



VAKIF KÜLTÜR VARLIKLARINI KORUMA
UYGULAMA ve ARAŞTIRMA MERKEZİ

KURAM

**ÜRETİM TARİHİ VE SERİ NUMARASI BULUNMAYAN
MASTERFILLTM 222 (ALBARIA® INIEZIONE) ENJEKSİYON HARCİ
MALZEME ANALİZ RAPORU**



RAPOR NO: 950



**FATİH
SULTAN
MEHMET**
VAKIF ÜNİVERSİTESİ

TEMMUZ 2025

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ.....	2
2. ÖRNEK TANIMI.....	2
3. ANALİZLER.....	3
3.1. Yığın Yoğunluk Testi.....	3
3.2. Elek Analizi.....	3
3.3. Tuz, Protein ve Yağ Analizi.....	4
3.4. Sülfat Tayini, Serbest Kireç, Serbest Su Muhtevası, Kızdırma Kaybı ve Asitte Kayıp	5
3.5. SEM-EDX Analizi.....	5
3.6. X-Işını Floresans (XRF) Analizi.....	6
3.7. X-Işını Difraktometresi (XRD) Analizi.....	7
3.8. Eğilme Dayanımı.....	8
3.9. Tek Eksenli Basınç Dayanımı.....	9
4. DEĞERLENDİRME.....	10
5. NOTLAR.....	12

