA ÇEKME DAYANIMI (MPa)			Traverten	Traverten (Su Absorbe Edilmiş)	Tuğla Kırığı	Tuğla Kırığı (Su Absorbe Edilmiş)	
2 AYLIK	2 YILLIK						
0.90	-		E	E	D_{150}	E	
A ($g.cm^{-2}.s^{-0.5}$)	WVP ($g.Pa^{-1}.h^{-1}.m^{-1}$)		ÇÖZÜNEBİLİR TUZ MİKTARI (Meg/100g)				
0.81	8.2E-05		Na^+	K^+	Ca^{2-}	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}
			5	1	399	0	1	1
DANSİTE ($g.cm^{-3}$)			BAĞLANMA DAYANIKLILIĞI (kPa)			SÜLFAT DAYANIMI (25 DEVİRDE F)/ (%WL)	
Sıvı Halde	Katı Halde		27			25 (-23%)	
1.55	1.03						

TABLO 8: GCI PLM AL PERFORMANS TEST SONUÇLARI

TABLO 8: GCI PLM AL PERFORMANS TEST SONUÇLARI							
%CE	%FB	$\%H^{\pm D}$	ENJEKTE EDİLEBLİRLİK				
0.0	0.0	-6.3	Kolon Adı (Klasifikasyon)				
YARMADA ÇEKME DAYANIMI (MPa)			Traverten	Traverten (Su Absorbe Edilmiş)	Tuğla Kırığı	Tuğla Kırığı (Su Absorbe Edilmiş)	
2 AYLIK	2 YILLIK						
1.10	-		D_{25}	D_{35}	D_{10}	D_{20}	
A ($g.cm^{-2}.s^{-0.5}$)	WVP ($g.Pa^{-1}.h^{-1}.m^{-1}$)		ÇÖZÜNEBİLİR TUZ MİKTARI (Meg/100g)				
0.032	6.4E-05		Na^+	K^+	Ca^{2-}	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}
			19	11	68	0	0	6
DANSİTE ($g.cm^{-3}$)			BAĞLANMA DAYANIKLILIĞI (kPa)			SÜLFAT DAYANIMI (25 DEVİRDE F)/ (%WL)	
Sıvı Halde	Katı Halde		118			12	
1.36	0.88						

TABLO 9: GCI PLM I PERFORMANS TEST SONUÇLARI

TABLO 9: GCI PLM I PERFORMANS TEST SONUÇLARI							
%CE	%FB	$\%H^{\pm D}$	ENJEKTE EDİLEBLİRLİK				
0.0	0.0	-2.6	Kolon Adı (Klasifikasyon)				
YARMADA ÇEKME DAYANIMI (MPa)			Traverten	Traverten (Su Absorbe Edilmiş)	Tuğla Kırığı	Tuğla Kırığı (Su Absorbe Edilmiş)	
2 AYLIK	2 YILLIK						
0.42	1.06		E	E	D_{100}	E	
A ($g.cm^{-2}.s^{-0.5}$)	WVP ($g.Pa^{-1}.h^{-1}.m^{-1}$)		ÇÖZÜNEBİLİR TUZ MİKTARI (Meg/100g)				
0.069	9.3E-05		Na^+	K^+	Ca^{2-}	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}
			3	1	64	0	0	5
DANSİTE ($g.cm^{-3}$)			BAĞLANMA DAYANIKLILIĞI (kPa)			SÜLFAT DAYANIMI (25 DEVİRDE F)/ (%WL)	
Sıvı Halde	Katı Halde		271			25 (-60%)	
1.58	1.13						

TABLO 10: GCI KİREÇ BAĞLAYICILI ENJEKSİYON HARÇLARI İÇİN PERFORMANS TESTİ LİMİTLERİ

TABLO 10: GCI KİREÇ BAĞLAYICILI ENJEKSİYON HARÇLARI İÇİN PERFORMANS TESTİ LİMİTLERİ									
%CE	%FB	$\%H^{\pm D}$	ENJEKTE EDİLEBLİRLİK						
<0.5	<0.4	<-4.0	Kolon Adı (Klasifikasyon)						
YARMADA ÇEKME DAYANIMI (MPa)			Traverten	Traverten (Su Absorbe Edilmiş)	Tuğla Kırığı	Tuğla Kırığı (Su Absorbe Edilmiş)			
2 AYLIK	2 YILLIK								
0.30-0.60	<1.5		F	E	>D_{100}	F			
A ($g.cm^{-2}.s^{-0.5}$)	WVP ($g.Pa^{-1}.h^{-1}.m^{-1}$)		ÇÖZÜNEBİLİR TUZ MİKTARI (Meg/100g)						
0.055-0.085	>9.0E-05		Na^+	K^+	Ca^{2-}	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	
			<5	<5	<100	<1	<1	<5	
DANSİTE ($g.cm^{-3}$)			BAĞLANMA DAYANIKLILIĞI (kPa)			SÜLFAT DAYANIMI			
Sıvı Halde	Katı Halde		100-350			-			
-	-								

TABLO 11: TİCARİ ENJEKSİYON HARÇLARI ÜRETİCİ FİRMA ENFORMASYONU-1

TABLO 11: TİCARİ ENJEKSİYON HARÇLARI ÜRETİCİ FİRMA ENFORMASYONU-1			
ENJEKSİYON HARCI	**ÜRETİCİ FİRMA**	**ÜRÜN İÇERİĞİ**	**KULLANIM ALANLARI**
Bresciani Malta 6001	Bresciani, İtalya	Düşük tuz içerikli hidrolik bağlayıcı Silika Akışkanlaştırıcı, su azaltıcı ve hava sürükleyici ajanlar.	Sıva, boyalı sıva, seramik ve taş stabilizasyonunda büyük boşlukların doldurulması.
Bresciani Malta 6002	Bresciani, İtalya	Düşük tuz içerikli hidrolik bağlayıcı Silika Akışkanlaştırıcı, su azaltıcı ve hava sürükleyici ajanlar	Tonozlarda bulunan fresko ve mozaiklerin stabilizasyonu Büyük boşlukların doldurulması(3-4cm) Hafif ve düşük mekanik dayanımlı enjeksiyon harcı.
Ledan ITAL B2	Tecno Edile Toscana, İtalya	Doğal kireç ve hidrolik bağlayıcılar Puzolan Perlit Akışkanlaştırıcı, su azaltıcı ve hava sürükleyici ajanlar	Çatlak ve büyük boşlukların doldurulması
Ledan TB1-ICR	Tecno Edile Toscana, İtalya	Doğal kireç ve hidrolik bağlayıcılar, İnert silika, Kayağan taşı Puzolan Akışkanlaştırıcı, su azaltıcı ve hava sürükleyici ajanlar	Kohezyon kaybı olan yüzeylerin ön-konsolidasyonu, Duvar resmi taşıyıcısının sıva tabakasıyla birleştirilmesi
LEIT	Phase, İtalya	Düşük tuz içerikli hidrolik bağlayıcı Silika Kayağan taşı Puzolan Akışkanlaştırıcı, su azaltıcı ve hava sürükleyici ajanlar	Fresko sıvasının taşıyıcıyla birleştirilmesi.
LEIT 01	Phase, İtalya	Düşük tuz içerikli kireç esaslı bağlayıcı Puzolan Perlit Akışkanlaştırıcı, su azaltıcı ve hava sürükleyici ajanlar	Tonozlarda bulunan fresko ve mozaiklerin sağlamlaştırılması.

TABLO 12: TİCARİ ENJEKSİYON HARÇLARI ÜRETİCİ FİRMA ENFORMASYONU-2

TABLO 12: TİCARİ ENJEKSİYON HARÇLARI ÜRETİCİ FİRMA ENFORMASYONU-2			
ENJEKSİYON HARCI	**ÜRETİCİ FİRMA**	**ÜRÜN İÇERİĞİ**	**KULLANIM ALANLARI**
MAPE- Antique F21	MAPEI, İtalya	Puzalonik reaksiyona giren hidrolik bağlayıcılar Dolgu Su Azaltıcı Özel Katkılar	Tuğla tüf ve taş çatlak stabilizasyonu duvarlarda bulunan boşlukların enjeksiyonu.
MAPE- Antique I	MAPEI, İtalya	Çimento barındırmayan kireç ve eko-puzolan hidrolik bağlayıcı Doğal ultra-ince kum Özel katkılar	Mimari elemanların stabilizasyonu
PLM A	CTS, İtalya	Düşük tuz içerikli doğal kireç İnert materyaller ve reoloji düzenleyiciler	Taşıyıcıdan ayrılmış fresko ve duvar resmi stabilizasyonu
PLM AL	CTS, İtalya	Düşük tuz içerikli doğal kireç Düşük özgül ağırlıklı inert materyaller Reoloji düzenleyiciler	Freskoların stabilizasyonu tonozlarda bulunan duvar resimleri Atan ağırlıklı olmayan duvardan ayrılmış her türlü sıva
PLM I	CTS, İtalya	Düşük tuz içerikli doğal kireç İnert materyaller Katkı maddeleri	Taşıyıcıdan ayrılmış duvar resmi sıva katmanlarının stabilizasyonu

TABLO 13: GCI- ICCROM ENJEKSİYON HARCI TERKİPLERİ

TABLO 13: GCI- ICCROM ENJEKSİYON HARCI TERKİPLERİ		
ENJEKSİYON HARCI MALZEMELER	**ICCROM BD-LF NHL3.5-z**	**ICCROM P-LF NHL3.5-z**
Lafarge Chaux Blanche NHL 3.5-z (g)	90	90
Tuğla Tozu (g)	79	-
Pozzolana superventilata grigia (g)	-	92
Primal B60A (mL)	6.5	10.0
Sodyum Glukonat (mL)	0.65	1.00
Su (g)	100	126

TABLO 14: GCI- ICCROM BD-LF NHL 3.5-z PERFORMANS TEST SONUÇLARI

TABLO 14: GCI-ICCROM BD-LF NHL 3.5-z PERFORMANS TEST SONUÇLARI											
%CE	%FB	$\%H^{\pm D}$	ENJEKTE EDİLEBLİRLİK								
0.0	0.1	-3.8	Kolon Adı (Klasifikasyon)								
YARMADA ÇEKME DAYANIMI (MPa)			Traverten	Traverten (Su Absorbe Edilmiş)	Tuğla Kırığı	Tuğla Kırığı (Su Absorbe Edilmiş)					
2 AYLIK		2 YILLIK									
0.63		1.41	D_{60}	F	D_{10}	F					
A ($g.cm^{-2}.s^{-0.5}$)		WVP ($g.Pa^{-1}.h^{-1}.m^{-1}$)	ÇÖZÜNEBİLİR TUZ MİKTARI (Meg/100g)								
0.080		1.0E-04	Na^+	K^+	Ca^{2-}	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}			
			3	4	28	0	0	2			
DANSİTE ($g.cm^{-3}$)			BAĞLANMA DAYANIKLILIĞI (kPa)			SÜLFAT DAYANIMI (25 DEVİRDE F)/ (%WL)					
Sıvı Halde	Katı Halde		10			11					
1.57	1.14										

TABLO 15: ICCROM P-LF NHL 3.5-z PERFORMANS TEST SONUÇLARI

Tablo: ICCROM P-LF NHL 3.5-z PERFORMANS TEST SONUÇLARI											
%CE	%FB	$\%H^{\pm D}$	ENJEKTE EDİLEBLİRLİK								
0.0	0.3	-2.7	Kolon Adı (Klasifikasyon)								
YARMADA ÇEKME DAYANIMI (MPa)			Traverten	Traverten (Su Absorbe Edilmiş)	Tuğla Kırığı	Tuğla Kırığı (Su Absorbe Edilmiş)					
2 AYLIK		2 YILLIK									
0.99		2.00	D_{20}	D_{50}	D_{10}	D_{50}					
A ($g.cm^{-2}.s^{-0.5}$)		WVP ($g.Pa^{-1}.h^{-1}.m^{-1}$)	ÇÖZÜNEBİLİR TUZ MİKTARI (Meg/100g)								
0.272		9.0E-05	Na^+	K^+	Ca^{2-}	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}			
			16	6	11	0	0	1			
DANSİTE ($g.cm^{-3}$)			BAĞLANMA DAYANIKLILIĞI (kPa)			SÜLFAT DAYANIMI (25 DEVİRDE F)/ (%WL)					
Sıvı Halde	Katı Halde		17			13					
1.52	1.06										

TABLO 16: T.C. KÜLTÜR VE TURİZM BAKANLIĞI GÖREME AÇIK HAVA MÜZESİ DUVAR RESMİ KONSERVASYON PROJESİ RAPORLARINA GÖRE KALSİYUM KAZEINAT HARCI TERKİBİ HAZIRLANIŞI (C1)

TABLO 16: T.C. KÜLTÜR VE TURİZM BAKANLIĞI GÖREME AÇIK HAVA MÜZESİ DUVAR RESMİ KONSERVASYON PROJESİ RAPORLARINA GÖRE KALSİYUM KAZEINAT HARCI TERKİBİ HAZIRLANIŞI (C1)			
MALZEMELER	**AĞIRLIK (g)**	**TEMİN EDİLEN FİRMA**	**HAZIRLANIŞI**
Kazein	100 g	Yerel	100 g kazein 12 saat suya doyurulur, kalan su akıtılır Kazeine 900g sönmüş kireç eklenir ve karıştırılır, 12 saat bekletilir. Tülbentten süzülür. 100 g (PVA) Vinavil eklenir. Manuel olarak karıştırılır
Söndürülmüş Kireç (Kireç Kaymağı)	900 g	Yerel (bölgede ki kireç kuyularından ve arazide açılan kireç kuyusundan temin edilmiş)	
Polivinil Asetat	100 g	Vinavil-Firma Belirtilmemiş.	

TABLO 17: KAZEİN ENJEKSİYON HARCI (C1) MALZEMLERİNİN TEMİN EDİLDİĞİ FİRMALAR

TABLO 17: KAZEİN ENJEKSİYON HARCI (C1) MALZEMLERİNİN TEMİN EDİLDİĞİ FİRMALAR		
MALZEMELER	**TEMİN EDİLEN FİRMA**	**TEMİN EDİLEN FİRMA/LINK**
Kazein	KREMER PİGMENTE	http://shop.kremerpigments.com/en/mediums--binders-und-glues/water-soluble-binders/mediums-und-natural-gums/casein-63200:.html
Söndürülmüş Kireç (Kireç Kaymağı)	U.S. HERİTAGE GROUP	http://usheritage.com/contact-us/
Jade 403 Polivinil Asetat	TALAS	http://talasonline.com/

TABLO 18: KALSİYUM KAZEINAT HARCI (C1) HAZIRLANIŞI

TABLO 18: KALSİYUM KAZEINAT HARCI (C1) HAZIRLANIŞI			
Malzemeler	**Ağırlık (g)**	**Temin Edilen Firma**	**Hazırlanışı**
Kazein	11.11g	Kremer Pigmente	11.11 g Kazein 12 saat suya doyurulur Kalan su akıtılır
Söndürülmüş Kireç (Kireç Kaymağı)	100g	U.S. HeritageGroup	Kazeine 100g sönmüş kireç eklenir ve karıştırılır 12 saat bekletilir. Tülbentten süzülür.
Polivinil Asetat (JadeAdhesive 403)	11.11g	Talas	11.11 g (PVA) Jade Adhesive 403 eklenir. Manuel olarak karıştırılır.
Distile Su	34.26g	G.C.I.	

TABLO 19: BRESCIANI MATERIALS AND EQUIPMENTS FOR THE RESTORATION AND CONSERVATION FİRMASI MALTA 6001 (ART. 31051) ANALİZ SONUÇLARI

TABLO 19:BRESCIANI MATERIALS AND EQUIPMENTS FOR THE RESTORATION AND CONSERVATION FİRMASI MALTA 6001 (ART. 31051) ANALİZ SONUÇLARI	
MEKANİK DAYANIM	
Basınç Dayanımı	**120 kg/cm^2**
Eğilme Mukavemeti	**41 kg/cm^2**
Çekme Dayanımı	**11 kg/cm^2**
KİMYASAL ANALİZ SONUÇLARI	
SiO_2	**50.3%**
CaO	**44.2%**
Al_2O_3	**2.4%**
Kızdırma Kaybı	**2.1%**
Diğerleri	**1.0%**
ÇÖZÜNEBİLİR TUZLAR	
Na_2O	**Yok**
K2O	**Yok**
Cl	**0.1%**
SO_4	**Yok**
DİĞER ENFORMASYON	
Su Karışım	**80-120%**
Hacimce Ağırlığı v/w	**1.2**
Porozite	**6.1%**
Çalışma Zamanı	**40'**

TABLO 20: GCI HERCULENEUM PROJESİ BRESCIANI MALTA 6001 TEST SONUÇLARI

GCI HERCULENEUM PROJESİ BRESCIANI MALTA 6001 TEST SONUÇLARI							
Bresciani Malta 6001 Kuru Karışım Miktarı (g)			Bresciani Malta 6001 Su Miktarı (g)				
100g			64g				
%CE	%FB	$\%H^{D\pm}$	ENJEKTE EDİLEBİLİRLİK				
1.6	0.1	-3.0	Kolon Adı (Klasifikasyon)				
YARMADA ÇEKME DAYANIMI (MPa)			Traverten	Traverten (Su Absorbe Edilmiş)	Tuğla Kırığı	Tuğla Kırığı (Su Absorbe Edilmiş)	
2 AYLIK		2 YILLIK					
0.63		-	D_{140}	D_{200}	D_{50}	F	
A ($g.cm^{-2}.s^{-0.5}$)		WVP ($g.Pa^{-1}.h^{-1}.m^{-1}$)	ÇÖZÜNEBİLİR TUZ MİKTARI (Meg/100g)				
0.015		6.0E-0.5	Na^+	K^+	Ca^{2-}	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}
			6	3	119	0	0	3
DANSİTE ($g.cm^{-3}$)			BAĞLANMA DAYANIKLILIĞI (kPa)		SÜLFAT DAYANIMI (25 DEVİRDE F)/ (%WL)		
Sıvı Halde	Katı Halde		52		F		
1.63	1.21						

