

**Araştırma Makalesi / Research Article**

**Keçi Kılının Lif Olarak Horasan Harcında Kullanılması**

<sup>1</sup>Nimet ŞİMŞEK, \*<sup>2</sup>İsmail KILIÇ

<sup>1</sup>Kırklareli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Kırklareli, Türkiye, [nimet.simsek@klu.edu.tr](mailto:nimet.simsek@klu.edu.tr), ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6095-2455>

<sup>2</sup>Kırklareli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kırklareli, Türkiye, [ismail.kilic@klu.edu.tr](mailto:ismail.kilic@klu.edu.tr), ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5556-512X>

Geliş / Recieved: 15.09.2021;

Kabul / Accepted: 16.11.2021

**Öz**

Bu çalışma, keçi kılının lif olarak kullanıldığı horasan harcı üzerine yapılmıştır. Horasan harcı üretiminde, doğal hidrolik kireç, standart kum, tuğla kırığı ve keçi kılı kullanılmıştır. 0-4 mm ve 0-2 mm olmak üzere iki farklı boyutta tuğla kırığının harç içerisine aynı oranda katılması ile iki grup harç üretilerek, dane boyutunun keçi kılı katkılı horasan harçları üzerindeki etkisi incelenmiştir. Ayrıca, keçi kılı harçlara %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında katılarak değişen oranların harçlar üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Harç kalıbı kullanılarak 40mm x 40mm x160mm boyutlarında prizmatik horasan harcı örnekleri üretilmiştir. Taze harçlar üzerinde yayılma deneyi, 28 ve 90 günlük prizmatik harç örnekleri üzerinde ise birim hacim ağırlık, su emme, ultrases geçiş süresi, eğilme dayanımı ve basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Deneyler sonucunda 0-2 mm tuğla kırığı ile %0,8 keçi kılı kullanımı ve 0-4 mm tuğla kırığı ile %1 keçi kılı kullanımı dayanım açısından en iyi sonuçları vermiştir.

**Anahtar kelimeler:** Hidrolik kireç, Horasan harcı, Keçi kılı, Kireç harcı, Tuğla kırığı

\*<sup>1</sup>Sorumlu yazar / Corresponding author

*Bu makaleye atıf yapmak için*

Nimet, Ş., & Kılıç, İ. (2021). Keçi Kılının Lif Olarak Horasan Harcında Kullanılması. *Journal of Innovations in Civil Engineering and Technology (JICIVILTECH)*, 3(2), 115-131.

## Using Goat Hair as Fiber in Horasan Mortar

### Abstract

This study was carried out on horasan mortar in which goat hair is used as fiber. In the production of horasan mortar, natural hydraulic lime, standard sand, brick broken and goat hair were used. Two groups of mortars were produced by adding 0-4 mm and 0-2 mm bricks in two different sizes into the mortar at the same rate, and the effect of grain size on the goat hair added horasan mortars was investigated. In addition, the effects of varying ratios on the mortars were investigated by adding goat hair to the mortars at the rates of 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8% and 1%. 40mm x 40mm x160mm prismatic horasan mortar samples were produced using a mortar mold. Spread test on fresh mortars, unit volume weight, water absorption, ultrasound transit time, bending strength and compressive strength tests were performed on prismatic mortar samples of 28 and 90 days. As a result of the experiments, the use of 0-2 mm broken brick with 0.8% goat hair and 0-4 mm broken brick with 1% goat hair gave the best results in terms of strength.

**Keywords:** *Hydraulic lime, Horasan mortar, Goat hair, Lime mortar, Broken brick*

## 1. Giriş

Günümüzde kültür varlıklarının korunması, üzerinde önemle durulan evrensel bir konudur (Ahunbay, 2009). Tarihi bir yapının kültürel varlık niteliği kazanabilmesi için özgünlüğünün bozulmamış olması gerekir. Mimari kültür varlığının özgünlüğü dikkate alınmadan, yıkılarak yeni malzeme, işçilik, tasarım ile inşa edilmesi, özgünlüğünün bozulması anlamına gelir ve o yapının korunmuş olduğundan bahsedilemez (Binan, 2016). Tarihi eserlerin restorasyonunda, horasan harcı yaygın olarak kullanılan bir harç türüdür. Bu harcın özellikleri iyi bilinmeli ve restorasyon çalışmalarında özgünlüğüne uygun olan malzemeler ile üretilmeli ve kullanılmalıdır.