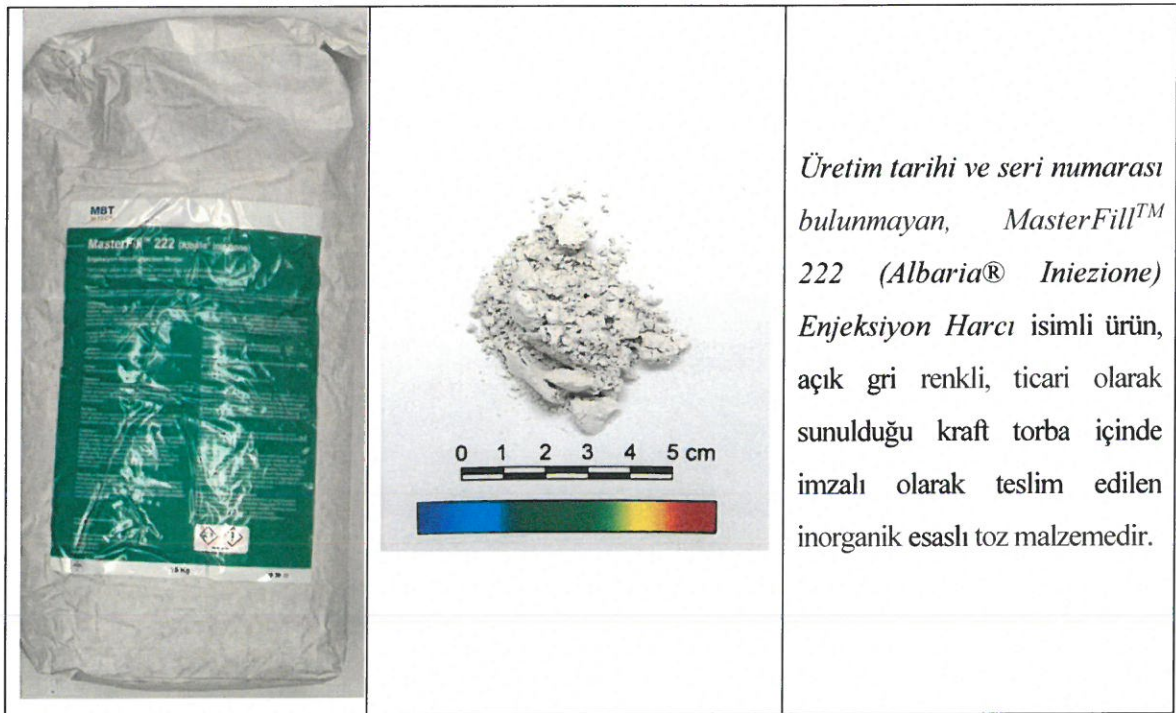
1. GİRİŞ

MBT Teknik Yapı Kimyasalları San. ve Tic. A.Ş. tarafından **üretim tarihi ve seri numarası bulunmayan, MasterFill™ 222 (Albaria® Iniezione) Enjeksiyon Harcı** isimli ürünün malzeme analiz raporu için, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Vakıf Kültür Varlıklarını Koruma, Uygulama ve Araştırma Merkezi'ne (KURAM) 19.03.2025 tarihli dilekçe ile başvuruda bulunmuştur.

Üretici firma tarafından ticari olarak sunulduğu ambalajında gönderilmiş olan malzeme KURAM bünyesinde bulunan **Prof. Dr. Ahmet Refik Ersen Restorasyon ve Konservasyon Laboratuvarı**'nda incelenmiş, bu kapsamda fiziksel, kimyasal ve mekanik deneyler ve aletli analizler ile malzemenin içeriği ve özellikleri standartlara göre belirlenmiştir.

2. ÖRNEK TANIMI

Başvuru sahibi firma tarafından laboratuvarımıza teslim edilmiş olan örneğin tanımı aşağıda verilmiştir.



Şekil 1. İnceleme Konusu MasterFill™ 222 (Albaria® Iniezione) Enjeksiyon Harcının Görüntüsü ve Tanımı

3. ANALİZLER

Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Vakıf Kültür Varlıklarını Koruma, Uygulama ve Araştırma Merkezi'ne (KURAM'a) ilgilisi tarafından getirilen toz malzemede; yığın yoğunluk, elek analizi, tuz, protein ve yağ analizi, sülfat (SO₃ cinsinden gösterilen) tayini, serbest su muhtevası, kızdırma kaybı ve asitte kayıp, SEM-EDX analizi, XRF analizi, X-ışını difraktometresi (XRD) analizi, enjeksiyon harcında eğilme deneyi ve tek eksenli basınç deneyi yapılmıştır.

3.1. Yığın Yoğunluk Testi

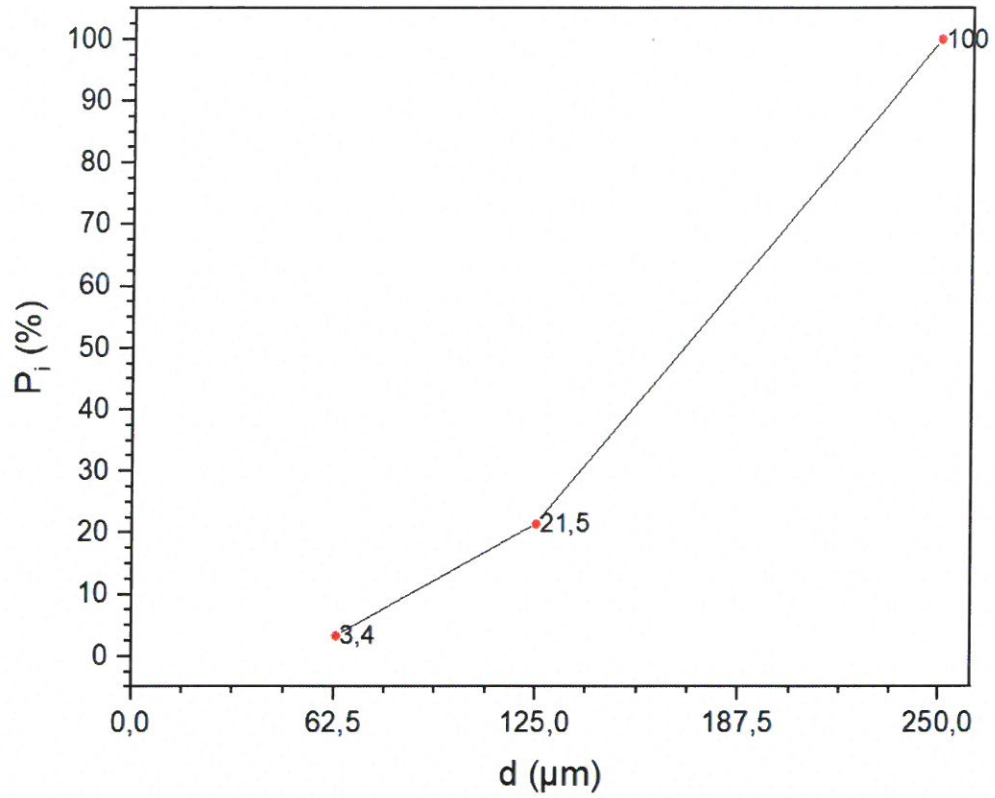
Bahsi geçen firma yetkilileri tarafından teslim edilmiş malzemede yığın yoğunluk tayini TS EN 459-2 (Yapı Kireci-Bölüm 2: Deney yöntemleri) standardına uygun olarak yapılmış, elde edilen sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Yığın Yoğunluk Tayini	
Örnek No	Yığın Yoğunluk (kg/dm ³)
1	0,892
2	0,896
3	0,901
Ortalama	0,896