TABLO 21: GCI HERCULENEUM PROJESİ TECNO EDILE LEDAN ITAL B2 PERFORMANS TEST SONUÇLARI

TABLO 21: GCI HERCULENEUM PROJESİ TECNO EDİLE LEDAN ITAL B2 PERFORMANS TEST SONUÇLARI							
Tecno Edile Ledan Ital B2			Tecno Edile Ledan Ital B2 Su Miktarı (g)				
100g			180g				
%CE	%FB	$\%H^{D\pm}$	ENJEKTE EDİLEBİLİRLİK				
0.0	0.0	-1.8	Kolon Adı (Klasifikasyon)				
YARMADA ÇEKME DAYANIMI (MPa)			Traverten	Traverten (Su Absorbe Edilmiş)	Tuğla Kırığı	Tuğla Kırığı (Su Absorbe Edilmiş)	
2 AYLIK		2 YILLIK					
0.38		-	E	E	E	E	
A ($g.cm^{-2}.s^{-0.5}$)		WVP ($g.Pa^{-1}.h^{-1}.m^{-1}$)	ÇÖZÜNEBİLİR TUZ MİKTARI (Meg/100g)				
0.039		1.1E-0.4	Na^+	K^+	Ca^{2-}	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}
			26	4	90	0	0	6
DANSİTE ($g.cm^{-3}$)			BAĞLANMA DAYANIKLILIĞI (kPa)		SÜLFAT DAYANIMI (25 DEVİRDE F)/ (%WL)		
Sıvı Halde	Katı Halde		345		4		
1.14	0.59						

TABLO 22: GCI HERCULENEUM PROJESİ TECNO EDILE LEDAN ITAL TB1 ICR PERFORMANS TEST SONUÇLARI

TABLO 22: GCI HERCULENEUM PROJESİ TECNO EDILE LEDAN TB1 ICR PERFORMANS TEST SONUÇLARI							
Tecno Edile Ledan TB1 ICR			**Tecno Edile Ledan TB1 ICR Su Miktarı (g)**				
100g			64g				
%CE	**%FB**	**%$H^{D\pm}$**	**ENJEKTE EDİLEBLİRLİK**				
0.0	0.0	-2.7	Kolon Adı (Klasifikasyon)				
YARMADA ÇEKME DAYANIMI (MPa)			Traverten	Traverten (Su Absorbe Edilmiş)	Tuğla Kırığı	Tuğla Kırığı (Su Absorbe Edilmiş)	
2 AYLIK		2 YILLIK					
0.59		1.02	E	E	D_{125}	E	
A ($g.cm^{-2}.s^{-0.5}$)		**WVP ($g.Pa^{-1}.h^{-1}.m^{-1}$)**	**ÇÖZÜNEBİLİR TUZ MİKTARI (Meg/100g)**				
0.048		7.6E-0.5	**Na^+**	**K^+**	**Ca^{2-}**	**Cl^-**	**NO_3^-**	**SO_4^{2-}**
			6	1	21	0	0	9
DANSİTE ($g.cm^{-3}$)			**BAĞLANMA DAYANIKLILIĞI (kPa)**		**SÜLFAT DAYANIMI (25 DEVİRDE F)/ (%WL)**		
Sıvı Halde	Katı Halde		817		F		
1.36	1.0.96						

TABLO 23. KAZEIN HARCI (C1) PERFORMANS TEST SONUÇLARI

TABLO 23. KAZEIN HARCI (C1) PERFORMANS TEST SONUÇLARI						
%CE	**%FB**	**%$H^{\pm}$**	**ENJEKTE EDİLEBLİRLİK**			
0.0	0.0	-57,70	Kolon Adı (Klasifikasyon)			
YARMADA ÇEKME DAYANIMI (MPa)			Traverten	Traverten (Su Absorbe Edilmiş)	Tuğla Kırığı	Tuğla Kırığı (Su Absorbe Edilmiş)
2 AYLIK		2 YILLIK				
F		**F**	E	E	E	E
DANSİTE ($g.cm^{-3}$)			**BAĞLANMA DAYANIKLILIĞI (kPa)**			
Sıvı Halde	Katı Halde		**F**			
1.18	1.12					

F: Failure, hacimsel küçülme dolayısıyla örnek oluşturma aşaması başarısız olan testler.

TABLO 24: IHLARA VADİSİ PİLOT YAPILARI KİREÇ BAĞLAYICILI DUVAR RESİMLERİNİN KARAKTERİSYONUN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN ANALİZ TEKNİKLERİ

TABLO 24: IHLARA VADİSİ PİLOT YAPILARI KİREÇ BAĞLAYICILI DUVAR RESİMLERİNİN KARAKTERİSYONUN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN ANALİZ TEKNİKLERİ	
ANALİZ ADI	**ANALİZ METODU**
Mikro Yapı ve Haritalandırma	XRD, XRF, XRD-XRF, FTIR, ESEM/EDX, Petrografi
İçerik Analizi	Kızdırma Kaybı, Asitle Muamele ve Elek Analizi
Çözünebilir Tuz Analizleri	Spot Testler
Gözenek ve Boyut Dağılımı (Porozite)	Arşimet Metodu (Tayini)
XRD, XRF/XRD, XRF: GCI Bilim Bölümü Başkanı Prof. Dr. Giocamo Chiari ESEM/EDX: GCI Bilim Bölümü Genel Müdürü Kimya Mühendisi Dr. David Carson FTIR: GCI Bilim Bölümü Asistan Bilim İnsanı Kimyager Dr. Lee Lym Kızdırma Kaybı Asitle Muamele ve Elek Analizi, Çözünebilir Tuz Analizleri, Arşimet metodu ile porozite tayini: İstanbul Üniversitesi Taşınabilir Kültür Varlıkları Kimya Laboratuarı Kimyager Doç. Dr. Ahmet Güleç, gözetiminde gerçekleştirilmiştir.	

TABLO 25: IHLARA VADİSİ DİREKLİ KİLİSE/BAHATTİN SAMANLIĞI KİLİSESİ/SAINT GEORGE KIRDAMALTI KİLİSESİ ÖRNEK TANIMLAMALARI

TABLO 25: IHLARA VADİSİ DİREKLİ KİLİSE/BAHATTİN SAMANLIĞI KİLİSESİ/SAINT GEORGE KIRDAMALTI KİLİSESİ ÖRNEK TANIMLAMALARI					
ÖRNEK NO	ÖRNEĞİN ALINDIĞI YER	YÜKSEKLİĞİ (*h*) cm/ m	SIVA TABAKALARI	SIVA KALINLIĞI (mm/cm)	
				Minimum	Maksimum
DK2	Batı Duvar	1.30 m	1. Katman /sıva 2 .Katman/ badana	1.4 mm	6 mm
DK4	Güney Doğu Sütün	1.20 m	1. Katman /sıva 2 .Katman/ badana	3 mm	6 mm
DK5	Prothesis (Kuzey Hücre)	70 cm	1 Katman sıva.	3 mm	5 mm
DK6	Diakonikon (Güney Hücre)	3 m	1. Katman /sıva 2 .Katman /badana	3 mm	5 mm
BHT1	Apsis	1.50 m	1 Katman sıva.	1.5 mm	5 mm
BHT2A	Apsis (Kuzey Doğu)	1.50 m	BHT-2/ 2. Katman sıva.	3 mm	5 mm
BHT 2B	Apsis (Kuzey Doğu)	1.50 m	BHT-2/ 1 Katman Taşıyıcı Duvar	5 mm	8 mm
BHT4	Giriş (Güney Batı)	1.60 m	1 Katman Sıva	1 mm	3 mm
SNG3	Batı Duvar (Sol Niş)	50 cm	1 Katman Sıva	1.2 cm	1.3 cm
SNG4	Batı Duvar (Orta Niş)	Kotta	1 Katman Sıva	5 mm	6 mm
SNG5	Kuzey Duvar (Sol Niş)	50 cm	1 Katman Sıva	2 mm	5 mm
SNG7	Kuzey Duvar	50 cm	1 Katman Sıva	2 mm	9 mm
Dere Kumu	Dere kumu örnekleri ,Ihlara Vadisi içinden geçen Melendiz Çayı, Saint George kilisesi paralelinden alınmıştır.				

TABLO 26: IHLARA VADİSİ DİREKLİ KİLİSE / BAHATTİN SAMANLIĞI KİLİSESİ / SAİNT GEORGE KIRKDAMALTI KİLİSESİ TAŞIYICI DUVAR/ DERE KUMU/ DUVAR RESMİ SIVASI ÖRNEKLERİ ASİTLE REAKSİYONA GİRMEYEN AGREGALARIN ANALİZ SONUÇLARI

TABLO 26: IHLARA VADİSİ DİREKLİ KİLİSE/BAHATTİN SAMANLIĞI KİLİSESİ/SAINT GEORGE (KIRDAMALTI) KİLİSESİ TAŞIYICI DUVAR/ DERE KUMU/ DUVAR RESMİ SIVASI ÖRNEKLERİ ASİTLE REAKSİYONA GİRMEYEN AGREGALARIN ANALİZ SONUÇLARI				
ÖRNEK NO	**İÇERİKTE GÖRÜLEN AGREGALAR**	**AGREGA TİPİ**	**KATKI**	**SONUÇ**
DK2	F-VK-SC-Q-M-B-MC	Köşeli	Saman	**(%5-7) saman, 1mm elek altı krem beyaz renkli feldspat ağırlıklı VK**
DK4	F-VK-SC-Q-M-B-MC	Köşeli	Saman	**(%5-7) saman, 1mm elek altı krem beyaz renkli feldspat ağırlıklı VK**
DK6	F-VK-SC-Q-M-B-MC	Köşeli	Saman	**(%5-7) saman, 1mm elek altı krem beyaz renkli feldspat ağırlıklı VK**
BHT1	F-VK-Q-SC-B-M	Köşeli	Saman	**(%35-40) saman, 1mm elek altı devetüyü renkli feldspat ağırlıklı VK**
BHT2A	F-VK-Q-SC-B-M	Köşeli	Saman	**(%35-40) saman, 1mm elek altı devetüyü renkli feldspat ağırlıklı VK**
BHT 2B	F-Q-VK-SC-B-MK-MC	Köşeli	Taşıyıcı Duvar Örneği	**Parçacıklar kuvars ve feldspat ağırlıklı olup 8mm elek altıdır**
BHT4	F-VK-Q-SC-B-M	Köşeli	Kıtık	**(%35-40) saman, 1mm elek altı devetüyü feldspat ağırlıklı VK**
SNG3	VK-Q-F-SC-B	Köşeli	N/N**	**2 mm elek altı açık devetüyü renkli VK**
SNG4	VK-Q-F-SC-B	Köşeli	Saman	**(%2-3) Saman, 2 mm elek altı açık devetüyü renkli VK**
SNG5	VK-Q-F-FeO-SC-B-M-MC	Köşeli	Saman	**(%3-5) Saman,(%5-10) kil ilaveli, kalanı 2mm elek altı gri renkli (tüf) VK**
SNG7	VK-Q-F-SC-B	Köşeli	Saman	**(%2-3) Saman, 1mm elek altı devetüyü renkli VK**
DKM-W* **	VK-Q-F-M-B	Köşeli-Az Köşeli	-	**8mm elek altı tüfik ve diğer nitelikli VK.**
DKM-A** **	VK-F-Q-M-B	Köşeli -Az Köşeli	-	**8mm elek altı tüfik ve diğer nitelikli VK.**

*** VK: Volkanik kayaç parçası. Q: Kuvartz. F: Feldspat. SC: Siyah cüruf. M: Muskovit.MC:Microciline B: Biyotit FeO Demir oksit**
****N/N: Yok-non**
******DKM-A:%10 HCL Asit ile muamele edilmiş dere kumu.**
*****DKM-W: Ihlara vadi içi dere kumu. Saf su ile muamele edilmiş.**

TABLO 27: IHLARA VADİSİ DİREKLİ KİLİSE /BAHATTİN SAMANLIĞI KİLİSESİ VE SAINT GEORGE KLİSESİ TAŞIYICI DUVAR / DUVAR RESMİ SIVALARI KIZDIRMA KAYBI ANALİZİ SONUÇLARI

TABLO 27: IHLARA VADİSİ DİREKLİ KİLİSE /BAHATTİN SAMANLIĞI KİLİSESİ VE SAINT GEORGE KLİSESİ KIZDIRMA TAŞIYICI DUVAR / DUVAR RESMİ SIVALARI KAYBI ANALİZİ SONUÇLARI													
ÖRNEK	**%NEM**	**%550C°**	**%$CaCO_3$**	**Asitte %Kalan**	**Asitte %Kayıp**	**Boyut Dağılımı (Elekte Kalan %)**							
						5000µ	2500µ	1000µ	500µ	250µ	125µ	63µ	<63 µ
DK2	0.93	6.35	67.04	16.11	83.89	0.00	0.00	6.56	13.57	18.16	19.91	18.60	23.19
DK4	0.77	5.31	69.64	19.40	80.60	0.00	2.10	5.08	13.31	22.59	21.19	16.46	19.26
DK5	1.55	8.19	61.78	21.44	78.56	0.00	0.72	7.97	15.22	21.74	20.58	17.54	16.23
DK6	0.62	6.94	66.37	19.81	80.19	0.00	0.00	5.71	11.42	18.26	19.63	16.89	28.08
BHT1	0.62	4.77	77.37	9.57	90.43	0.00	0.00	26.00	0.33	19.67	20.33	19.33	14.33
BHT2A	1.17	5.11	70.28	6.72	93.28	0.00	0.59	6.47	15.88	20.00	21.76	19.41	15.88
BHT2B	0.67	3.24	1.83	96.70	3.30	0.99	3.96	13.62	11.84	15.15	18.06	22.41	13.96
BHT4	1.23	6.56	80.83	25.97	74.03	0.57	0.57	8.43	13.79	17.43	20.11	20.31	18.77
SNG3	0.94	2.61	63.17	19.18	80.82	0.00	0.13	13.89	19.49	36.18	15.35	8.28	6.68
SNG4	3.09	4.34	59.46	26.01	73.99	0.00	0.00	27.08	16.22	14.94	15.84	12.77	13.15
SNG5	1.20	4.89	45.60	37.65	62.35	0.00	0.09	8.18	9.88	11.57	19.47	20.51	30.29
SNG7	1.32	10.05	43.01	25.22	74.78	0.00	0.00	3.36	7.55	14.69	23.78	26.29	24.34

TABLO 28: IHLARA VADİSİ KİREÇ BAĞLAYICILI DUVAR RESMİ SIVALARI POROZİTE TAYİNİ SONUÇLARI

TABLO 28: IHLARA VADİSİ KİREÇ BAĞLAYICILI DUVAR RESMİ SIVALARI POROZİTE TAYİNİ SONUÇLARI			
ÖRNEK	**HACİMCE SU EMME % P (V)**	**KÜTLECE SU EMME % P (m)**	**GÖRÜNÜR YOĞUNLUK Δh (g/cm^3)**
SNG3A	**32.43**	**20.97**	**1.55**
SNG3B	**28.31**	**16.38**	**1.73**
SNG4	**29.56**	**17.70**	**1.67**
SNG5	**50.14**	**41.13**	**1.22**
SNG7	**45.21**	**36.22**	**1.25**
DK3	**49.35**	**40.23**	**1.23**
DK4	**36.47**	**23.68**	**1.54**
DK5	**39.37**	**27.20**	**1.45**
DK6	**43.63**	**31.78**	**1.37**
BHT1	**46.60**	**37.50**	**1.24**
BHT2A	**46.92**	**37.10**	**1.26**

TABLO 29: IHLARA VADİSİ BAHATTİN SAMANLIĞI KİLİSESİ SIVA KARAKTERİZASYONU ALETLİ ANALİZ SINIFLANDIRMA TABLOSU

TABLO 29: IHLARA VADİSİ BAHATTİN SAMANLIĞI KİLİSESİ SIVA KARAKTERİZASYONU ALETLİ ANALİZ SINIFLANDIRMA TABLOSU						
ÖRNEK NO	**TANIM**	**STATIGRAFİ**		**GERÇEKLEŞTİRİLEN ALETLİ ANALİZLER**		
		İNCE KESİT	**ÇAPRAZ KESİT**	**XRD**	**XRF**	**ESEM/EDX.**
BHT 1P	Masif sıva örneği	√	√	√	√	√
BHT 2P	Masif sıva örneği	√	√	√	√	√
BHT 3P	Toz halde.sıva örneği	√	**TH**	√	√	**TH**
BHT 4P	Masif sıva örneği	√	√	√	√	**N/N**
BHT 5P	Masif sıva örneği	√	√	√	√	√
BHT 6P	Masif sıva örneği	√	√	√	√	**N/N**
BHT 7P	Masif sıva örneği.	√	√	√	√	**N/N**
BHT 8P	Masif sıva örneği	√	√ **x2**	√	√	√
BHT 9P	Masif sıva örneği	√	√	√	√	√
BHT 10-P	Masif sıva örneği	√	√	√	√	√
BHT 11P	Masif sıva örneği kısm toz halde	√	√	√	√	**N/N**
BHT 12P	Masif sıva örneği.	√	√	√	√	**N/N**

√:Yapıldı, N/N:Yapılmadı TH: Örnek toz halde √ x2: İki kez yapıldı

TABLO 30: IHLARA VADİSİ DİREKLİ KİLİSE SIVA KARAKTERİZASYONU ALETLİ ANALİZ SINIFLANDIRMA TABLOSU

TABLO 30: IHLARA VADİSİ DİREKLİ KİLİSE SIVA KARAKTERİZASYONU ALETLİ ANALİZ SINIFLANDIRMA TABLOSU

ÖRNEK NO	TANIM	STATIGRAFİ		GERÇEKLEŞTİRİLEN ALETLİ ANALİZLER		
		İNCE KESİT	ÇAPRAZ KESİT	XRD	XRF	ESEM/EDX.
DK 1P	Masif sıva örneği kısmi toz halde	√	√	**N/N**	**N/N**	√
DK 2P	Masif sıva örneği kısmi toz halde	√	√	**N/N**	**N/N**	√
DK 3P	Masif sıva örneği kısmi toz halde	√	√	**N/N**	**N/N**	√
DK 4P	Masif sıva örneği	√	√	**N/N**	**N/N**	√
DK 5P	Masif sıva örneği.	√	√	**N/N**	**N/N**	√
DK 6P	Masif sıva örneği	√	√	**N/N**	**N/N**	√
DK 7P	Masif sıva örneği kısmi toz halde	√	√	**N/N**	**N/N**	√
DK 8P	Masif sıva örneği	√	√	**N/N**	**N/N**	√
DK 9P	Masif sıva örneği	√	√	**N/N**	**N/N**	√
DK 10P	Masif sıva örneği	√	√	**N/N**	**N/N**	√
DK 11P	Masif sıva örneği	**T**	**T**	**N/N**	**N/N**	**T**
DK 12P	Toz halde.	**T**	**T**	**N/N**	**N/N**	**T**