Kelime olarak Horasan, İran'ın Horasan bölgesinden gelmektedir (İpekoğlu et al., 2007; Uğurlu & Böke, 2009). Horasan, kelime anlamı olarak, kırılmış tuğla ve kiremit gibi pişmiş killere denilmektedir (Topçu et al., 2005). Tuğla kırığı, kireç, su, lifler ve katkıları kullanılarak hazırlanan harca ise horasan harcı denilmektedir. Horasan harcı taşıyıcı ve bağlayıcı özelliğe sahip harç olarak kullanılmaktadır (Özkaya & Böke, 2009; Prince et al., 2001; Mavioğlu, 2011). Kireç içeren harçlar, bağlayıcı olarak çimentonun bulunmasına kadar geçen sürede, yapılarda yaygın olarak kullanılan malzemeler olmuşlardır (Böke et al., 2004; Dariz et al., 2017; Seabra et al., 2009). Bu harçlar, sarnıç ve hamam, su kemerleri gibi inşaatlarda kullanılmıştır (Güleç & Tulun, 1997; Böke & Akkurt,

2003; Stefanidou et al., 2014; Nezerka et al., 2015).

Horasan harç karışımlarında, bağlayıcı/agrega oranı 1/1 ile 1/4 arasında değişmektedir. Genellikle 1/2 ile 1/3 arasında oranlar önerilmektedir (Matias et al., 2014; Tosun et al., 2015; Özgen, 2002; Gürdal et al., 2012). Tuğla kırığı, horasan harcının mekanik dayanımını artırmaktadır. Horasan harcının karışımında kullanılan agrega miktarı ve boyutu, harçların kullanım amaçlarına göre değişkenlik göstermektedir. Harcın içerisindeki iri boyutlu agregalar mekanik dayanımı artırdıkları için örgü harçlarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Altaş et al., 2012). Horasan harcı içerisindeki pişmiş kil tozlarında bulunan silikatlar, kirecin su ile reaksiyonu sonucunda oluşan kalsiyum hidroksit ile reaksiyona girerek harca dayanım kazandıran, suda çözünmeyen kalsiyum silikat hidrat jellerini oluşturmaktadır (Canbaz & Güler, 2017; Cinemre, 2019).

Tuğla agregaları, bünyesindeki killerin pişirilme derecelerine göre puzolanik özellik kazanmaktadır. Killer 600-900°C arasında pişirilme ile puzolanik amorf yapı oluştururlar (Mavioğlu, 2011). Horasan, kireç ile yaptığı reaksiyon sonucunda suda çözünmeyen kalsiyum silikat tuzu oluşmakta, bu reaksiyon puzolanik aktivite olarak adlandırılmaktadır. Ortamın nemli olması bu reaksiyonu hızlandırmaktadır (Çizer et al., 2004; Alhan Şimşek, 2018).

Tarihi yapıların sağlamlaştırılması ve güçlendirilmesi için kireç esaslı harçlar

uygulanmaktadır (Özgünler et al., 2010). Bu harçlar yapının bulunduğu çevre şartları ve dönemin özelliklerine bağlı olarak farklı kompozisyonlarda üretilmektedir (Uğurlu & Böke, 2009). Eski dönemlerde, kireç harçlarının kalitesini arttırmak amacıyla harç üretimi aşamasında organik veya inorganik katkı maddeleri harca ilave edilmiştir (Uğur & Güleç, 2016). Ayrıca, rötreyi önlemek amacıyla harç karışımına saman katılmıştır (Şişik, 2017). Restorasyon harçlarının yapısında saman, bitki lifleri, hayvan kılları gibi katkı maddelerinin bulunduğu bilinmektedir (Gündüz & Kalkan, 2018). Hayvansal ve bitkisel katkıları harçların fiziksel ve mekanik özelliklerini geliştirmek amacıyla kullanılmaktadır (Kılıç, 2021). Lifler, bir boyutu diğer boyutuna göre çok büyük ve dayanımları yüksek malzemelerdir. Doğal ve yapay yollarla üretilmektedir. Lifler, elastisite modülleri yüksek malzemelerdir (Kavasoglu, 2019). Lifler, harç ve sıvalarda mekanik özellikleri iyileştirmekte, genleşmeyi önlemekte, sıva uygulamaları esnasında dökülmeleri azaltmaktadır (Gürdal & Acun, 2004; Erdoğan et al., 2017).