3.2. Elek Analizi

Anılan firma tarafından teslim edilmiş malzemenin dane boyutu dağılımını belirlemek için elek analizi deneyi yapılmış, elde edilen sonuçların ortalaması Tablo 2'de, granülometri eğrisi Şekil 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Enjeksiyon Harcı Örneğinin Elek Analizi Sonuçları			
Elek Gözü Açıklığı (µm)	63	125	250
Elekten Geçen, P _i (%) Ortalama	3,4	21,5	100,0



Şekil 2. Enjeksiyon Harcının Granülometri Eğrisi

3.3. Tuz, Protein ve Yağ Analizi

Yukarıda tanımı yapılmış olan numunede bulunabilecek suda çözünebilir tuzların niteliklerinin (klorür, sülfat, karbonat ve nitrat tuzları) belirlenebilmesi; yağ, protein gibi katkı maddelerinin varlığının araştırılması amacı ile laboratuvarında basit spot testler yapılmış, sonuçları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Suda Çözünebilir Tuzlar ve Organik Madde Analizi [- : Yok; + : Az var; ++ : Var; +++ : Fazla var; ++++ : Çok Fazla var]								
ÖRNEK NO	SUDA ÇÖZÜNEBİLİR TUZLAR						ORGANİK MADDE	
	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	NO ₃ ⁻	İLETKENLİK (µS)	pH (21,2 °C)	PROTEİN	YAĞ
1	-	-	-	-	245	9,27	-	-

3.4. Sülfat Tayini, Serbest Kireç, Serbest Su Muhtevası, Kızdırma Kaybı ve Asitte Kayıp

Anılan firma tarafından teslim edilmiş malzemede sülfat (SO₃ cinsinden gösterilen) miktarı, serbest kireç, serbest su muhtevası ve kalsinasyon (kızdırma kaybı) analizleri TS EN 459-2 standardına uygun olarak yapılmıştır. Ayrıca asitte kayıp analizi yapılmış, sonuçlar Tablo 4'te verilmiştir.