√**:**yapıldı, N/N:Yapılmadı TH: Örnek toz halde

TABLO 31: IHLARA VADİSİ SAINT GEORGE KİLİSESİ SIVA KARAKTERİZASYONU ALETLİ ANALİZ SINIFLANDIRMA TABLOSU

TABLO 31: IHLARA VADİSİ SAINT GEORGE KİLİSESİ SIVA KARAKTERİZASYONU ALETLİ ANALİZ SINIFLANDIRMA TABLOSU						
ÖRNEK NO	**TANIM**	**STATIGRAFİ**		**GERÇEKLEŞTİRİLEN ALETLİ ANALİZLER**		
		İNCE KESİT	**ÇAPRAZ KESİT**	**XRD**	**XRF**	**ESEM/EDX.**
SNG 1P	Masif sıva örneği	**N/N**	√	**N/N**	**N/N**	√
SNG 2P	Masif sıva örneği	√	√	**N/N**	**N/N**	**N/N**
SNG 3P	Masif sıva örneği	√	√	**N/N**	**N/N**	√
SNG 4P	Masif sıva örneği	√	√	**N/N**	**N/N**	√
SNG 5P	Masif sıva örneği.	√	√	**N/N**	**N/N**	√
SNG 6P	Masif sıva örneği	√	√	**N/N**	**N/N**	√
SNG 7P	Masif sıva örneği	√	√	**N/N**	**N/N**	√
SNG 8P	Masif sıva örneği	√	√	**N/N**	**N/N**	√
SNG 9P	Masif sıva örneği	√	√	**N/N**	**N/N**	√
SNG 10P	Masif sıva örneği	√	√	**N/N**	**N/N**	**N/N**
SNG 11P	Masif sıva örneği	√	√	**N/N**	**N/N**	√
SNG 12P	Masif sıva örneği	√	√	**N/N**	**N/N**	√
SNG 13P	Masif sıva örneği	√	√	**N/N**	**N/N**	√
SNG 14P	Masif sıva örneği	√	√	**N/N**	**N/N**	√
SNG 15P	Masif sıva örneği	√	√	**N/N**	**N/N**	√
SNG 16P	Masif sıva örneği	√	√	**N/N**	**N/N**	√
TAŞIYICI DUVAR	Masif taşiyici duvar örneği	√	√	**N/N**	**N/N**	√
√**:**yapıldı, N/N:Yapılmadı TH: Örnek toz halde						

TABLO 32: IHLARA VADİSİ DİREKLİ KİLİSE, BAHATTİN SAMANLIĞI KİLİSESİ, SAINT GEORGE KİLİSESİ SPOT TEST VERİLERİ

TABLO 32: IHLARA VADİSİ DİREKLİ KİLİSE, BAHATTİN SAMANLIĞI KİLİSESİ, SAINT GEORGE KİLİSESİ SPOT TEST VERİLERİ							
ÖRNEK NO	Cl^-	SO_4^{-2}	CO_3^{-2}	(NO_3^-)	µS	Yağ	Protein
DK 1	+ +	-	-	+	206 µS	-	+
DK 4	+	-	-	+	165µS	-	+
DK 5	+ +	-	-	+++	380 µS	-	+
DK 6	+ +	-	-	++	380 µS	-	+
BHT 1	+	-	-	++	215µS	-	+
BHT 2A	+	-	-	+++	420 µS	-	+
BHT 2B	+	-	-	+++	315µS	-	-
BHT 3	+	+	-	++	400 µS	-	+
BHT 4	+	-	-	++	335 µS	-	+
SNG 3	+	-	-	+	130 µS	-	+
SNG 4	+	-	-	+	130 µS	-	+
SNG 5	+	+	-	++	510 µS	-	+
SNG 7	+ +	+	-	++	370 µS	-	+
İst Çeşme Suyu: 280-300 µS// Saf Su: 2-5 µS Ölçüm Su Sıcaklığı:25 C◦, 29.02.2011							

TABLO 33: IHLARA VADİSİ DİREKLİ KİLİSE BAHATTİN SAMANLIGI KİLİSESİ SAİNT GEORGE KLİSESİ RELATİF NEM VE SICAKLIK ÖLÇÜM SONUÇLARI (20.10.2011)

TABLO 33: IHLARA VADİSİ DİREKLİ KİLİSE BAHATTİN SAMANLIGI KİLİSESİ SAİNT GEORGE KLİSESİ RELATİF NEM VE SICAKLIK ÖLÇÜM SONUÇLARI (20.10.2011)					
YAPI ADI	SAAT	%RH İÇ	%RH DIŞ	C° İÇ	C° DIŞ
DK	08:30	42	39	9.3	8.3
DK	11:45	41.5	26	12	13.3
DK	17:30	40	31.1	11.2	12.4
BHT	08:30	37.5	39	12.3	8.3
BHT	11:45	38.2	26	13	13.3
BHT	17:30	40	31.1	11.7	12.4
SNG	08:30	26	39	13.3	8.3
SNG	11:45	33.6	26	12.5	13.3
SNG	17:30	31.5	31.1	11	12.4
DK: Direkli Kilise BHT: Bahattin Samanlığı Kilisesi SNG: Saint George Kilisesi					

TABLO 34: IHLARA VADİSİ DİREKLİ KİLİSE, BAHATTİN SAMANLIĞI KİLİSESİ, SAINT GEORGE KİLİSESİ SIVA/DUVAR NEM /SICAKLIK ÖLÇÜMLERİ TABLOSU

TABLO 34: IHLARA VADİSİ DİREKLİ KİLİSE, BAHATTİN SAMANLIĞI KİLİSESİ, SAINT GEORGE KİLİSESİ SIVA/DUVAR NEM /SICAKLIK ÖLÇÜMLERİ TABLOSU			
Yapı Adı	**SAAT**	**NEM**	**C°**
DK	**08:30**	**29**	**11.2**
DK	**11:45**	**32**	**15**
DK	**17:30**	**35**	**14.2**
BHT	**08:30**	**2**	**11.2**
BHT	**11:45**	**8**	**8**
BHT	**17:30**	**1**	**14.06**
SNG	**08:30**	**11**	**21.8**
SNG	**11:45**	**19**	**19.8**
SNG	17:30	20	**13.6**
DK: Direkli Kilise BHT: Bahattin Samanlığı Kilisesi SNG: Saint George Kilisesi			

TABLO 35: ENJEKTE EDİLEBİLİRLİK TESTİ (BASINÇ İLE) HESAPLAMA TABLOSU

TABLO 35: ENJEKTE EDİLEBİLİRLİK TESTİ (BASINÇ İLE) HESAPLAMA
M_1(g): Boş kolon, iki tıpa, metal ve tekstil ağın toplam ağırlığı.
M_2 (g): İçi tuğla /traverten kırığı dolu kolonun, iki tıpa metal ve tekstil ağın toplam ağırlığı.
M_3(g): Kolonun enjeksiyon sonrası, iki tıpa ve metal, tekstil ağla toplam ağırlığı
M_4(g): Su absorbe edilmiş kolonun enjeksiyon öncesi iki tıpa ve metal, tekstil ağla toplam ağırlığı.
M_f(g): Kolon içerisindeki tuğla/traverten kırığı ağırlığı.
$M_f(g) = M_2 - M_1$
M_g(g): Kolondaki enjeksiyon harcının ağırlığı.
$M_g(g) = M_3 - M_2$ yada . $M_g(g) = M_3 - M_4$

TABLO 36: ISLAK AĞIRLIK TESTİ HESAPLAMA TABLOSU

TABLO 36: ISLAK AĞIRLIK TESTİ HESAPLAMA	
	FORMÜL
M_o(g): Kabın ağırlığı **M_t (g): Enjeksiyon harcı ve kabın toplam ağırlığı** **M_g (g): Enjeksiyon harcının ağırlığı** **ρ_{wet} (g.cm^{-3}): Enjeksiyon harcının sıvı halde ağırlığı**	$M_g = M_t - M_0$ $\rho_{wet} = \frac{M_g}{400}$

TABLO 37: SU TUTMA VE BIRAKMA KAPASİTESİ TESTİ HESAPLAMA TABLOSU

TABLO 37: SU TUTMA VE BIRAKMA KAPASİTESİ TESTİ HESAPLAMA	
FORMÜL	
$M_g = M_2 - M_1$	$W_1 = \omega \times M_g$
$\omega = \frac{M_w}{M_w + M_{dg}}$	$W_2 = M_3 - M_2$
$WRV = (1 - \frac{W_2}{W_1}) \times 100$	
M_1 (g): Pirinç süzekli kap ve ıslak filtre kağıdının ağırlığı.	
M_2 (g): Pirinç süzekli kap ve ıslak filtre kağıdı ve enjeksiyon harcının ağırlığı.	
M_g (g): Pirinç süzekli kap içerisindeki enjeksiyon harcının ağırlığı.	
W_1 (g): Vakum öncesi enjeksiyon harcı suyunun ağırlığı.	
ω: Suyun enjeksiyon harcına ağırlık oranı.	
M_w (g): Enjeksiyon harcında kullanılan su oranı.	
M_{dg} (g): Enjeksiyon harcında kullanılan kuru malzemelerin toplam ağırlığı.	
W_2 (g): Vakumla ekstre edilen suyun ağırlığı	
M_3 (g): Pirinç süzekli kap ve ıslak filtre kağıdı ve enjeksiyon harcının toplam ağırlığı.	
WRV (%): SU TUTMA KAPASİTESİ	

TABLO 38: GENLEŞME VE AYRIŞMA TESTİ HESAPLAMA

TABLO 38: GENLEŞME VE AYRIŞMA TESTİ HESAPLAMA

	FORMÜL	
V_0 (mL): Test başlangıcında enjeksiyon harcının hacmi. V_t (mL):Mezürde ayrışan suyun hacmi (üst seviye) V_g (mL): Mezürde enjeksiyon harcının hacmi (üst seviye) V_w (mL): Ayrışan su miktarının hacmi.	1-) Genleşme $(E,\ \%) = \frac{V_g - V_0}{V_0} x100$	2-) Ayrışma $(B,\ \%) = \frac{V_t - V_g}{V_0} x100$
	3-) Genleşme Ortalaması $(CE,\ \%) = \frac{V_t - V_0}{V_0} x100$	4-) Ayrışma Katsayısı $(FB,\ \%) = \frac{V_w}{V_0} x100$

TABLO 39: ST. ASTİER NHL DEPOZİTLERİNİN KİMYASAL VE MİNERALOJİK ANALİZ SONUÇLARI

TABLO 39: ST. ASTİER NHL DEPOZİTLERİNİN KİMYASAL VE MİNERALOJİK ANALİZ SONUÇLARI

Kimyasal Analizler	**%**	
Kızdırma Kaybı	40	Kil infilitrasyonunun olmayışı Al_2O_3,sülfat ve alkalilerin minimum miktarda olması sonucunu doğurmuştur. Hidrolik kireç neredeyse tamamen kalsiyum oksit ve reaktif silika bileşiminden oluşmaktadır.
CaO	44	
SiO_2	13	
MgO	0.6	
Al_2O_3	1.1	
Fe_2O_3	0.32	
SO_3	0	
Na_2O	0.04	
K_2O	0.1	
Diğer**	0.84	

T**ABLO 40: ST. ASTİER NHL MİNERALOJİK İÇERİK**

TABLO 40: ST. ASTİER NHL MİNERALOJİK İÇERİK

H_2O (nem içeriği)	8		*Çözünebilir silika* $CaCO_3$'ın yakılması sırasında *ortaya çıkan CaO ile bileşik oluşturabilir. Bu da ürünün hidrolik özelliğini göstermektedir.*
$CaCO_3$	75		
SiO_2 (çözünebilir)	11	reaktif/bileşik oluşturabilir	
SiO_2 (çözünemez)	2	inert/bileşik oluşturamaz	
$MgCO_3$	1		
Diğer (bknz. tablo)	3		
SiO_2 (çözünebilir):Aynı doğal kaynaktan üretilen farklı doğal hidrolik kireçler hidrolik özelliğin bileşik silika miktarına bağlı olduğunu kanıtlamaktadır. Genel teori hidrolik özelliğin hammadde ki toplam kil ya da silika miktarına bağlı olduğuydu.			

TABLO 41: ST. ASTIER NHL 5, NHL 3.5, NHL 2 HİDRATASYON (SÖNDÜRME) AŞAMASINDA ÖZELLİKLERİ

TABLO 41: ST. ASTIER NHL 5, NHL 3.5, NHL 2 HİDRATASYON (SÖNDÜRME) AŞAMASINDA ÖZELLİKLERİ							
İÇERİK	KİMYASAL (%)				MİNEROLOJİK (%)		
	NHL5	**NHL3.5**	**NHL2**		**NHL5**	**NHL3.5**	**NHL2**
Kızdırma kaybı	16	18	20				
Kalsimetri (CaO_2)	10	11	6				
Çözünmeyen	5.6	9.6	8		5.6	9.6	8
CaO	59	56	63	Serbest kireç $Ca(OH)_2$	22	25	58
				$CaCO_3$ yanmamış	23	25	13
SiO_2	15	12	6	Kalsiyum Silikat			
BİLEŞİK				C2S	43	35	17
				C3A	0.7	0.5	0.4
Al_2O_3	1.92	1.66	1.3	C2AS	1.3	1.0	0.8
Fe_2O_3	0.57	0.49	0.4	C4AF	0.7	0.5	0.4
SO_3**	0.41	0.45	0.31	CaSO4	0.7	0.8	0.5
				Diğerleri			
MgO	1.01	0.98	0.75	Bu bileşikler eser miktardadır..En kayda değer görünen miktardaki alkaliler dahi (K_2O/Na_2O) eser miktardadır. (K_2O/Na_2O) (1.5/2% çimentoda) alkali silika reaksiyonuna neden olabilir.			
MnO	0.02	0.01	>0.01				
TiO_2	0.18	0.16	0.12				
K_2O	0.21	0.16	0.12				
Na_2O	0.07	0.06	0.04				

TABLO 42: ST. ASTİER DOĞAL HİDROLİK KİREÇLERİNİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ

TABLO 42: ST. ASTİER DOĞAL HİDROLİK KİREÇLERİNİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ			
	NHL 5	NHL 3.5	NHL 2
Bileşik Silika	12-16	8-12	4-8
Serbest Kireç %	15-20 (>3)	20-25 (>6)	50-60 (>8)
Dansite lbs/cu.ft (gr/litre)	650/750 (600-1000)	600/660 (500-900)	450/520 (400-600)
Yüzey Tutulumu (sq.ft/oz)	244	274	362
Tane Boyut Dağılımı: Kalıntılar@ 0.09mm	7%	6.5%	5%
Beyazlık İndeksi (Y)	67	72	76
Basınç Dayanımı (CS)* (PSI) **28 günlük. (EN 459, EU standart harç karışımı 1:1.3 oranlarında) Değerler kullanılan kum oranına göre değişmektedir.**	725-2175	507-1450	322-1015
Eğilme Dayanımı (FS) N/mm^2	333	290	145
Genleşme (max. 2mm) (EN459-2/5.3.2.2 ve NFP15-311)	<1/32"	<1/32"	<1/32"
Prizlenme Süresi (1-15 h) (Harç Karışımı Kullanılmıştır)	3-4	5-6	8-10

TABLO 43: ST. ASTIER / ÜRETİCİ FİRMA NHL BAĞLAYICI KULLANILARAK HAZIRLANAN HARÇ KARIŞIMLARI TEST SONUÇLARI

TABLO 43: ST. ASTIER / NHL BAĞLAYICI KULLANILARAK HAZIRLANAN HARÇ KARIŞIMLARI TEST SONUÇLARI									
Bağlayıcı/Kireç oranı		1 : 2			1 : 2.5			1 : 3	
	NHL5	**NHL3.5**	**NHL2**	**NHL 5**	**NHL3.5**	**NHL2**	**NHL5**	**NHL3.5**	**NHL2**
Prizlenme Süresi (Başlangıç)	3.4	5.3	8.45	3.3	6	9	3.3	6	9.3
Elastikiyet Modülü 28 Günlük (N/mm^2)	10800	9010	9025	11000	9000	9800	10000	8970	9000
6 Aylık	18000	16250	12600	17050	13505	12030	16900	12450	11800
12 Aylık	18510	15280	12515	17280	13620	12030	16150	13150	11900
24 Aylık	21500	17480	13375	18020	13785	12000	17430	13670	11750
Basınç Dayanımı (PSI)									
7 Günlük	284	109	90	145	83	77	128	77	68
28 Günlük	319	273	215	290	213	197	217	194	181
6 Aylık	101	1029	557	857	774	435	770	571	418
12 Aylık	134	1087	580	1224	855	420	942	565	420
24 Aylık	1567	1251	616	1277	870	435	1131	576	399
SU BUHARI GEÇİRGENLİĞİ									
Gr. of air x m^2 x hour x mm HG	0.55	0.62	0.68	0.6	0.64	0.7	0.69	0.70	0.71
RÖTRE mm.m	0.13	0.44	0.60	0.25	0.60	0.84	0.35	0.67	0.89

TABLO 44:1/2.5 ST. ASTIER NHL HARÇLARI PERFORMANS TEST SONUÇLARI

TABLO 44:1/2.5 ST. ASTIER NHL HARÇLARI PERFORMANS TEST SONUÇLARI						
Bu testte NHL 3.5 Doyeaux kumu, diğerlerinde ise (ISO) 679 Standart kum agrega olarak kullanılmıştır		NHL 5	NHL 3.5	NHL 3.5	NHL 2	STANDART
Su Miktarı	**oz**	7.58	7.76	8.82	214	
Su/Bağlayıcı Oranı		0.79	1.07	1.21	1.27	
Penetrasyon	**INCH**	19/64	23/64	25/64	21/64	EN459-2P.5.5.3
Prizlenme (Başlangıç)	**h**	3.3	6	6.15	9	EN 196.2 P. 6.2
Birim Hacim Ağırlığı (Islak Halde)	**lbs/cu.ft.**	132	134	123	130	EN 459.2.P.5.6
Hava Miktarı	**%**	0	0	0	1	EN 459.2 P. 5.7
Elastikiyet Modülü	**Mpa**					
28 Günlük		11000	9000	8600	9800	Fransız Standartları (Tek kat sıva ile)
6 Aylık		17050	13505	12050	12030	
12 Aylık		17280	13620		12030	
24 Aylık		**18020**	**13785**		**12000**	
Eğilme Mukavemeti (FS)	**PSI**					
7 Günlük		145	83	72	77	
28 Günlük		116	69.6	65.25	105.85	
6 Aylık		253.75	246.5	188.5	174	
12 Aylık		319	297.25		181.25	
24 Aylık		**333.5**	**290**		**166.75**	
Basınç Dayanımı (CS)	**PSI**					
7 Günlük		145	83	72	77	EN459-2P.5.1
28 Günlük		290	213	188	197	
6 Aylık		857	774	583	435	
12 Aylık		1224	855		420	
24 Aylık		**1277**	**870**		**435**	
Su Buharı Geçirgenliği (gr of air x m2 x hour x mmHg)		0.5	0.65		0.71	Fransız Standartları (Tek kat sıva ile)
Rötre (28 Günlük)	mm.m	0.13	0.44		0.6	
Su Emme Kapasitesi	$L.h.m^2$	3.2	7.3		12.1	
Kapilerite	g.min	2.54	4.7		7.84	