Keçi kılları, üzerlerinde %16-18 nem taşır ve ortalama çapları 18-25 µm arasındadır (Yarbaşı, 2020). Keçi kıllarında uzunluk 40 ile 120 mm arasında ve gerilme mukavemeti ise 90 ila 120 MPa arasında değişmektedir. Keçi kılları çevre dostu, aşınmaya dayanıklı, yumuşak, elastik ve bol miktarda bulunabilen lif çeşididir (Jayaseelan et al., 2017).

Bu çalışmada, 0-4 mm ve 0-2 mm olmak üzere iki farklı boyutta tuğla kırığının agrega olarak kullanılması ile horasan harçları üretilmiştir. Horasan harçlarının üretiminde, keçi kılı kireç ağırlığının %0,2-0,4-0,6-0,8-1 oranlarında ilave olarak harca katılarak kullanılmıştır. Lif olarak kullanılan keçi kılının, horasan harcının fiziksel ve mekanik özelliklerine ne gibi etkilerinin olduğu belirlenmiştir.

Restorasyon çalışmalarında, tarihi eserlerde mevcut olan malzemeye uyumlu, özgün malzemelerin kullanılması gerekmektedir. Yapılan literatür taramalarında, bazı horasan harçlarında keçi kılının kullanılmış olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, restorasyon çalışmalarında, özgün malzemelerin kullanılmasına katkıda bulunmak amacıyla bu araştırmada lif olarak keçi kılı tercih edilmiştir.

## 2. Materyal ve Yöntem

Horasan harcı üretiminde, 0-2mm ve 0-4mm aralıklarında tuğla kırığı, hidrolik kireç, standart kum, şebeke suyu ve keçi kılı kullanılmıştır. Limak Trakya Çimento Fabrikasından standart kum temin edilmiştir. Harman tuğlası adı verilen tuğlaların çeneli kırıcıda kırılması sonucu 0-4mm aralığındaki tuğla kırıkları elde edilmiştir (Şekil 1).

0-4mm tuğla kırığının gevşek birim hacim ağırlığı 1,19g/cm<sup>3</sup>, özgül ağırlığı 2,89 olarak belirlenmiştir. 0-2mm tuğla kırığının gevşek birim hacim ağırlığı 1,29g/cm<sup>3</sup>, özgül ağırlığı 2,91 olarak belirlenmiştir. Tuğla kırıklarının elek analizi sonuçları Tablo 1’de verilmiştir.



**Şekil 1.** Tuğlanın çeneli kırıcıda 0-4mm boyuta getirilme aşaması

Bağlayıcı olarak, Teknorep 550 doğal hidrolik kireç kullanılmıştır.

karışım oranı ise 1/4 kum ve 3/4 tuğla kırığı olacak şekilde belirlenmiştir.

Horasan harcı üretiminde, ağırlıkça karışım oranları 1, 1 ve 3 olarak sırasıyla su, kireç ve agrega (kum + tuğla kırığı) için belirlenmiştir. Kum ile tuğla kırığının kendi içerisindeki ağırlıkça

Horasan harcı karışımlarında katkı olarak kullanılan keçi kılı, kireç ağırlığının yüzdesi miktarında ilave olarak eklenmiştir.

**Tablo 1.** 0-2mm ve 0-4mm tuğla kırıklarının elek analizi verileri

Elek No (mm)	Elekten Geçen (%)	
	0-2 mm	0-4 mm
4	100	100
2	100	53,35
1	70,51	34,12
0,5	48,07	22,66
0,25	17,25	8,53
0,125	0,48	0,18
0,075	0,01	0,02

Doğal bir lif olan keçi kılı Kırklareli ilinde yetişen keçilerden elde edilmiştir. Keçi kılıları, 19 mm uzunluğunda olacak şekilde kesilmiştir (Şekil 2). Kireç

ağırlığının %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında horasan harcı içerisine ilave olarak katılarak kullanılmıştır.