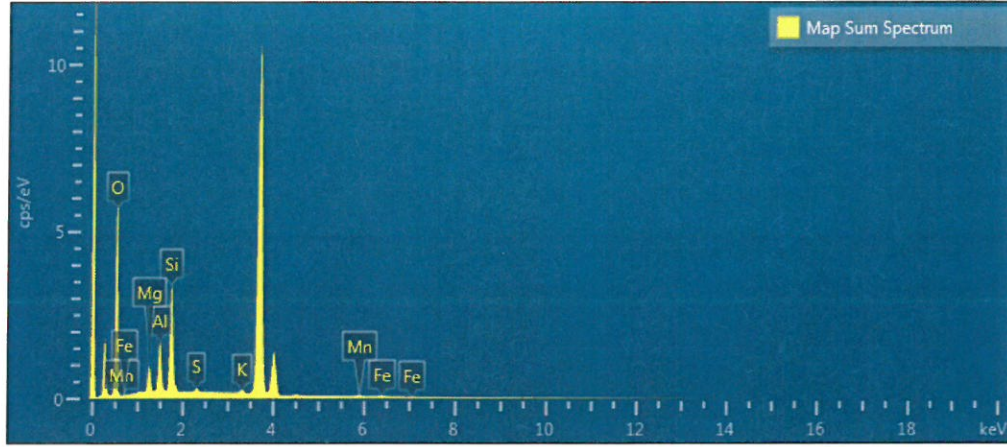
Tablo 4. Sülfat Tayini, Serbest Kireç, Serbest Su Muhtevası, Kızdırma Kaybı ve Asitte Kayıp					
Numune No	Sülfat (SO₃ Cinsinden) (%)	Serbest Kireç (%)	Serbest Su Muhtevası (%)	Kızdırma Kaybı (%)	Asitte Kayıp (%)
1	0,14	3,70	0,10	25,63	80,50
2	0,15	3,13	0,25	25,57	83,10
3	0,17	3,70	0,20	25,65	81,20
Ortalama	0,15	3,51	0,18	25,61	81,60

3.5. SEM-EDX Analizi

MasterFill™ 222 (Albaria® Iniezione) Enjeksiyon Harcı isimli numunenin EDX analizinin gerçekleştirildiği bölgenin SEM görüntüsü Şekil 3'de, EDX spektrumu Şekil 4'te, tespit edilen elementler ve bunlara ait oksitlerin yüzde dağılımları ise Tablo 5'te verilmiştir.



Şekil 3. Enjeksiyon Harcının SEM Görüntüsü



Şekil 4. Enjeksiyon Harcının EDX Spektrumu

Tablo 5. EDX Analizinde Tespit Edilen Element ve Oksitlerinin Yüzde Dağılımları							
Element	Line Type	Weight %	Weight % Sigma	Atomic %	Oxide	Oxide %	Oxide % Sigma
O	K series	33.97	0.06	54.29			
Al	K series	3.28	0.02	3.11	Al ₂ O ₃	6.20	0.04
Si	K series	7.14	0.03	6.50	SiO ₂	15.28	0.06
Ca	K series	51.72	0.07	32.99	CaO	72.36	0.10
Mg	K series	1.88	0.02	1.98	MgO	3.12	0.03
Mn	K series	0.52	0.04	0.24	MnO	0.67	0.05
Fe	K series	0.43	0.04	0.20	FeO	0.55	0.05
S	K series	0.31	0.01	0.25	SO ₃	0.79	0.04
K	K series	0.44	0.02	0.29	K ₂ O	0.53	0.02
Ti	K series	0.30	0.03	0.16	TiO ₂	0.50	0.04
Total		100.00		100.00		100.00	