TABLO 45: 1/2 NHL HARCI PERFORMANS TEST SONUÇLARI

TABLO 45: 1/2 NHL HARCI PERFORMANS TEST SONUÇLARI					
Not: Performans test sonuçları kullanılan agreganın niteliğine göre farklılık göstermektedir. Bu testte NHL 3.5 Doyeaux kumu, diğerlerinde ise (ISO) 679 Standart kum agrega olarak kullanılmıştır.					
		NHL 5	**NHL 3.5**	**NHL 2**	**STANDART**
Su Miktarı	**oz**	7.93	7.97	8.04	
Su/Bağlayıcı Oranı		0.67	0.88	1.07	
Penetrasyon	**INCH**	5/16	3/8	7/16	EN459-2P.5.5.3
Prizlenme (başlangıç)	**h**	4.3	5.3	8 3/4	EN 196.2 P. 6.2
Birim Hacim Ağırlığı (ıslak halde)	**lbs/cu.ft.**	132	132	131	EN 459.2.P.5.6
Hava Miktarı	**%**	0	1.6	2	EN 459.2 P. 5.7
Elastikiyet Modülü	**Mpa**				
28 Günlük		10800	9010	9025	Fransız Standartları (Tek kat sıva ile)
6 Aylık		18000	16250	12600	
12 Aylık		18510	15280	12515	
24 Aylık		**21500**	**17480**	**13375**	
Eğilme Mukavemeti (FS)	**PSI**				
7 Günlük		76.85	62.35	40.6	
28 Günlük		130.5	105.85	107.3	
6 Aylık		319	316.1	185.6	
12 Aylık		348	326.25	188.5	
24 Aylık		**363.95**	**377**	**204.85**	
Basınç Dayanımı (CS)	**PSI**				
7 Günlük		284	109	90	EN459-2P.5.1
28 Günlük		319	273	215	
6 Aylık		1060	1029	557	
12 Aylık		1346	1087	580	
24 Aylık		**1567**	**1251**	**616**	
Su Buharı Geçirgenliği (gr of air x m2 x hour x mmHg)		0.55	0.64	0.68	Fransız Standartları (Tek kat sıva ile)
Rötre (28 günlük)	mm.m	0.75	0.59	0.75	
Su Emme Kapasitesi	$L.h.m^2$	3	4.5	10.5	
Kapilerite	g.min	0.88	1.18	3.05	

TABLO 46: EN LİMİTLERİ İLE ST. ASTİER ENFORMASYONU KARŞILAŞTIRMA TABLOSU

	TABLO 46: EN LİMİTLERİ İLE ST. ASTİER ENFORMASYONU KARŞILAŞTIRMA TABLOSU					
	TEST	**NORM**	**EN 459 Normları**	**St ASTIER Değerleri**	**EN 459 Test Düzeni**	**St. ASTIER Test Düzeni**
TOZ HALDE	**Tane Boyutu**	**EN196-6**	residue by mass 0.09mm/0.2mm ≤15%/≤5%	5-7%	Günlük	Günlük
	Serbest Su	**EN459-2**	NHL2/3.5 ≤2 NHL5 ≤1	<2 <1	Aylık	Aylık
	Genleşme	**EN459-2**	≤2	<1	Günde bir kez	Günde birkaç kez
	Birim Hacim Ağırlığı Kg/dm^3	**EN459-2**	NHL2 0.4-0.8 NHL3.5 0.5-0.9 NHL5 0.6-1.0	0.56 0.61/0.65 0.66/0.75	Aylık	Her üretimde
HARÇ (EU KUM/ISO 679 1:1 v/v)	**Penetrasyon**	**EN459-2**	>20mm <50mm	>20mm <50mm	Aylık	Haftalık
	Prizlenme Zamanı	**EN459-2**	≥1h/<15 saat	>3h/<10 saat	Haftada iki kez	Haftada iki kez
	Hava Muhtevası	**EN459-2**	≤20	≤20	Aylık	Aylık
	Basınç Dayanımı NHL2 NHL3.5 NHL5	**EN459-2**	28 günlük N/mm^2 2 - 7 3.5 - 10 5 - 15	2 -3 3.5 - 6 5 - 9	Haftalık	Aralıksız
	SO_3 içeriği %	**EN196-2**	3*	0.45/0.65	Aylık	Aralıksız
	*7%'ye kadar geçerli; eğer genleşme 28 günlük su kürlemesinde ispatlandıysa					
	Serbest Kireç	**EN459-2 minimum değer**	NHL5 3% NHL3.5 9% NHL2 15%	15-20% 22-26% 50-55%	Haftalık	Her üretimde
	St. Astier Araştırma ve Geliştirme Departmanı tarafından CO_2 içeriği her yakma ve söndürme işlemi sırasında ayrıca Çekme Dayanımı, Elastikiyet Modülü, Adezyon, Akışkanlık ve Beyazlık İndeksi düzenli olarak ölçülmektedir.					

TABLO 47: ST. ASTİER NHL POTANSİYEL BOZUCU BİLEŞEN MİKTARI

TABLO 47: ST. ASTİER NHL POTANSİYEL BOZUCU BİLEŞEN MİKTARI		
BİLEŞEN	**EU NORMLARI (EN 459.1)**	**ST. ASTİER NHL 5/3.5/2**
SO_3	Max. SO_3 limiti % **3-**7'dir.	SO_3 içeriği: Ortalama % 0.31 - 0.45
C_3A		% 0.40 - 0.70
K_2O		% 0.12 - 0.21
Na_2O		% 0.04 - 0.07
$CaSO_4$		% 0.50 - 0.70

TABLO 48: ST. ASTİER SERBEST KİREÇ MİKTARI(SÖNDÜRME İŞLEMİ SONRASINDA)

TABLO 48: ST. ASTİER SERBEST KİREÇ MİKTARI (Söndürme İşlemi Sonrasında)			
NHL	**EU 459.1 Normu %**	**Fransız NFP 15.311 Normu %**	**St. Astier NHL %(+5%)**
5	>3	>15	15-20
3.5	>9	>15	20-25
2	>15	>15	50-60

TABLO 49: ST. ASTIER NHL SU BUHARI GEÇİRGENLİĞİ TABLOSU

TABLO 49: ST. ASTIER NHL SU BUHARI GEÇİRGENLİĞİ TABLOSU	
MATERYAL	SU BUHARI GEÇİRGENLİĞİ *in grams of air x m^2 x hour x mmHg.*
Beton	0.15
Çimento Bağlayıcılı Karışımlar	(1:1:6) 0.23 - (1:2:9) 0.25
Kaymak Kireç Bağlayıcılı Harç	0.46-0.51
Hidrolik Kireç Bağlayıcılı Harç	(22%) 0.57
St. Astier Natürel Hidrolik Kireçli Harç (#6 ile #200 kum ince grenli kum ile)	0.55-0.57

TABLO 50: ST. ASTIER GENLEŞME KATSAYISI

TABLO 50: ST. ASTIER GENLEŞME KATSAYISI		
MATERYAL	Genleşme Katsayısı	Sönmemiş Kireç Oranı
St. Astier Serisi Natürel Hidrolik Kireçli Harçlar	< 1mm	< 1%

TABLO 51: SN. ASTIER NATÜREL HİDROLİK KİREÇLERİ PRİZLENME SÜRESİ

TABLO 51: SN. ASTIER NATÜREL HİDROLİK KİREÇLERİ PRİZLENME SÜRESİ		
NHL 2	**NHL 3.5**	**NHL 5**
96 saat	72 saat	48 saat

TABLO 52: ST. ASTİER DOĞAL HİDROLİK KİREÇLERİ DANSİTE (BİRİM HACİM AĞIRLIĞI)

TABLO 52: ST. ASTİER DOĞAL HİDROLİK KİREÇLERİ DANSİTE (BİRİM HACİM AĞIRLIĞI)			
		Karışım Oranları v/v/ lbs/cu.ft (+/-10%)	
Bağlayıcı	**Ortalama Dansite (+/-10%) lbs/cu.ft.**	**1:2**	**1:2.5**
NHL 5	41.2	20.8	16.6
NHL 3.5	38.1	19	15.2
NHL 2	34.3	17.5	14
Kaymak. Kireç	84.3	42.1	33.7

TABLO 53:SN. ASTİER NATÜREL HİDROLİK KİREÇLERİ BEYAZLIK ENDEKSİ *"Y"*
Baryum Sülfat "Y"=100

TABLO 53:SN. ASTİER NATÜREL HİDROLİK KİREÇLERİ BEYAZLIK ENDEKSİ *"Y"* *Baryum Sülfat "Y"=100*		
NHL 2 "Y"	**NHL 3.5 "Y"**	**NHL 5 "Y"**
76	72	67

TABLO 54: ST. ASTIER/ NHL 5.0 ÜRÜN ENFORMASYONU

ST. ASTIER NHL 5.0			
*Ürün Tanımı: Saf, natürel (doğal) hidrolik kireç. **EN 459** ve **BS 459** normlarına uygundur.*			
Dayanım Faktörü	5 (Yüksek Hidrolik)	**Beyazlık Endeksi**	67
Kalıntı	0.09mm:%7	**Yüzey Dağılımı**	244 sq.ft/oz
Dansite (vw))	*43.7 lbs/cu.ft.*	**Genleşme**	< 3/64"
$Ca(OH)_2$ Serbest Kireç	*15-20% (Söndürmeden sonra)*	**Kalıntı (Söndürül-dükten sonra)**	1%
Raf Ömrü	*8-12 ay (Kuru ve açılmadan)*	**Paketleme**	*66lb*

BASINÇ DAYANIMI VE ELESTİKİYET MÖDÜLÜ							
HARÇLAR	**Basınç Dayanımı (Psı)**				**Elastikiyet Modülü (Mpa)**		
Karışım Oranı	**EN459***	**1 : 2**	**1 : 2.5**	**1 : 3**	**1 : 2**	**1 : 2.5**	**1 : 3**
7 Günlük		284	245	128	n/a	n/a	n/a
28 Günlük	5*	319	290	217	10800	11000	10000
6 Aylık		1060	857	770	18000	17050	16900
12 Aylık		1346	1282	942	18510	17280	16150
24 Aylık		1567	1277	1131	21500	18020	17430
Sarfiyat (1cu. yd)		590	472	393	-	-	-
*Yeni EN 459 normlarında harç karışım oranı: (1:1.3, ISO 679 kum ile)							

KARIŞTIRMA VE UYGULAMA ÖZELLİKLERİ	
KARIŞTIRMA	Harç mikserlerinin kullanımına uygundur.
PÜLVERİZATÖR TABANCASI İLE UYGULAMA	Pülverizatör tabancası ile uygulanabilir.
ÇALIŞMA SICAKLIĞI	
40^oF'tan düşük, 85^oF'tan yüksek olmamalıdır. Yüksek emiş gücüne sahip materyallerde kullanılırken materyalin nemlendirilmesi gereklidir. Yüksek sıcaklıklarda çalışırken hızlı kurumaya ya da sert rüzgar akınlarına karşı dikkatli olunmalıdır. Gerekli görüldüğü takdirde pülverize su ile nemlendirilebilir. Donma, yağmur direkt güneş ışığı ve güçlü rüzgâr akımına karşı en az **48** saat süreyle korunmalı ve maruz bırakılmamalıdır.	
YENİDEN İŞLEME	**8** saate kadar uygundur
DİĞER ÖZELLİKLER	Lata işleri, kireç beton ve enjeksiyona uygundur.

TABLO 55: ST. ASTIER/ NHL 3.5 ÜRÜN ENFORMASYONU

ST. ASTIER NHL3.5			
*Ürün Tanımı: Saf, natürel (doğal) hidrolik kireç. Katkı maddesi içermemektedir. Avrupa **EN 459** ve Fransız **NFP 15.311** normlarına uygundur.*			
Dayanım Faktörü	3.5 (Orta Hidrolik)	**Beyazlık Endeksi**	72
Kalıntı	0.09mm:%6.5	**Yüzey Dağılımı**	274 sq.ft./oz
Dansite (vw)	40.6lbs/ft^3.	**Genleşme**	< 3/64"
$Ca(OH)_2$ Serbest Kireç (Söndürmeden sonra)	$Ca(OH)_2$: 25% +	**Kalıntı (Söndürül-dükten sonra)**	< 1%
Raf Ömrü	8-12 ay *(Kuru ve açılmadan)*	**Paketleme**	55lb

BASINÇ DAYANIMI VE ELESTİKİYET MÖDÜLÜ							
HARÇLAR	**Basınç Dayanımı (PSI)**				**Elastikiyet Modülü (Mpa)**		
Karışım Oranı	**EN459***	**1 : 2**	**1 : 2.5**	**1 : 3**	**1 : 2**	**1 : 2.5**	**1 : 3**
7 Günlük		109	83	77			
28 Günlük	3.5*	273	213	194	9010	9000	8070
6 Aylık		1029	774	571	15260	13501	12450
12 Aylık		1087	855	565	15280	13620	13150
24 Aylık		1251	870	576	17480	13785	13670
1cu. yd için harç sarfiyatı lbs. +/- 10%		514	411	364			
*Yeni EN 459 normlarında harç karışım oranı: (1:1.3, ISO 679 kum ile)							

KARIŞTIRMA VE UYGULAMA ÖZELLİKLERİ	
KARIŞTIRMA	Harç mikserlerinin kullanımına uygundur.
PÜLVERİZATÖR TABANCASI İLE UYGULAMA	Pülverizatör tabancası ile uygulanabilir.
ÇALIŞMA SICAKLIĞI	
40^{o}F'tan düşük, 85^{o}F'tan yüksek olmamalıdır. Yüksek emiş gücüne sahip materyallerde kullanılırken materyalin nemlendirilmesi gereklidir. Yüksek sıcaklıklarda çalışırken hızlı kurumaya ya da sert rüzgâr akınlarına karşı dikkatli olunmalıdır. Gerekli görüldüğü takdirde pülverize su ile nemlendirilebilir. Donma, yağmur direkt güneş ışığı ve güçlü rüzgar akımına karşı en az **72** saat süreyle korunmalı ve maruz bırakılmamalıdır.	
YENİDEN İŞLEME	**12** saate kadar uygundur
DİĞER ÖZELLİKLER	Lata , kireç beton ve enjeksiyona uygundur.

TABLO 56: ST. ASTIER/ NHL 2.0 ÜRÜN ENFORMASYONU

ST. ASTIER NHL 2.0			
*Ürün Tanımı: Saf, natürel (doğal) hidrolik kireç. Katkı maddesi içermemektedir. Avrupa **EN 459** ve Fransız **NFP 15.311** normlarına uygundur.*			
Dayanım Faktörü	2 (Alçak Hidrolik)	**Beyazlık Endeksi**	76
Kalıntı	0.09 mm: 5%	**Yüzey Dağılımı**	362 sq.ft./oz
Dansite (vw))	31.2 lbs/cu.ft	**Genleşme**	< 3/64"
$Ca(OH)_2$ Serbest Kireç (Söndürmeden sonra)	$Ca(OH)_2$: 50-55%	**Kalıntı (Söndürüldükten sonra)**	< 1%
Raf Ömrü	8-12 ay (Kuru ve açılmadan)	**Paketleme**	55lb

BASINÇ DAYANIMI VE ELESTİKİYET MÖDÜLÜ

HARÇLAR	Basınç Dayanımı (PSI)				Elastikiyet Modülü (Mpa)		
Karışım Oranı	**EN459***	**1 : 2**	**1 : 2.5**	**1 : 3**	**1 : 2**	**1 : 2.5**	**1 : 3**
7 Günlük		90	77	68			
28 Günlük	2.00*	215	198	197	9025	9800	9000
6 Aylık		557	435	418	12600	12030	11800
12 Aylık		580	420	420	12515	12030	11900
24 Aylık		616	435	399	13375	12000	11750
1cu. yd için harç sarfiyatı (lbs. +/- 10%)		472	378	283			

*Yeni EN 459 normlarında harç karışım oranı: (1:1.3, ISO 679 kum ile)

KARIŞTIRMA VE UYGULAMA ÖZELLİKLERİ	
KARIŞTIRMA	Harç mikserlerinin kullanımına uygundur.
PÜLVERİZATÖR TABANCASI İLE UYGULAMA	Pülverizatör tabancası ile uygulanabilir.

ÇALIŞMA SICAKLIĞI

40^{o}F'tan düşük, 85^{o}F'tan yüksek olmamalıdır.
Yüksek emiş gücüne sahip materyallerde kullanılırken materyalin nemlendirilmesi gereklidir.
Yüksek sıcaklıklarda çalışırken hızlı kurumaya ya da sert rüzgar akınlarına karşı dikkatli olunmalıdır.
Gerekli görüldüğü takdirde pülverize su ile nemlendirilebilir.
Donma, yağmur direkt güneş ışığı ve güçlü rüzgar akımına karşı en az 96 saat süreyle korunmalı ve maruz bırakılmamalıdır.

YENİDEN İŞLEME	24 saate kadar uygundur

TABLO 57: CESA ST. ASTIER NHL ENJEKSİYON HARCI ÖNERİLERİ

Tablo 57: CESA ST. ASTIER NHL ENJEKSİYON HARCI ÖNERİLERİ		
KATKISIZ KİREÇ ENJEKSİYONU		**BASINÇ**
NHL5	1paket + 10.5galon su	45 PSI
NHL 3.5	1paket+ 10.galon su	**KAPASİTE**
NHL 2	1paket + 14 galon su	35 cu. ft./hr
Ek Madde	Kirecin1% ağırlığında viskoziteyi düşürmek için kazein kullanılabilir. Kazein eklendiğinde su ağırlığı %25 ile %50 arasında düşürülmelidir. NHL 2'nin 3.5 ve 5'e göre viskozitesinin düşük olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.	
AGREGA KATKILI KİREÇ ENJEKSİYONU		**SU MİKTARI/EK MADDE**
NHL5	1paket + 10.5galon kum (ort. 55kg)	İhtiyaç olan akışkanlığa gelene dek su eklenebilir. Kazein eklenebilir. Kazein eklenmesi gereken durumlarda su miktarı düşürülmelidir..
NHL 3.5	1paket+ 10.5 galon kum (55kg)	
NHL 2	1paket + 14 galon kum (70kg)	

TABLO 58: NHL 2, 3.5,5 İÇERİĞİNDE BULUNAN ZARARLI MALZEMELER

Tablo 58: NHL 2, 3.5,5 İÇERİĞİNDE BULUNAN ZARARLI MALZEMELER				
BİLEŞİK	**MİKTAR**	**CAS#**	**OSHA PEL**	**ACGIH TLV**
Kalsiyum Hidroksit (Sönmüş Kireç)		1305-620	15mg/m^3	10mg/m^3
Kalsiyum Karbonat (Kalsit)		1317-65-3	15mg/m^3 5mg/m^3 **Z**	10mg/m^3 5mg/m^3 **Z**
Kalsiyum Oksit		10034-77-2	5mg/m^3	2mg/m^3
Silika (Kristal formda) Kuvartz	<1*	14808-60-7	$\frac{10\text{mg/m}^3}{\%SiO_2 + 2}$ **Z**	01 mg/m^3 **Z**

Z = Solunabilir fraksiyon.

***Kristal halde silikanın %1'in altında olmalıdır ama alınan kaynağa göre konsantrasyonu değişebilir ,silikon dioksit (SiO_2) için OSHA (PEL) limiti toz haldeki madde içerisinde serbest silikon miktarına bağlıdır ve yukarıdaki formül ile hesaplanır.

TABLO 59: PERISTREMA ENJEKSİYON HARÇLARINDA KULLANILAN AGREGALAR

TABLO 59: PERISTREMA ENJEKSİYON HARÇLARINDA KULLANILAN AGREGALAR			
Agrega	**Temin Edilen Firma**	**Kimyasal İçerik**	**Temin Edilen Firma Link**
FILLITE 106	HM ROYAL INC	İçi Boş Seramik Mikrosferler **Dış Çeper (Kabuk)** **Al_2O_3** 27%-33% **SiO_2** 55%-65% **Fe_2O_3** 6% max. **GAZ** Karbon Dioksit 70% Nitrojen 30%	http://www.hmroyal.com/index.htm
ROY-CAL-H	HM ROYAL INC	Kalsiyum Karbonat (İstiridye Kabuğu) **$CaCO_3$**	http://www.hmroyal.com/index.htm
SILKOSIL 52	US SLICA	Öğütülmüş Silika Silikon dioksit %95 **SiO_2**	http://www.ussilica.com/
MINUSIL 15	US SILICA	İnce Öğütülmüş Silika Silikon dioksit %99.4 **SiO_2**	http://www.ussilica.com/

TABLO 60: TABLO 60: FILLITE KİMYASAL VE FİZİKSELÖZELLİKLERİ

TABLO 60: FILLITE KİMYASAL VE FİZİKSELÖZELLİKLERİ	
Kimyasal Özellikler	
Dış Çeper (Kabuk) Al_2O_3 27%-33% SiO_2 55%-65% Fe_2O_3 6% max.	**Gaz** Karbon Dioksit 70% Nitrojen 30%
Fiziksel Özellikler	
Ortalama Partikül Dansitesi	0.6-0.85 g/cc (44lbs/ft^3)
Ortalama Birim Hacim Ağırlığı	0.35-0.45 g/cc (25lbs/ft^3)
Paketleme Faktörü	60%-65%
Sertlik	Mohs Skalası 5
Ortalama Duvar Kalınlığı	5%-10% (Küre Çapı)
Erime Sıcaklığı	1200°-1350°C (2190°-2460°F)
Isı İletkenliği	0.11 $Wm^{-1}K^{-1}$
Kızdırma Kaybı	2% max
Yüzey Nemi	0.3% max
Kırılma Dayanımı	105-210 kg/cm2 (1500 - 3000 psi)
Yağ Absorblama Değeri	16-18g yağ/100g

TABLO 61: TABLO 61: FILLITE DERECELENDİRME (TANE BOYUT ARALIĞI VE DAĞILIMI)

TABLO 61: FILLITE DERECELENDİRME (TANE BOYUT ARALIĞI VE DAĞILIMI)						
FILLITE	**SG (500)**	**52/7S (355)**	**FG (300)**	**PG (300LF)**	**160**	**106**
Tane Boyut Aralığı (Mikron=µ)	5-500µ	5-355µ	5-300µ	5-500µ	5-160µ	5-106µ
Tane Boyut Dağılımı						
% Geçen 500µ	100	100	100	100	100	100
% Geçen 300µ	85-100	95-100	99.5-100	97-100	100	100
% Geçen 180µ	-	-	-	-	99.5-100	-
% Geçen 150µ	40-80	40-80	40-80	40-60	-	100
% Geçen 106µ	25-55	25-55	25-55	15-30	40-80	99.7-100
% Geçen 50µ	2-10	5-10	5-10	2-10	10-20	15-30

TABLO 62: U.S SILICA Inc./ SIL-KO-SIL 52 TANE BOYUT DAĞILIMI

TABLO 62: U.S SILICA Inc./ SIL-KO-SIL 52 TANE BOYUT DAĞILIMI				
USA STANDART ELEK BOYUTU		**ELEKTE KALAN (%)**		**ELEKTEN GEÇEN (%)**
ELEK	**MİKRON**	**TEKİL**	**KÜMÜLATİF**	**KÜMÜLATİF**
100	150	0.0	0.0	100.0
140	106	0.0	0.0	100.0
200	75	0.3	0.3	99.7
270	53	1.7	2.0	98.0
325	45	2.5	4.5	95.5

TABLO 63 : U.S SILICA Inc./ SIL-KO-SIL 52 KİMYASAL ANALİZ SONUÇLARI

TABLO 63: U.S SILICA Inc./ SIL-KO-SIL 52 KİMYASAL ANALİZ SONUÇLARI	
SiO_2 (Silikon Dioksit)	99.5
Fe_2O_3 (Demir Oksit)	0.022
Al_2O_3 (Alüminyum Oksit)	0.3
TiO_2 (Titanyum Dioksit)	0.01
CaO (Kalsiyum Oksit)	0.02
MgO (Magnezyum Oksit)	0.01
Na_2O (Sodyum Oksit)	0.01
K_2O (Potasyum Oksit)	0.01
Kızdırma Kaybı	0.2

TABLO 64 : U.S SILICA Inc./ SIL-KO-SIL 52 FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

TABLO 64 : U.S SILICA Inc./ SIL-KO-SIL 52 FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ	
Sertlik (Mohs)	7
Mineral	Quartz
pH	7
Reflektans (%)	89
Sarılık İndeksi	3.8
Özgül Ağırlık	2.65

TABLO 65: U.S SILICA Inc./ MIN-USIL KİMYASAL ANALİZ SONUÇLARI

TABLO 65: U.S SILICA Inc./ MIN-USIL KİMYASAL ANALİZ SONUÇLARI	
SiO_2 (Silikon Dioksit)	**99.4**
Fe_2O_3 (Demir Oksit)	**0.017**
Al_2O_3 (Alüminyum Oksit)	**0.35**
TiO_2 (Titanyum Dioksit)	**0.01**
CaO (Kalsiyum Oksit)	**0.03**
MgO (Magnezyum Oksit)	**0.01**
Na_2O (Sodyum Oksit)	**0.01**
K_2O (Potasyum Oksit)	**0.01**
Kızdırma Kaybı	**0.2**

TABLO 66: U.S SILICA Inc./ MIN-USIL KİMYASAL ANALİZ SONUÇLARI

TABLO 66: U.S SILICA Inc./ MIN-USIL KİMYASAL ANALİZ SONUÇLARI	
Biri Hacim Ağırlığı-Sıkıştırılmış (lbs/ft^3)	54
Biri Hacim Ağırlığı -Sıkıştırılmamış (lbs/ft^3)	41
Sertlik (Mohs)	7
Hegman (Grindometre)	6.5
Median Diametresi (Mikron)	4.12
Petrol Absorbasyonu (D-1483)	33
pH	7.5
-15 Micron (%)	98
+325 Elek (%)	0.003
Reflektans (%)	94.5
Sarılık Endeksi	2.5
Özgül Ağırlık	2.65

TABLO 67: ROY-CAL-H HM ROYAL INC. ÜRÜN ENFORMASYONU

TABLO 67: ROY-CAL-H HM ROYAL INC. ÜRÜN ENFORMASYONU			
Kimyasal Analiz		Kalsiyum Karbonat	
CAS No		01317-65-3	
Kimyasal ve Fiziksel Özellikler			
Kaynama Derecesi	1800F° (Ayrışır)	**Özgül Ağrılık (H_2O-1)**	2.71
Buhar Basıncı	Yok	**Suda Çözünebilirlik**	0.04 Pts/100 pts H_2O
Buhar Yoğunluğu	Yok	**Görünüm ve Koku**	Kirli-beyaz renkte/kokusuz
Stabilite		Seyreltik Asitlere maruz bırakılmamalıdır., 1800F derece üzeri.	

TABLO 68: İSTİRİDYE KABUĞUNUN KİMYASAL KOMPOZİSYONU

TABLO 68: İSTİRİDYE KABUĞUNUN KİMYASAL KOMPOZİSYONU	
$CaCO_3$ (%)	95.994
SiO_2 (%)	0.696
MgO (%)	0.649
Al_2O_3 (%)	0.419
SrO (%)	0.33
P_2O_5 (%)	0.204
Na_2O (%)	0.984
SO_3 (%)	0.724
Total (%)	100.0

Tablo 69: İSTİRİDYE KABUĞUNUN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

Tablo 69: İSTİRİDYE KABUĞUNUN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ	
Ortalama Partikül Boyutu (mm)	1.65
Birim Hacim Ağırlığı (g/cm^3)	1.152
Görünür Dansite (g/cm^3)	2.56
Porozite (%)	54.99
BET Yüzey Alanı (m^2/g)	1.75

TABLO 70: FARKLI TANE BOYUTLARINDA ÖĞÜTÜLMÜŞ İSTİRİDYE KABUĞU TEKNİK ÖZELLİKLERİ

TABLO 70: FARKLI TANE BOYUTLARINDA ÖĞÜTÜLMÜŞ İSTİRİDYE KABUĞU TEKNİK ÖZELLİKLERİ							
Örnek	Özgül Ağırlık Gs	Su Muhtevası (%)	D_{30} (mm)	D_{60} (mm)	No. 200 Geçme Yüzdesi (%)	ϒd(max) (t/m^3)	ϒd (min) (t/m^3)
1	2.35	6.5	3.7	6.1	3.19	0.95	0.71
2	2.37	7.6	2.8	4.1	5.08	0.96	0.71
3	2.45	7.7	0.95	1.4	15.36	0.96	0.71
4	2.47	11.1	0.12	0.44	25.88	1.08	0.81

TABLO 71: THE DOW COMPANY CELLOSIZE™ ER 15M HEC (HİDROKSİ ETİL SELÜLOZ) ANALİZ VERİLERİ

TABLO 71: THE DOW COMPANY CELLOSIZE™ ER 15M HEC (HİDROKSİ ETİL SELÜLOZ) ANALİZ VERİLERİ		
ÖZELLİKLER	DEĞER	STANDART
%1 Brookfield Viskozitesi	1100-1500cp	1B-44C-0.1 (ASTM D-2364)
Suda Çözünmeyen Maddeler	1.00% (max)	1B-44C-0.2
Uçucu Maddeler	5.0% (max)	1B-44C-0.3
Solüsyon pH (2%)	6.0-8.5	1B-44C-0.4
Hidratlaşma Zamanı (pH 7.2 diretken)	5-20 dk	1B-44C-0.55
Tane Boyutu (#20 elek)	98% (min)	1B-44C-0.6

TABLO 72: : KREMER PİGMENT Inc. 63200 KAZEİN ÜRÜN ENFORMASYONU

TABLO 72: KREMER PİGMENT Inc. 63200 KAZEİN ÜRÜN ENFORMASYONU	
CAS No	9000-71-9
CAS Tanımı	Caseine
EINECS: 232-555-1	232-555-1
RTECS-Nr.: FI3519500	FI3519500
Form	Pudra Halinde
Renk	Sarımtırak-Beyaz
Koku	Yok
Dansite (Birim Hacim Ağırlığı)	0–700 g/l
Stabilite	Normal depolama ve kullanım koşullarında stabildir.
Suda Çözünebilirlik	Suda çözünmez
KAZEİN 63200 ÖZELLİKLERİ	
Protein	82–84 % (Ortalama Değer))
Protein (Kuru Kütle)	92–94 % (Ortalama Değer)
Laktoz	0.5–0.85 % (max.)
Kül Miktarı	2.3–2.8 % (max.)
Yağ (Method SBR):	1.6–2.2 % (max.)
Nem:	11–12 % (max.)
pH:	4.1–5.1
Serbest Asit n/10 NaOH	8.8–9.6 ccm

TABLO 73 : ISLAK AĞIRLIK TESTİ SONUÇLARI ISLAK AĞIRLIK TESTİ

	TABL0 73: PERİSTREMA ENKJEKSİYON HARÇLARI ISLAK AĞIRLIK TESTİ SONUÇLARI	
	ENJEKSİYON HARCI	**ρ_{wet} (g.cm^{-3})**
SIVI HALDE	**Peristrema 1**	1,21
	Peristrema3C	1,14
	Peristrema 5A	1,30
	Peristrema 6	1,28
	Peristrema 7	1,42
	Peristrema 8	1,34
	Peristrema 2	1,22
	Peristrema 1H	1,22
	Kazein Harcı C1	1,18

TABLO 74: ANTİ-SEDİMENTASYON / GENLEŞME VE AYRIŞMA TESTİ SONUÇLARI

	TABLO 74 : ANTİ-SEDİMENTASYON/GENLEŞME VE AYRIŞMA TESTİ SONUÇLARI				
	ENJEKSİYON HARCI	**E (%)**	**B(%)**	**CB (%)**	**FB(%)**
SIVI HALDE	**Peristrema 1**	0,0	0,0	0,0	0,0
	Peristrema 3C	0,0	0,0	0,0	0,0
	Peristrema 5A	0,0	0,0	0,0	0,0
	Peristrema 6	0,0	0,0	0,0	0,0
	Peristrema 7	0,0	0,0	0,0	0,0
	Peristrema 8	0,0	0,0	0,0	0,0
	Peristrema 2	0,0	0,0	0,0	0,0
	Peristrema 1H	0,0	0,0	0,0	0,0
	Kazein Harcı (C1)	0,0	0,0	0,0	0,0

TABLO 75: SU TUTMA VE BIRAKMA KAPASİTESİ TESTİ SONUÇLARI

TABLO 75: SU TUTMA VE BIRAKMA KAPASİTESİ TESTİ SONUÇLARI		
	ENJEKSİYON HARCI	SU TUTMA KAPASİTESİ %
SIVI HALDE	Peristrema 1	92.80%
	Peristrema 3C	95.60%
	Peristrema 5A	96.80%
	Peristrema 6	97.50%
	Peristrema 7	96.70%
	Peristrema 8	94.70%
	Peristrema 2	95.90%
	Peristrema 1H	94.80%
	Kazain Harcı C1	97.30%

TABLO 76: ENJEKTE EDİLEBİLİRLİK (BASINÇ ALTINDA) PERFORMANS TESTİ SONUÇLARI

TABLO 76: ENJEKTE EDİLEBİLİRLİK (BASINÇ ALTINDA) PERFORMANS TESTİ SONUÇLARI					
	ENJEKSİYON HARÇLARI	KOLON ADI/KLASİFİKASYON			
		Tuğla Kırığı Su Absorbe Edilmiş B/W	Tuğla Kırığı B/D	Traverten Su Absorbe Edilmiş T/W	Traverten T/D
SIVI HALDE	Peristrema 1	D_{75}	D_{27}	-	-
	Peristrema 3C	E	D_{175}	-	-
	Peristrema 5A	E	D_{27}	-	-
	Peristrema 6	F	D_{55}	-	-
	Peristrema 7	E	D_{32}	-	-
	Peristrema 8	E	D_{95}	-	-
	Peristrema 2	D_{175}	D_{57}	-	-
	Peristrema 1H	E	D_{55}	-	-
	Kazein Harcı (C1)	E	E	E	E

TABLO 77: HACİMSEL DEĞİŞİM TESTİ SONUÇLARI

TABLO 77: HACİMSEL DEĞİŞİM TESTİ SONUÇLARI	
ENJEKSİYON HARCI	H^{D-} (%)
Peristrema 1	**3.27**
Peristrema3C	**4.15**
Peristrema 5A	**3.81**
Peristrema 6	**3.56**
Peristrema 7	**3.12**
Peristrema 8	**4.17**
Peristrema 2	**3.04**
Peristrema 1H	**3.02**
Kazein Harcı (C1)	**57.70**

TABLO 78: YARMADA ÇEKME DAYANIMI TESTİ (6 AYLIK-1 YILLIK)

	TABLO 78YARMADA ÇEKME DAYANIMI TESTİ				
	ENJEKSİYON HARCI	6 AY		1 YIL	
		Yarmada Çekme Dayanımı (MPa)	Cov	Yarmada Çekme Dayanımı (MPa)	Cov
KATI HALDE	Peristrema 1	1,29 (MPa)	0,69	1,35 (MPa)	0,57
	Peristrema3C	0,11(MPa)	0,51	0,02 (MPa)	0,21
	Peristrema 5A	0,12 (MPa)	0,13	0,39 (MPa)	0,07
	Peristrema 6	0,15 (MPa)	0,22	0,33 (MPa)	0,16
	Peristrema 7	0,18 (MPa)	0,18	0,34 (MPa)	0,13
	Peristrema 8	0,12 (MPa)	0,37	0,31 (MPa)	0,17
	Peristrema 2	0,38 (MPa)	0,22	0,56 (MPa)	0,17
	Peristrema 1H	0,84 (MPa)	0,31	0,93 (MPa)	0,51
	Kazein Harcı C1	**F**		**F**	

TABLO 79: PERİSTREMA ENJEKSİYON HARÇLARI SU EMME KAPASİTESİ ORTALAMALARI

TABLO 79: PERİSTREMA ENJEKSİYON HARÇLARI SU EMME KAPASİTESİ ORTALAMALARI	
ENJEKSİYON HARCI	A ($g\ cm^{-2}s^{1/2}$)
Peristrema 1	0,004
Peristrema3C	0,005
Peristrema 5A	0,005
Peristrema 6	0,004
Peristrema 7	0,005
Peristrema 8	0,004
Peristrema 2	0,004
Peristrema 1H	0,006