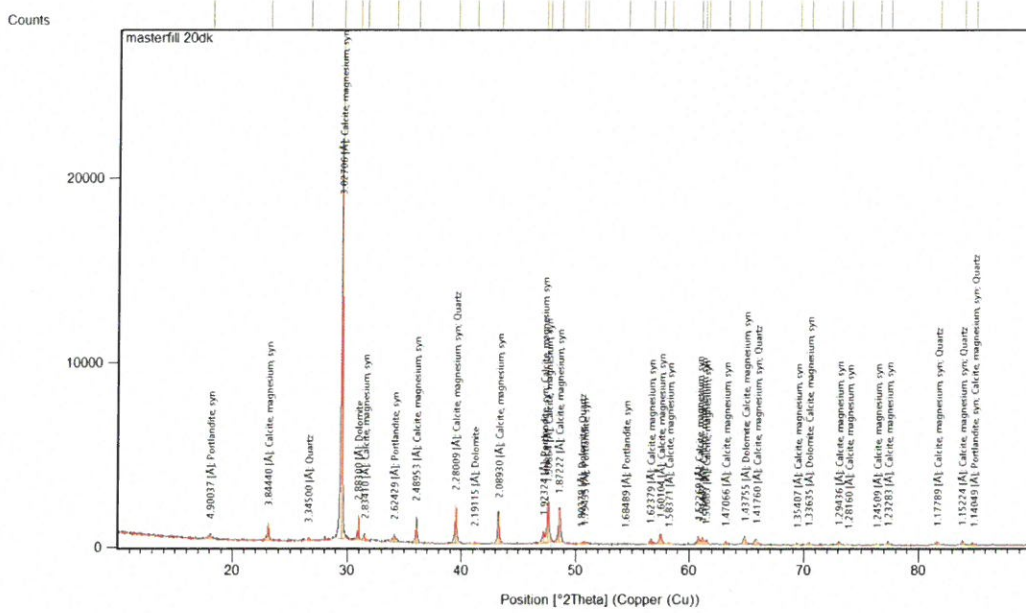
3.6. X-Işını Floresans (XRF) Analizi

MasterFill™ 222 (Albaria® Iniezione) Enjeksiyon Harcı isimli numunenin XRF analizi yapılmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 6’da verilmiştir.

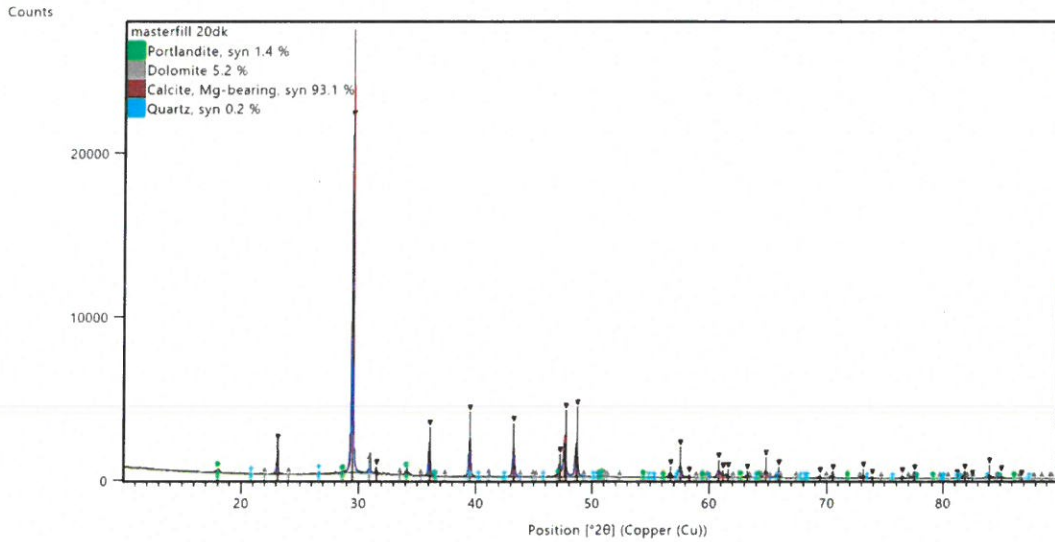
Tablo 6. Enjeksiyon Harcının XRF Analizi Sonuçları			
No	Component	Result	Unit
1	Al ₂ O ₃	6,46	mass%
2	SiO ₂	16,50	mass%
3	SO ₃	1,70	mass%
4	K ₂ O	0,46	mass%
5	CaO	43,30	mass%
6	TiO ₂	0,08	mass%
7	Fe ₂ O ₃	0,90	mass%
8	MgO	4,93	mass%
9	S-BLEND	0,10	
10	LOI	25,61	mass%

3.7. X-Işını Difraktometresi (XRD) Analizi

MasterFill™ 222 (Albaria® Iniezione) Enjeksiyon isimli numunenin içeriğindeki minerallere karşılık gelen kristal fazlarının tespit edilmesi amacıyla X-Işını Kırınımı (XRD) yöntemi kullanılmış ve XRD kırınım deseni Şekil 5'te verilmiştir. XRD analizi sonucuna göre numunenin içerisindeki fazların miktarını tespit etmek için yapılan Rietveld kantitatif analizi sonucu Şekil 6 ve Tablo 7'de verilmiştir. Analiz sonucu X'pert HighScore Plus yazılımı ve ICDD PDF-4 kütüphanesi kullanılarak değerlendirilmiştir.



Şekil 5. Enjeksiyon Harcının XRD Kırınım Deseni



Şekil 6. Enjeksiyon Harcının Rietveld Analizi

MasterFill™ 222 (Albaria® Iniezione) Enjeksiyon Harcının; **Kalsit Magnezyan** (magnezyum, kalsiyum karbonat-(Mg,Ca)CO₃), **Dolomite** (kalsiyum-magnezyum karbonat-(CaMg)(CO₃)₂), **Portlandit** (kalsiyum hidroksit-Ca(OH)₂) ve **Kuvars** (silisyum dioksit-SiO₂) içerdiği, bu fazların oranının sırasıyla %93,1 **Kalsit Magnezyan**, %5,2 **Dolomite**, %1,4 **Portlandit** ve %0,2 **Kuvars** olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 7. Rietveld Kantitatif Analizi Sonuçları

Bileşen Adı	Kimyasal Formülü	Mineral Adı	Oranı (%)	Açıklama
Magnezyum, Kalsiyum Karbonat	(Mg,Ca)(CO ₃)	Kalsit Magnezyan	93,1	Magnezyumca zengin kalsit (calcite-magnesian), kalsit ve dolomit arasında geçiş özellikleri gösteren bir karbonat mineralidir. Genellikle bağlayıcı özellikleri sınırlıdır ve agrega ya da dolgu malzemesi olarak tercih edilir.
Kalsiyum-Magnezyum Karbonat	CaMg(CO ₃) ₂	Dolomite	5,2	Genellikle bağlayıcı olarak değil, agrega olarak tercih edilir.
Kalsiyum Hidroksit	Ca(OH) ₂	Portlandit	1,4	Hem hidrolik kireç hem de çimento hidrasyon sürecinde oluşabilir.
Silisyum dioksit	SiO ₂	Kuvars	0,2	Hidrolik kireç üretmek için katılan kilin bileşeni olabilir.

3.8. Eğilme Dayanımı

Eğilme dayanımı deneyi numuneleri, **TS EN 1015-11** *Kagir harcı-Deney metotları-Bölüm 11: Sertleşmiş harcın basınç ve eğilme dayanımının tayini* standardına göre; ürünün teknik dokümanındaki %30 oranında su miktarına uygun olarak hazırlanmış, kalıplara dökülmüş; ilk 7 gün (20±2) °C sıcaklık, %95 nem, sonraki 21 gün (20±2) °C sıcaklık, %65 nem koşullarında kür edilmiştir. Eğilme dayanımı deneyinde elde edilen sonuçlar Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. Enjeksiyon Harcı Örneğinin Eğilme Dayanımı Deneyi Sonuçları

Deney No	Numune Boyutları (mm)			[20±2) °C, %95 Nem]	[20±2) °C, %65 Nem]
	En	Boy	Uzunluk	7 Günlük Eğilme Dayanımı (MPa)	28 Günlük Eğilme Dayanımı (MPa)
1	40,00	40,00	160,00	2,17	2,98
2	40,00	40,00	160,00	1,91	3,01
3	40,00	40,00	160,00	1,77	2,84
Ortalama				1,95	2,94