TABLO 80: PERİSTREMA ENJEKSİYON HARÇLARI SU BUHARI GEÇİRGENLİĞİ

TABLO 80: PERİSTREMA ENJEKSİYON HARÇLARI SU BUHARI GEÇİRGENLİĞİ	
ENJEKSİYON HARCI	A ($g\ cm^{-2}s^{1/2}$)
Peristrema 1	0,004
Peristrema3C	0,005
Peristrema 5A	0,005
Peristrema 6	0,004
Peristrema 7	0,005
Peristrema 8	0,004
Peristrema 2	0,004
Peristrema 1H	0,006

TABLO 81: PERISTREMA ENJEKSİYON HARÇLARI BAĞLANMA DAYANIMI (SBS) TESTİ SONUÇLARI

	TABLO 81: PERISTREMA ENJEKSİYON HARÇLARI BAĞLANMA DAYANIMI (SBS) TESTİ SONUÇLARI		
	Enjeksiyon Harcı	**Bağlanma Dayanıklılığı (kPa)**	**Cov**
KATI HALDE	Peristrema 1	26 (kPa)	0,56
	Peristrema3C	109 (kPa)	0,09
	Peristrema 5A	24 (kPa)	0,59
	Peristrema 6	30 (kPa)	0,54
	Peristrema 7	39 (kPa)	0,38
	Peristrema 8	38 (kPa)	0,45
	Peristrema 2	65 (kPa)	0,24
	Peristrema 1H	50 (kPa)	0,34
	Kazein Harcı (C1)	F	F

TABLO 82: PERISTREMA ENJEKSİYON HARÇLARI PRİZLENME (BAŞLANGIÇ SÜRESİ) TESTİ SONUÇLARI

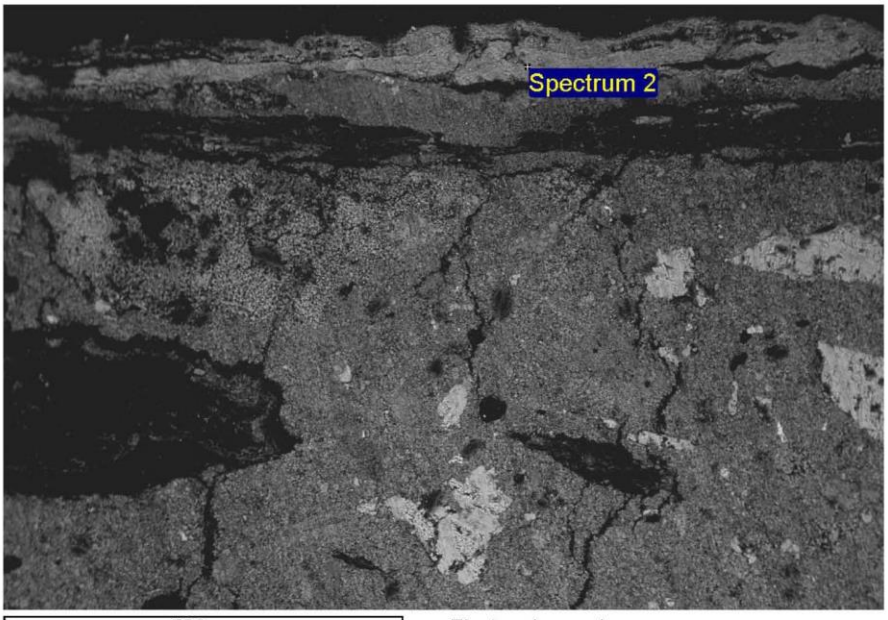
	TABLO 82: PRİZLENME (BAŞLANGIÇ)SÜRESİTESTİ SONUÇLARI (%93 RH, 22 C°' Nem Kabininde)							
	ENJEKSİYON HARCI	**GÜN**	**SAAT**	**DAKİKA**	**SANİYE**	**TOPLAM DEĞER**		
						SAAT	**DAKİKA**	**SANİYE**
PRİZLENME HALİNDE	Peristrema 1	6	21	59	0	165	9959	597,540
	Peristrema3C	14	19	2	55	355	21,302	1,278175
	Peristrema5A	10	18	58	30	258	15,538	932,310
	Peristrema 6	13	18	45	20	330	19,845	1,90720
	Peristrema 7	11	18	34	12	282	16,954	1,017252
	Peristrema 8	10	23	5	34	263	15,785	947,134
	Peristrema 2	4	22	43	25	118	7123	427,405
	Peristrema1H	11	19	6	16	283	16,986	1.019.176

Electron Microscopy Report
The Getty Conservation Institute

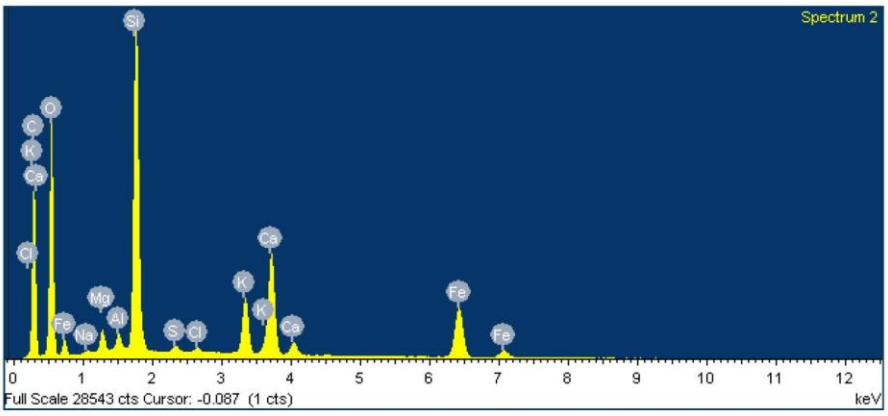
Sample: BHT-9P

Type: Default

ID:

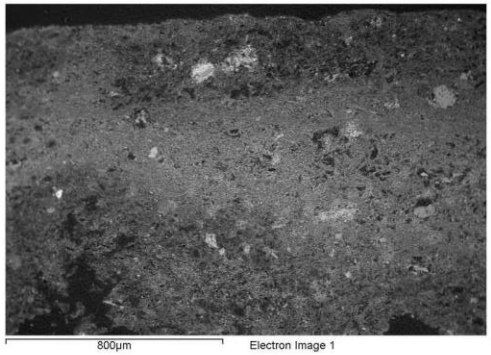


Electron Image 1

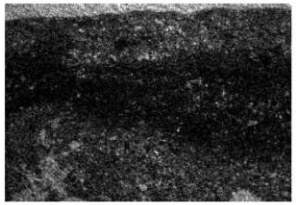


Electron Microscopy Report

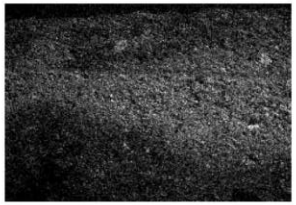
The Getty Conservation Institute



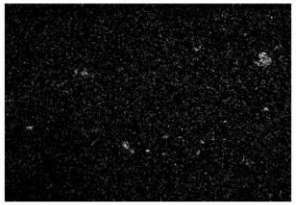
Electron Image 1



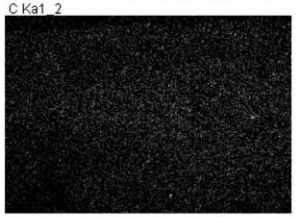
C Ka1_2



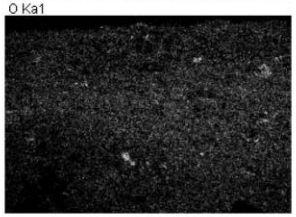
O Ka1



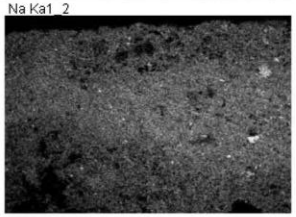
Na Ka1_2



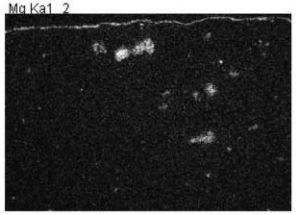
Mg Ka1_2



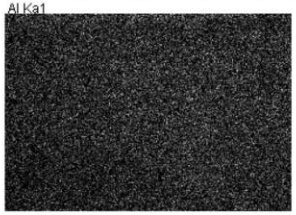
Al Ka1



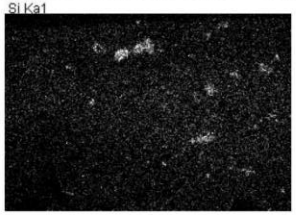
Si Ka1



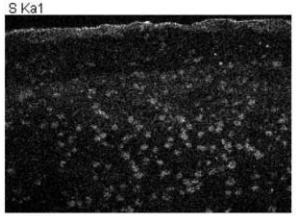
S Ka1



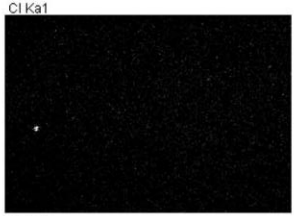
Cl Ka1



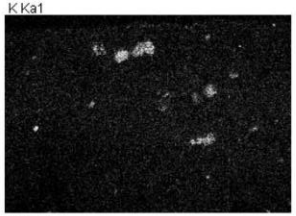
K Ka1



Ca Ka1



Ti Ka1



Fe Ka1

Sample: SNG 14A

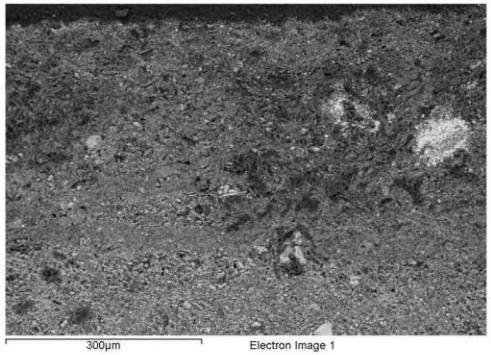
Type: Default

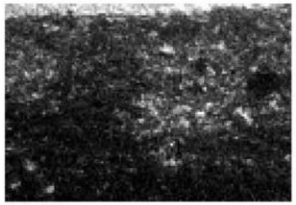
ID:

Comment:

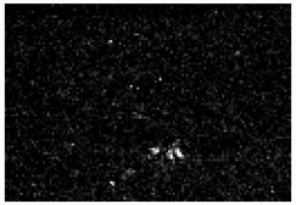
Electron Microscopy Report

The Getty Conservation Institute

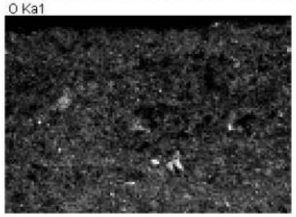


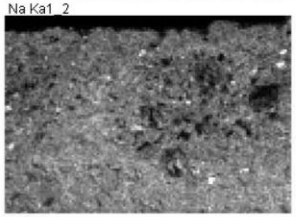

C Ka1_2

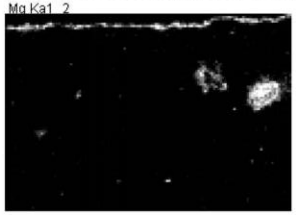

O Ka1


Na Ka1_2

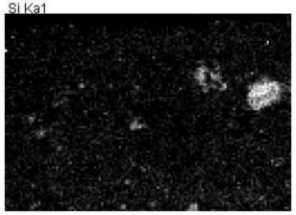

Mg Ka1_2

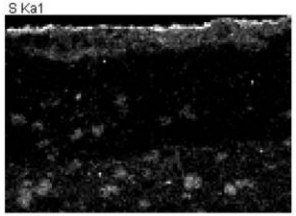

Al Ka1

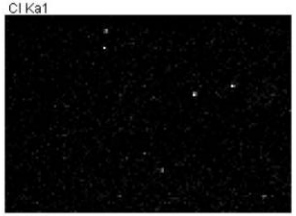

Si Ka1

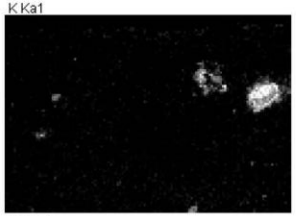

S Ka1


Cl Ka1


K Ka1


Ca Ka1


Ti Ka1


Fe Ka1

Sample: SNG 14A

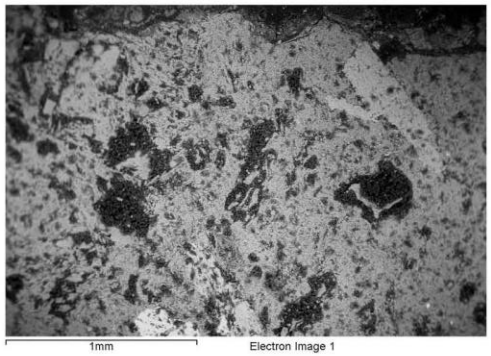
Type: Default

ID:

Comment:

Electron Microscopy Report

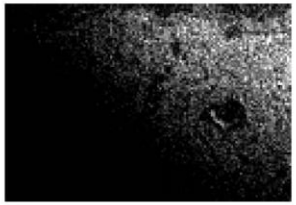
The Getty Conservation Institute



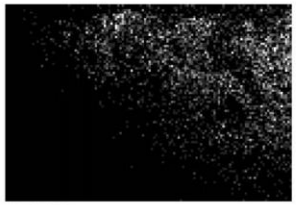
Electron Image 1



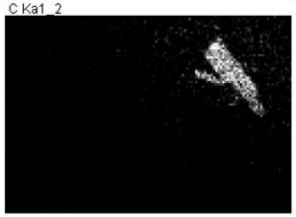
C Ka1_2



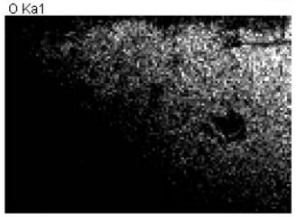
O Ka1



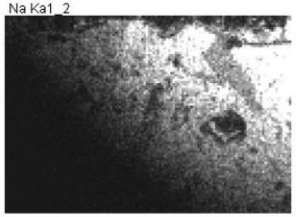
Na Ka1_2



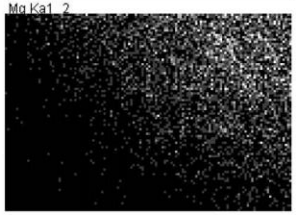
Mg Ka1_2



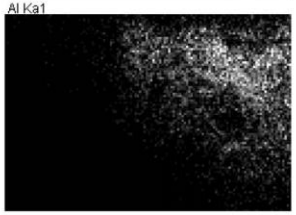
Al Ka1



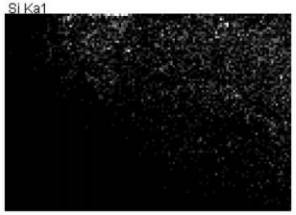
Si Ka1



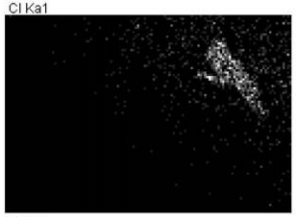
Cl Ka1



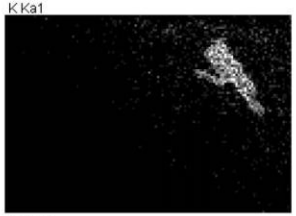
K Ka1



Ca Ka1



Ti Ka1



Fe Ka1

Sample: Stone

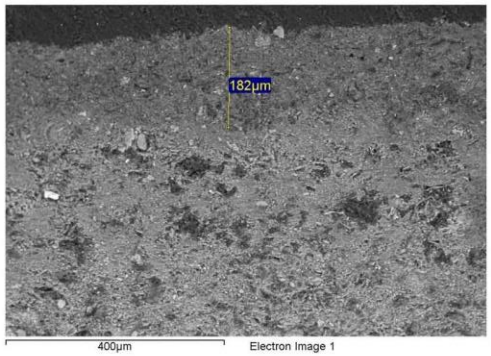
Type: Default

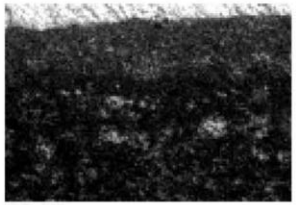
ID:

Comment:

Electron Microscopy Report

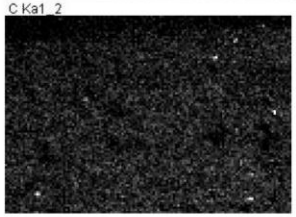
The Getty Conservation Institute

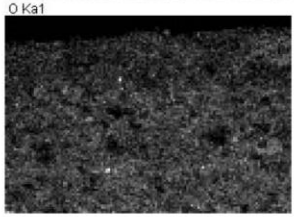


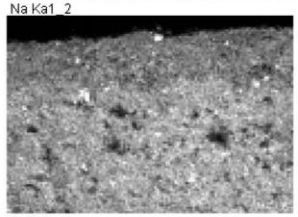

C Ka1_2

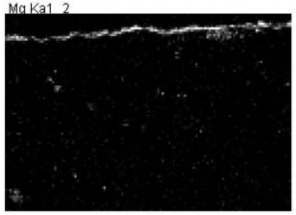

O Ka1


Na Ka1_2

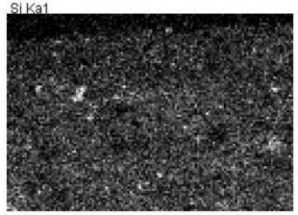

Mg Ka1_2

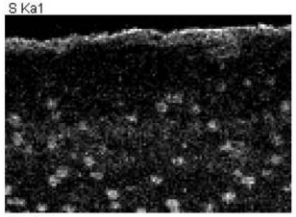

Al Ka1

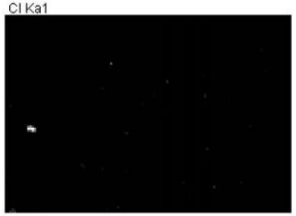

Si Ka1

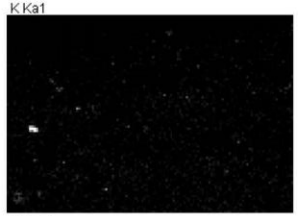

S Ka1


Cl Ka1


K Ka1


Ca Ka1


Ti Ka1


Fe Ka1

Sample: SNG 14B

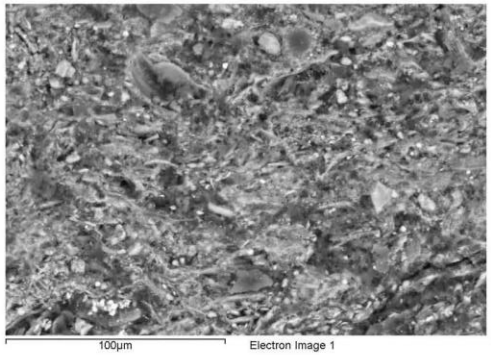
Type: Default

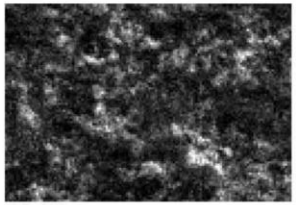
ID:

Comment:

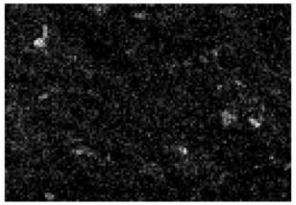
Electron Microscopy Report

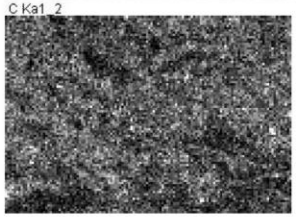
The Getty Conservation Institute

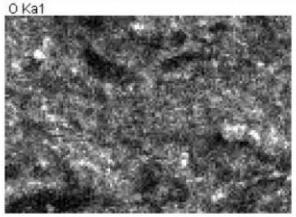


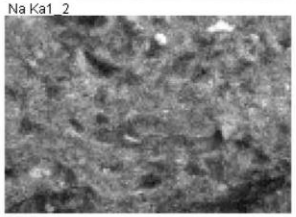


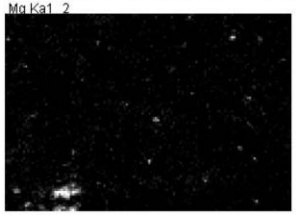


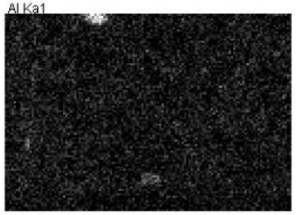


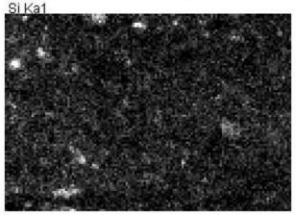


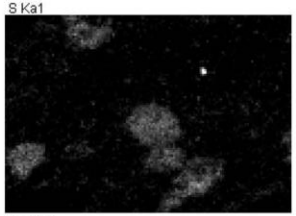


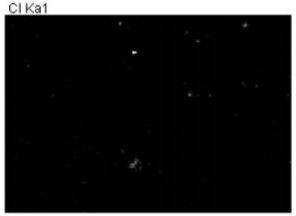


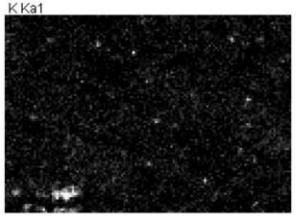












Sample: SNG 14B

Type: Default

ID:

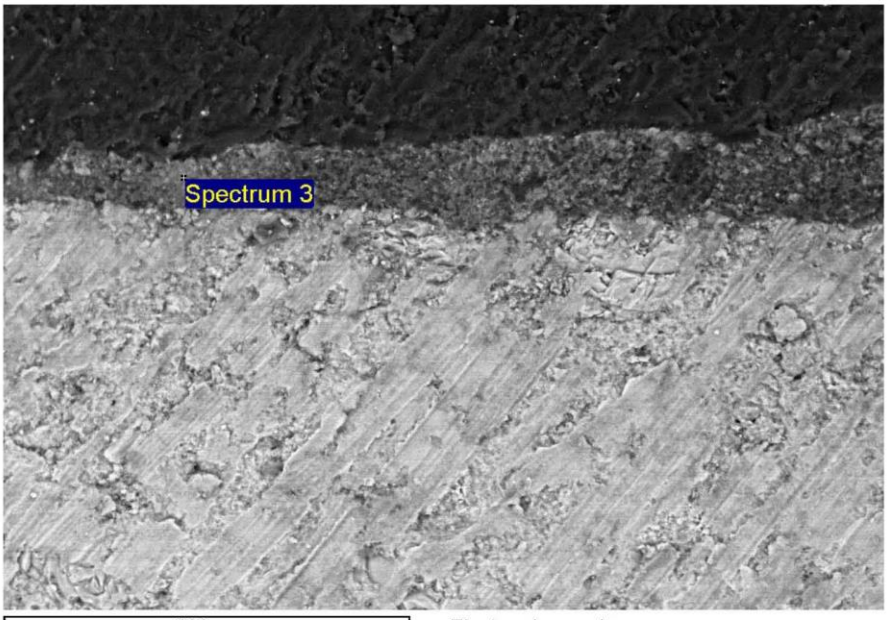
Comment:

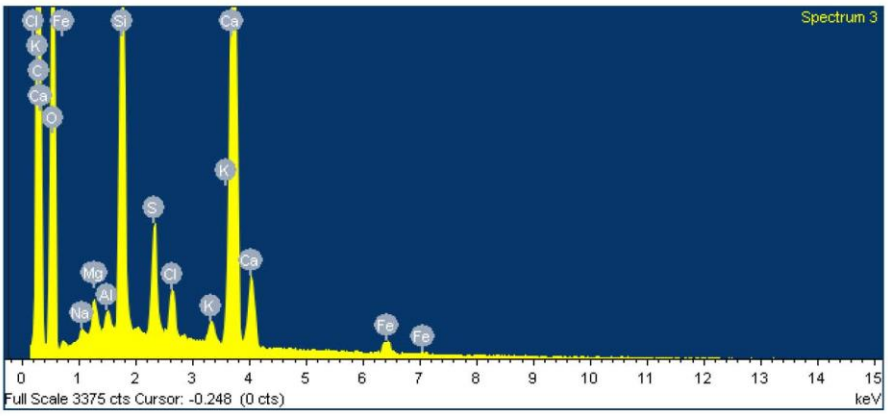
Electron Microscopy Report
The Getty Conservation Institute

Sample: DK5P

Type: Default

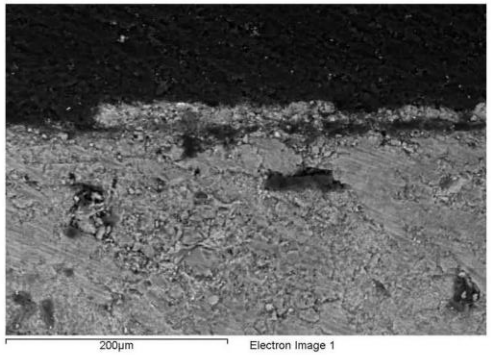
ID:

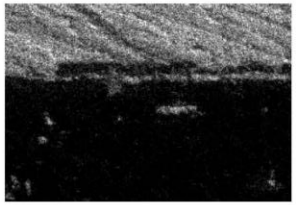


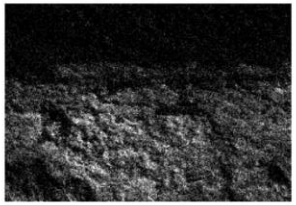


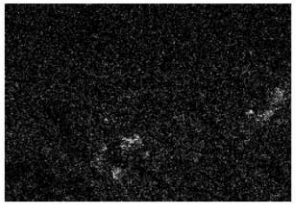
Electron Microscopy Report

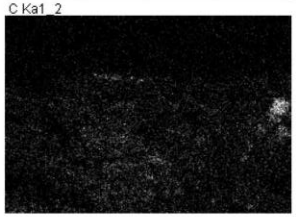
The Getty Conservation Institute

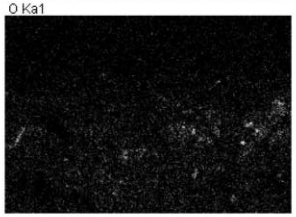


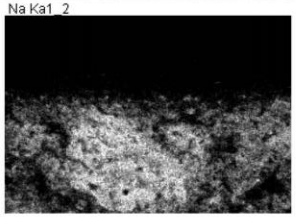

C Ka1_2

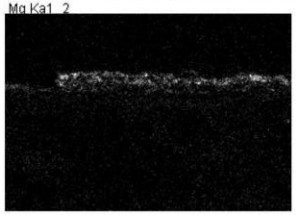

O Ka1

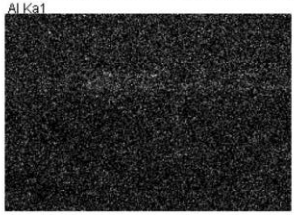

Na Ka1_2

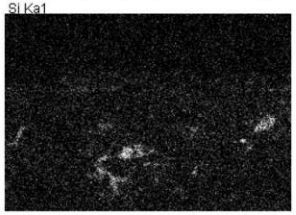

Mg Ka1_2

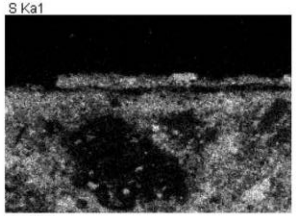

Al Ka1

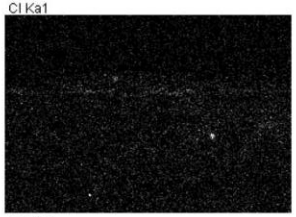

Si Ka1

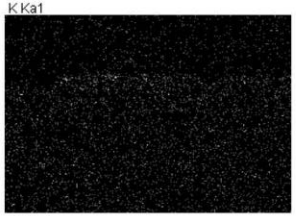

S Ka1


Cl Ka1


K Ka1


Ca Ka1


Fe Ka1


Pb La1

Sample: DK9

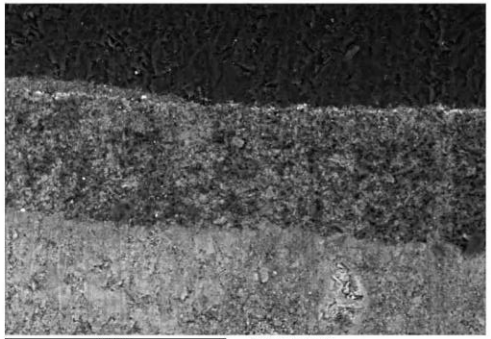
Type: Default

ID:

Comment:

Electron Microscopy Report

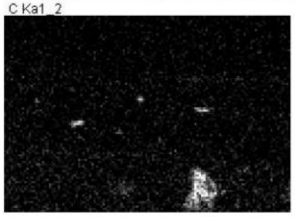
The Getty Conservation Institute

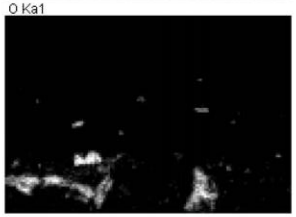


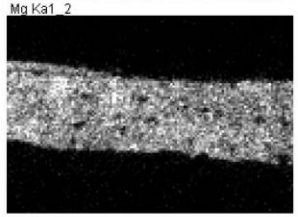

C Ka1_2


O Ka1

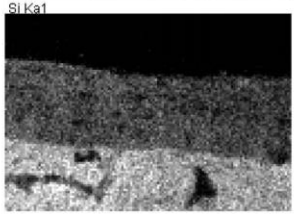

Mg Ka1_2

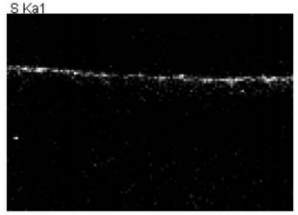

Al Ka1


Si Ka1


S Ka1


Cl Ka1


Ca Ka1


Fe Ka1


P Ka1

Sample: DK1

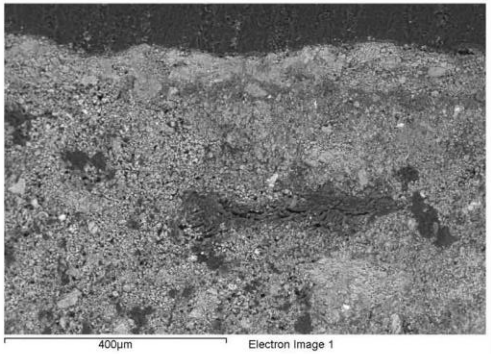
Type: Default

ID:

Comment:

Electron Microscopy Report

The Getty Conservation Institute

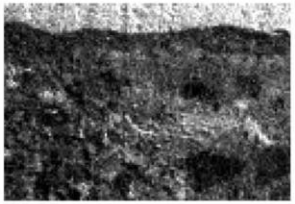


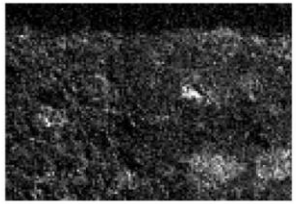
Sample: SNG-1P

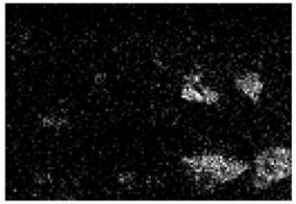
Type: Default

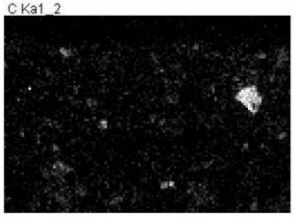
ID:

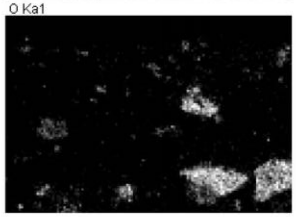
Comment:

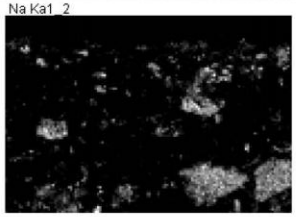

C Ka1_2

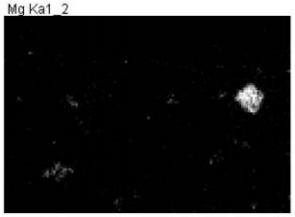

O Ka1

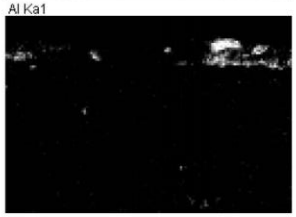

Na Ka1_2

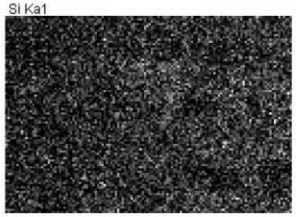

Mg Ka1_2

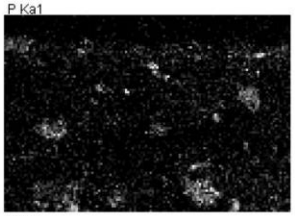

Al Ka1

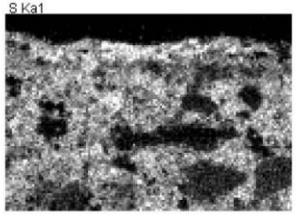

Si Ka1

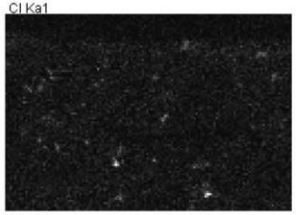

P Ka1


S Ka1


Cl Ka1

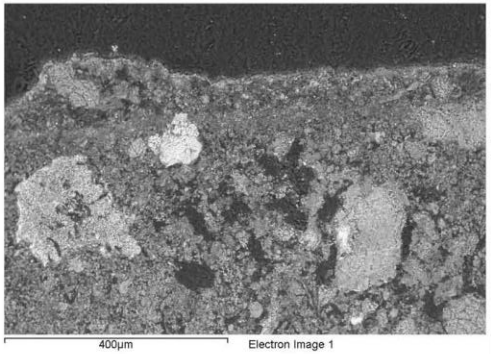

K Ka1

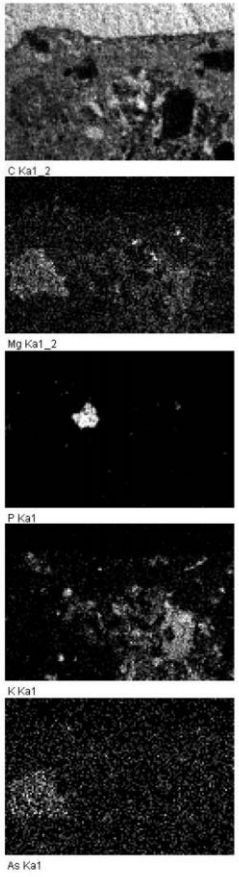

Ca Ka1

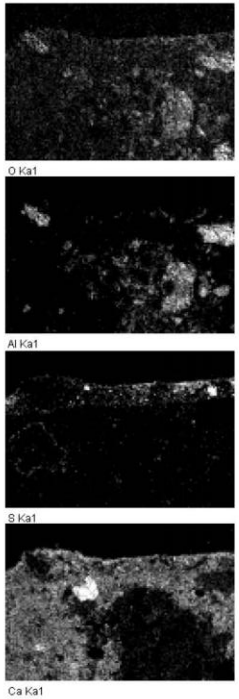

Fe Ka1

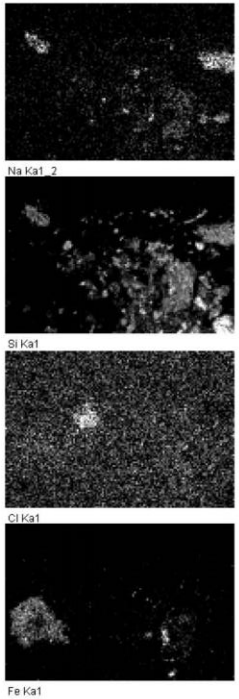
Electron Microscopy Report

The Getty Conservation Institute









Sample: SNG3

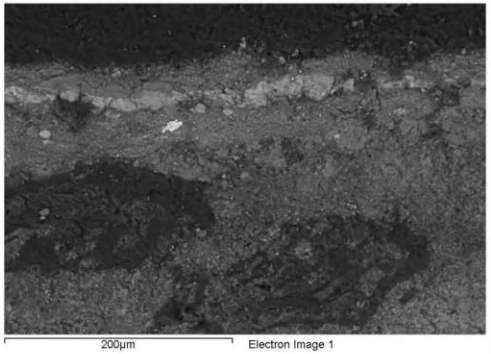
Type: Default

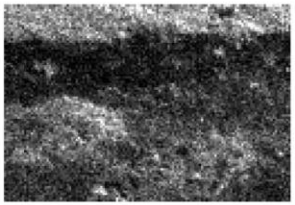
ID:

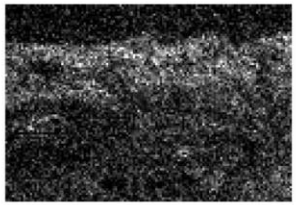
Comment:

Electron Microscopy Report

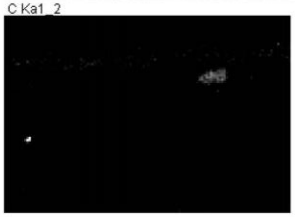
The Getty Conservation Institute

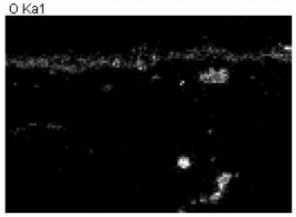


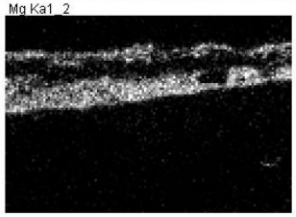

C Ka1_2

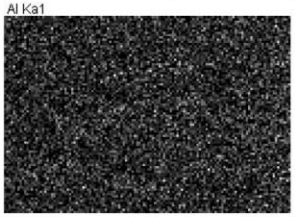

O Ka1

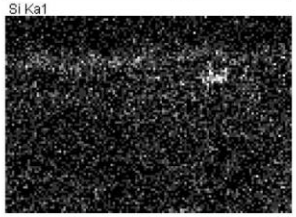

Mg Ka1_2

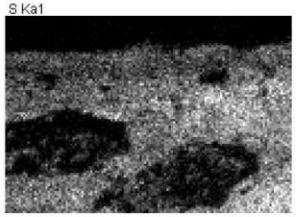

Al Ka1

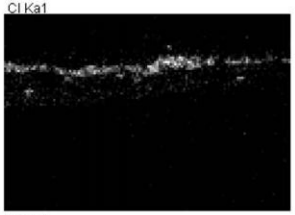

Si Ka1


S Ka1


Cl Ka1


K Ka1


Ca Ka1


Fe Ka1

Sample: BHT-2P

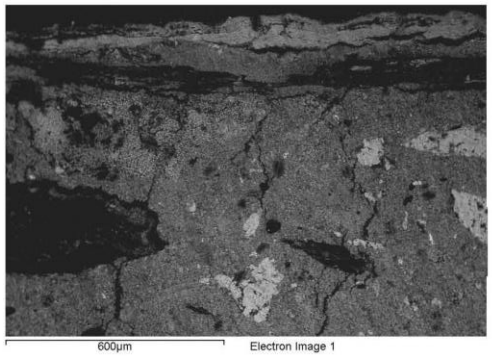
Type: Default

ID:

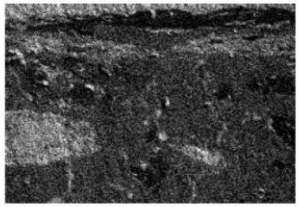
Comment:

Electron Microscopy Report

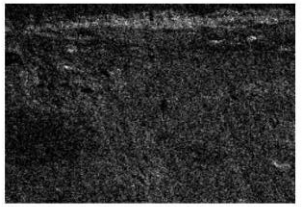
The Getty Conservation Institute



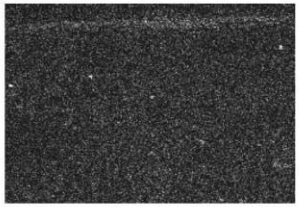
Electron Image 1



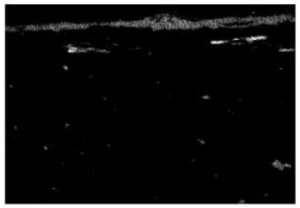
C Ka1_2



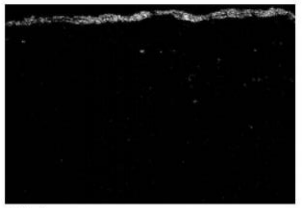
O Ka1



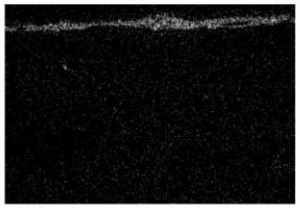
Mg Ka1_2



Si Ka1



S Ka1



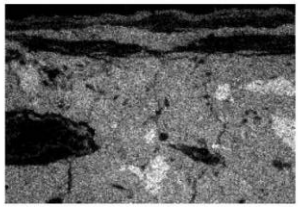
K Ka1

Sample: BHT-9P

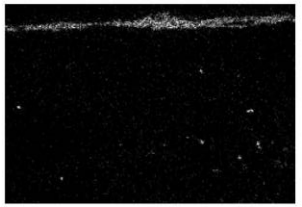
Type: Default

ID:

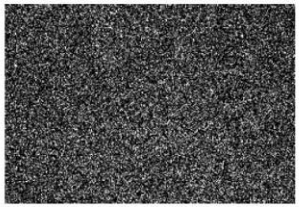
Comment:



Ca Ka1



Fe Ka1



Cl Ka1

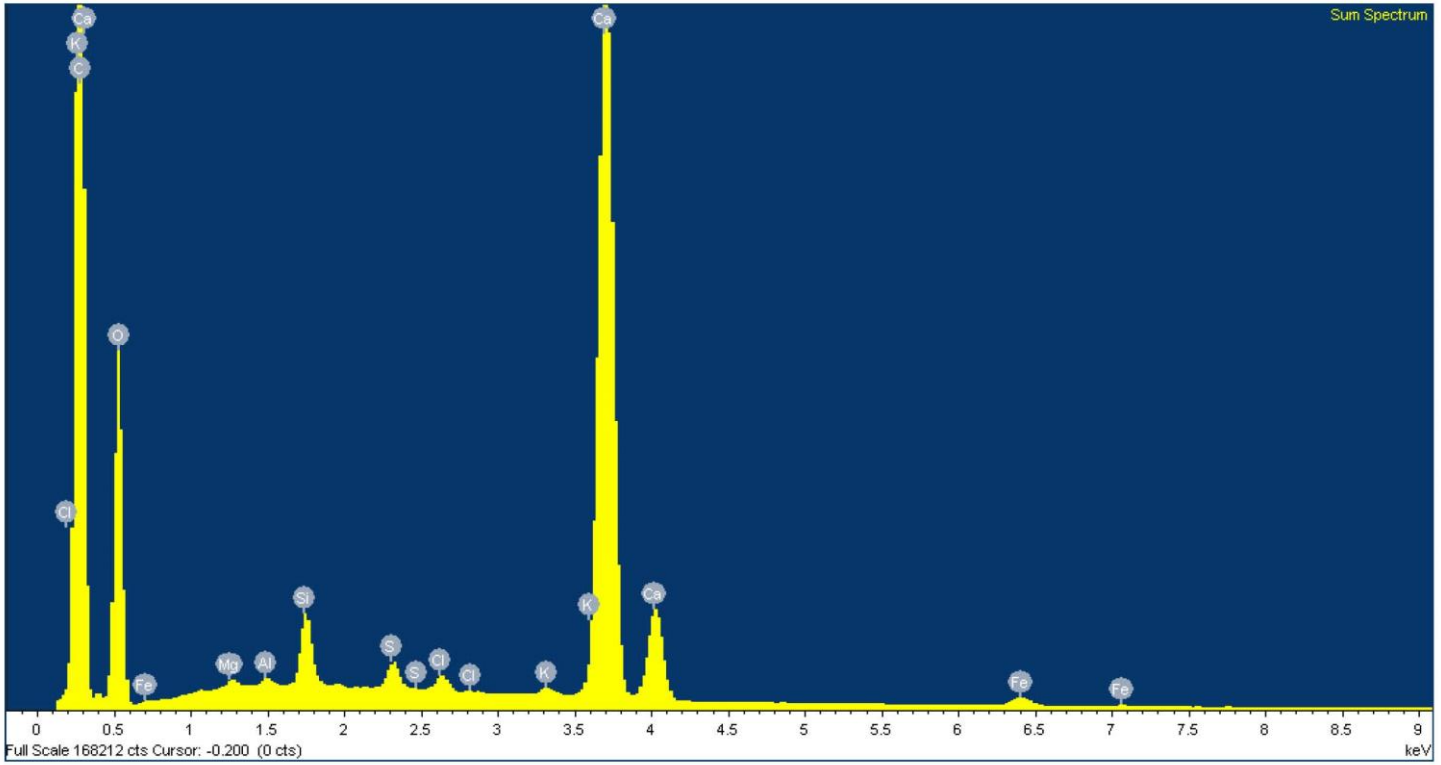
Electron Microscopy Report

The Getty Conservation Institute

Sample: BHT-9P

Type: Default

ID:



ÖZGEÇMİŞ

ADI SOYADI: HANDE GÜNÖZÜ

BİRİMİ: T.C. İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ TÜRKİYAT ARAŞTIRMALARI ENSTİTÜSÜ TÜRK SANATI TARİHİ ANABİLİM DALI

GÖREVİ: ARAŞTIRMA GÖREVLİSİ

YABANCI DİL

İngilizce (Çok İyi), Özbekçe (Orta)

EĞİTİM BİLGİLERİ

Lisans: İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Taşınabilir Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Ana Bilim Dalı, 2002

Yüksek Lisans: İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Taşınabilir Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Ana Bilim Dalı, 2007

Doktora: İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Koruma-Yenileme ve Restorasyon Bilim Dalı, 2014

TEZLER

2007, **"*Enez Ayasofya'sı (Fatih Cami) Duvar Resimlerinin Analizleri ve Koruma Önerileri*",** Yüksek Lisans Tezi

2014 ***" Kapadokya Bölgesi Duvar Resmi Sıvalarının Korunmasında Kullanılan Enjeksiyon Malzemelerinin Araştırılması ve Geliştirilmesi",*** Doktora Tezi

SCI, SSCI, AHCI INDEKSLERİNE GİREN DERGİLERİNDE YAYIMLANAN MAKALELER

Akyüz Sevim; Günözü H**. v.d, "FTIR and ED-XRF Analysis Of Wall Paintings of Ancient Hagia Sophia Church",** JOURNAL OF MOLECULAR STRUCTURE, pp.400-403, 2009

DİĞER DERGİLERDE YAYIMLANAN MAKALELER

Günözü H., **"Studios Manastırı Kilisesi (İmrahor İlyas Bey Cami) Dış Cephe Sıva Analiz Sonuçları"**, Art-Sanat, no.2: 2014

Günözü H., **"Enez Ayasofya Kilisesi (Fatih Cami) Duvar Resimlerinin Sıva Analiz Sonuçlari"**, Art-Sanat, no.1, pp.101-153, 2014

Günözü H., Çeşmeli İ., Raimkulov A. , **"Özbekistan'Da Guzar Vahası (Güney Sogdiana) Yalpak Tepe Şehir Harabesi 2011 Yılı Özbekistan-Türkiye Uluslararası Ortak Arkeolojik Kazı Çalışması"**, Türkiyat Mecmuası, vol.22-Bahar, pp.313-316, 2012

Günözü H., Çeşmeli İ. , Raimkulov A. , **"Güney Sogdiana Bölgesi Guzar Vahası Yalpak Tepe Şehri Harabesi Özbek-Türk Arkeolojik Kazı Çalışması (Özbekistan/Kaşkaderya)"**, Türkiyat Mecmuası, vol.21-Bahar, pp.233-265, 2011

GÖREV ALDIĞI BAZI PROJELER

- 2014- Devam Ediyor, Vehbi Koç Vakfı Tarafından desteklenen **"İstanbul Aya Efemia Kilisesi Duvar Resimleri Koruma Projesi"** Danışman
- 2012 -2014, ARIT ve Getty Konservasyon Enstitüsü tarafından desteklenen; ***" Kapadokya Bölgesi Duvar Resmi Sıvalarının Korunmasında Kullanılan Enjeksiyon Malzemelerinin Araştırılması ve Geliştirilmesi"*** Yürütücü.

- 2012-Devam Ediyor **"Kapadokya Bölgesi Ihlara Vadisi Ağaçaltı Kilisesi Duvar Resmi Yapım Tekniği Araştırmaları",** Bilimsel Araştırma Projesi" Yürütücü

- 2007-Devam Ediyor **"Özbekistan Kaşkaderya Bölgesi Guzar Vahası Yalpak Tepe Şehri Arkeolojik Kazı ve Konservasyon Projesi**" Yürütücü

- 2012-Devam Ediyor"**"Özbekistan Kaşkaderya Bölgesi Yer Kurgan Arkeolojik Kazı Konservasyon Projesi**" Yürütücü

- 2010-2012, T.C. Kültür Turizm Bakanlığı tarafından desteklenen, **"Niğde Andabal Kilisesi'nin Duvar Resimlerinin Konservasyonu Projesi'nde"**, Uzman Konservatör olarak görev yaptı.

- 2008-2009 yılında, Getty Conservation Institute, Science-Field Project Departments ; **"Injection Grouts for the Conservation of Architectural Surfaces: Research and Evaluation"**, projesinde Graduate Intern olarak görev yaptı.

- 2008-2009 yılında, Getty Conservation Institute, Science-Field Project Departments, **"Herculaneum Project"**, Graduate Intern olarak görev yaptı.

- 2007 yılında, T.C. Kültür Turizm Bakanlığı tarafından desteklenen, **"Niğde Andabal Kilisesi'nin Duvar Resimlerinin Konservasyonu Projesi'nde**", Konservatör olarak görev yaptı.

- 2007 yılında,**"Özbekistan Kaşkaderya Bölgesi Guzar Vahası Yalpak Tepe Şehri Arkeolojik Kazı Projesinin**" konservasyon çalışmalarını yürüttü.

- 2007 yılında, İ.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenen, **"Enez Ayasofya'sı (Fatih Cami) Duvar Resimlerinin Analizleri ve Koruma Önerileri"** başlıklı projenin yürütücülüğünü yaptı.

- 2005 yılında, Başkanlığını Prof. Dr. Afife Batur'un yaptığı, **"Avrupa'dan İstanbul'a Yeni Sanat, 1890-1930 "**, konulu uluslararası katılımlı sergide konservatör olarak görev yaptı. Avrupa'dan İstanbul'a Yeni Sanat (Art Nouveau From Europe To İstanbul 1890-1930), Tarih Vakfı, İstanbul 2005.

- 2005 yılında, **"Özbekistan Kaşkaderya Bölgesi Guzar Vahası Yalpak Tepe**

Şehri Arkeolojik Kazı Projesi'nin" konservasyon çalışmalarını yürüttü.

- 2004 yılında, İstanbul Üniversitesi'nden Prof. Dr. Sait Başaran' ın yürüttüğü, İstanbul Üniversitesi Taşınabilir Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Bölümü ile Samsun Arkeoloji Müzesi işbirliği ile gerçekleştirilen **"Samsun BT-2 Tümülüsü Duvar Resmi Koruma Çalışması'nda"** konservatör olarak görev yaptı.
- 2002 yılında, İstanbul Üniversitesi'nden Prof. Dr. Sait Başaran başkanlığında yürütülen **"Enez Arkeolojik Kazısı'nda"** konservatör olarak görev yaptı.
- 2001-2000 yılında, (INA) Bodrum Sualtı Arkeoloji Enstitüsü'nde Konservatör Kathy Hall başkanlığında yürütülen **"Uluburun Batığı Konservasyon Projesi'nde"** (Intern) konservatör olarak görev yaptı.
- 2001 yılında, İstanbul Üniversitesi'nden Prof. Dr. Refik Duru ve Prof. Dr. Gülsüm Umurtak başkanlığında yürütülen **"Bademağacı Höyüğü Arkeolojik Kazısı'nda"** konservatör olarak görev yaptı.
- 2001 yılında, İstanbul Üniversitesi'nden Prof. Dr. Sait Başaran başkanlığında yürütülen **"Sait Halim Paşa Yalısı Barok Dönem Duvar Kâğıtları Koruma Çalışması'nda"** konservatör olarak görev yaptı.
- 2000 yılında, Prof. Dr. Ara Altun Başkanlığında yürütülen **"İznik Çini Fırınları Kazısı'nda"** konservatör olarak görev yaptı.
- 1999 yılında, İstanbul Üniversitesi'nden Prof. Dr. Veli Sevin ve La Sapience Üniversitesi'nden Prof. Dr. İzabella Genova' nın ortaklaşa yürüttüğü **"Mersin Yumuktepe Höyüğü Arkeolojik Kazısı'nda"** konservatör olarak görev yaptı.
- 1999 yılında Kadıköy **"Hagia Triada Kilisesi Dış Cephe Konservasyon Çalışması'nda"** konservatör olarak görev yaptı.

VERDİĞİ DERSLER/ WORKSHOP'LAR

2007- İ.Ü. Edebiyat Fakültesi Koruma-Onarım Yenileme Bilim Dalı, " Tarihi Harç Sıva Analizleri I-II, Doktora, Doç. Dr. Ahmet Güleç gözetiminde, Analiz Prosedürleri Asistanlığı.

2010- 2012- İ.Ü. Edebiyat Fakültesi Koruma-Onarım Yenileme Bilim Dalı, “Duvar Resimlerinin Koruma ve Onarımı Pratik” Lisans IV. Doç Dr. Ahmet Güleç ile.

2009- American Institute for Conservation of Historic and Artistic Work (AIC) , 2009, kapsamında "Injection Grouts for the Conservation of Architectural Surfaces" Working Properties and Performance Characteristics Workshop'ı. Beril Biçer Şimşir, Leslie Rainer ile beraber yürütücü.

ÖDÜLLERİ

Ilse Hanfmann ve George Hanfmann, Türk-Amerikan İlmi Araştırmaları Derneği (American Research Institute in Turkey-ARIT) , tarafından doktora tezi projesi ödüle layık görülmüştür ve aynı proje Getty Konsrvasyon Enstitüsü Bilim Bölümü tarafından tam zamanlı olarak desteklenmiştir. Şubat 2012

Getty Vakfı (Getty Foundation) tarafından, 2008 yılında Amerika Birleşik Devletlerinin, Los Angeles kentinde bulunan, Getty Konservasyon Enstitüsü (Getty Conservation Institute) Saha Projeleri (Field Project) bölümünde; bir yıl, tam zamanlı mezun stajyer olarak çalışabilmesi amacıyla, ödüle layık görülmüştür.

BİLİMSEL DERNEK, ORGANİZASYON VE KURULUŞLARDAKİ ÜYELİKLER/GÖREVLER

RILEM International Union ofLaboratories and Experts in Constraction Materials, Systems and Structures , TC Technical Committe SGM : Specifications for Non-Structural Grouting of Historic Architectural Surfaces, Üye, 21.04.2011 - Devam Ediyor.

American Institute for Conservation of Historic and Artistic Work (AIC) , American Institute for Conservation of Historic and Artistic Work (AIC) , Üye, 18.05.2009 - Devam Ediyor.