3.9. Tek Eksenli Basınç Dayanımı

Tek eksenli basınç dayanımı deneyi numuneleri, **TS EN 1015-11** *Kagır harcı-Deney metotları-Bölüm 11: Sertleşmiş harcın basınç ve eğilme dayanımının tayini* standardına göre; eğilme dayanımı deneyinde iki parçaya ayrılmış olan numunelerde kuvvet uygulanan yüzey alanını 40mm x 40mm oluşturulacak başlıklar kullanılarak yapılmış, elde edilen sonuçlar Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9. Enjeksiyon Harcı Örneğinin Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi Sonuçları							
Gün / Numune	1	2	3	4	5	6	Ortalama
7 Günlük Basınç Dayanımı (MPa)	7,46	7,84	7,10	7,68	6,96	7,68	7,45
28 Günlük Basınç Dayanımı (MPa)	12,16	11,96	11,93	12,16	11,55	12,04	11,97



4. DEĞERLENDİRME

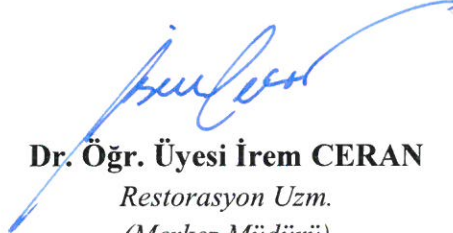
MBT Teknik Yapı Kimyasalları San. ve Tic. A.Ş. tarafından **Üretim Tarihi ve Seri Numarası Bulunmayan, MasterFill™ 222 (Albaria® Iniezione) Enjeksiyon Harcı** isimli üründe Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Vakıf Kültür Varlıklarını Koruma, Uygulama ve Araştırma Merkezi (KURAM), **Prof. Dr. Ahmet Refik Ersen Restorasyon ve Konservasyon Laboratuvarı**'nda yapılan fiziksel, kimyasal ve aletli analizler ile malzemenin içeriği ve özellikleri standartlara göre incelenmiş, sonuçlar aşağıda verilmiş ve tabloda 10'da özetlenmiştir. İnceleme konusu ürünün:

- Yığın yoğunluğunun $0,90 \text{ kg/dm}^3$, su muhtevasının %0,18 ve maksimum dane boyutunun $250 \mu\text{m}$ olduğu,
- 28. gündeki ortalama eğilme dayanımının $2,94 \text{ MPa}$ ve ortalama basınç dayanımının $11,97 \text{ MPa}$ olduğu,
- Sülfat (SO_3) içeriğinin normal sınırlar ($\leq\%2$) içerisinde kaldığı,
- XRD analizinde (Tablo 6), **Kalsit Magnezyan** (magnezyum, kalsiyum karbonat- $(\text{Mg,Ca})\text{CO}_3$), **Dolomite** (kalsiyum-magnezyum karbonat- $(\text{CaMg})(\text{CO}_3)_2$), **Portlandit** (kalsiyum hidroksit- $\text{Ca}(\text{OH})_2$) ve **Kuvars** (silisyum dioksit- SiO_2) içerdiği, bu fazların oranının sırasıyla %93,1 **Kalsit Magnezyan**, %5,2 **Dolomite**, %1,4 **Portlandit** ve %0,2 **Kuvars** olduğu tespit edilmiştir.
- Di-kalsiyum silikat 2CaO.SiO_2 (Larnit); hem hidrolik kirecin hem de portland çimentosunun üretim sürecinde oluşan bir mineraldir. Hidrolik kireçli ürünlerde tespit edilen Larnit, $900-1250 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık aralığında pişirme işlemi sırasında oluşmaktadır. Çimento üretiminde ise sıcaklık 1400°C 'nin üzerine çıktığından, bu sıcaklıkta Larnit'in bir kısmının 3CaO.SiO_2 tri-kalsiyum silikat'e (Alit'e) dönüşmesi söz konusudur. Üründe, Larnit ile birlikte Alit de bulunur ise çimentonun varlığına işaret eder, yalnızca **Larnit'in (2CaO.SiO_2 di-kalsiyum silikatın) bulunması ürünün hidrolik kireçli olduğunun göstergesidir.**
- Çimento katkısı varlığının araştırılması amacı ile üründe gerçekleştirilen deneysel çalışmadan elde edilen ve Tablo 7'de tanımlanmış fazlar ile Tablo 10'da verilen çimento fazları karşılaştırılmış, inceleme konusu üründe 3CaO.SiO_2 tri-kalsiyum silikat (**Alit**), $3\text{CaO.Al}_2\text{O}_3$ tri-kalsiyum alüminat (**Mayenit**) $4\text{CaO.Al}_2\text{O}_3.\text{Fe}_2\text{O}_3$, tetra-kalsiyum alüminoferrit (**Brownmillerit**) fazlarının bulunmadığı dolayısı ile ürünün **çimento katkısı içermediği kanaatine varılmıştır.**

Tablo 10. Çimento Katkısı Tespiti için Araştırılan Fazlar				
Bileşen Adı	Kimyasal Formülü ve Adı	Mineral Adı	Oluşum Sıcaklığı (°C)	Açıklama
Kalsiyum Silikatlar	$3\text{CaO}.\text{SiO}_2$ tri-kalsiyum silikat	Alit Hatrurit	1250-1450	Portland çimentosu mineralidir.
	$2\text{CaO}.\text{SiO}_2$ di-kalsiyum silikat	Belit Larnit (β -Belit)	900-1250	Portland çimentosu ve hidrolik kireç mineralidir.
Kalsiyum Alüminatlar	$3\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3$ tri-kalsiyum alüminat	Mayenit	1250-1450	Portland çimentosu mineralidir.
Kalsiyum Alüminoferritler	$4\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3.\text{Fe}_2\text{O}_3$ tetra-kalsiyum alüminoferrit	Brownmillerit	1250-1450	Portland çimentosu mineralidir.

5. NOTLAR

“Üretim Tarihi ve Seri Numarası Bulunmayan MasterFill™ 222 (Albaria® Iniezione) Enjeksiyon Harcı Malzeme Analiz Raporu” kapsamında yapılan analiz, tespit ve değerlendirmeler sadece bahsi geçen bu ürüne mahsustur. Onaylı rapor üzerinde yapılacak tahrifat ve değişikliklere telif hakları kanuna göre hukuki sonuçlar terettüp eder.



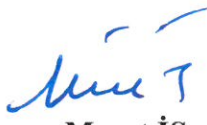
Dr. Öğr. Üyesi İrem CERAN
Restorasyon Uzm.
(Merkez Müdürü)



Dr. Öğr. Üyesi Fatih ÖZBAŞ
Kimyager



Prof. Dr. Fevziye AKÖZ
Y. Mimar / Yapı Malzemesi Uzmanı
(Danışman)



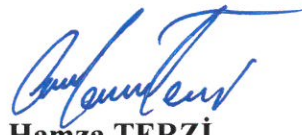
Mesut İŞ
Jeoloji Müh.



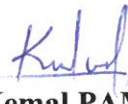
Ersin KAYGISIZ
Astronom - Y. Fizikçi



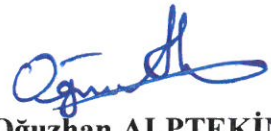
Kerem ABUHAN
Konservatör-Restoratör



Hamza TERZİ
İnşaat Müh.



Kemal PAMPAL
Restoratör



Oğuzhan ALPTEKİN
Restoratör



VAKIF KÜLTÜR VARLIKLARINI KORUMA
UYGULAMA ve ARAŞTIRMA MERKEZİ

KURAM

FSMVÜ Topkapı Yerleşkesi
Merkezefendi Mah. Mevlevihane Cad.
No:27 Zeytinburnu/İstanbul, Türkiye
T: 0212 369 81 62 – 2081

kuram.fsm.edu.tr – kuram@fsm.edu.tr



**FATİH
SULTAN
MEHMET**
VAKIF ÜNİVERSİTESİ