**Şekil 2.** 19mm uzunluğunda kesilmiş, lif olarak kullanılan keçi kılları

Hazırlanan harçlar iki farklı parametreye göre değerlendirilmiştir. İlk olarak harçlarda tuğla kırığı dane boyutları farklı olarak iki grup harç oluşturulmuştur. Bir grupta 0-2 mm tuğla kırığı kullanılmış (M1), diğer grupta ise 0-4 mm tuğla kırığı kullanılmıştır (M2). Her iki grupta da keçi kılı kireç ağırlığının %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında olmak üzere beş farklı oranda lif olarak kullanılmıştır. 0-2mm tuğla kırığı kullanılan horasan harçlarında şahit

numune için M10, 0-4mm tuğla kırığı kullanılan harçlarda şahit numune için M20 kodu kullanılmıştır. Keçi kılı kullanılan harçların koduna KK eklenmiştir. Keçi kılının karışımda kireç ağırlığının %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında kullanılması durumunda ise karışım kodlarına sırasıyla 1,2,3,4 ve 5 rakamları eklenmiştir. Üretilen horasan harcı örneklerinin kodları, ağırlıkça karışım oranları ve miktarları Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 2.** Horasan harcı örneklerinin ağırlıkça karışım oranları ve miktarları

Karışım Kodu	Keçi Kılı (%)	Ağırlıkça Karışım Oranları					Ağırlıkça Karışım Miktarları (g)					
		Su	Kireç	Kum+ T.Kırığı		Keçi Kılı	Su	Kireç	Kum	Tuğla Kırığı		
				0-2	0-4					0-2	0-4	
M10	0	1	1	3	-	0	400	400	300	900	-	
M11KK	0,2	1	1	3	-	0,8	400	400	300	900	-	
M12KK	0,4	1	1	3	-	1,6	400	400	300	900	-	
M13KK	0,6	1	1	3	-	2,4	400	400	300	900	-	
M14KK	0,8	1	1	3	-	3,2	400	400	300	900	-	
M15KK	1,0	1	1	3	-	4,0	400	400	300	900	-	
M20	0	1	1	-	3	0	400	400	300	-	900	
M21KK	0,2	1	1	-	3	0,8	400	400	300	-	900	
M22KK	0,4	1	1	-	3	1,6	400	400	300	-	900	
M23KK	0,6	1	1	-	3	2,4	400	400	300	-	900	
M24KK	0,8	1	1	-	3	3,2	400	400	300	-	900	
M25KK	1,0	1	1	-	3	4,0	400	400	300	-	900	

Üretim aşamasında, her bir horasan harcı örneği, harç mikseri ile mekanik olarak karıştırılmıştır. Hazırlanan taze harçların, yayılma tablası üzerinde yayılma değerleri ölçülmüştür. Yayılma deneyinin ardından, taze harç karışımı sarsma tablasına yerleştirdiğimiz 40x40x160 mm boyutunda, prizmatik, önceden yağlanmış üçlü kalıba doldurulmuştur. Sarsma tablasına 25 kez düşüş yaptırılarak harcın kalıba yerleşmesi sağlanmıştır. Bir mala yardımıyla üst yüzeyi düzeltilmiş ve prizini alması için 2 gün laboratuvar ortamında bekletildikten sonra dikkatli bir şekilde kalıptan çıkartılmıştır. 28 ve 90 günlük yaşa gelinceye kadar harç örnekleri laboratuvar koşullarında bekletilmiştir. Çalışmada, 12 farklı horasan harcı karışımından, 28 ve 90 günlük deneylerde kullanılmak üzere toplam 72 adet prizmatik harç örneği üretilmiştir. Her bir horasan harcı karışımına ait örnekler üzerinde yapılan deney sonuçlarının aritmetik ortalaması

alınmıştır. Deneysel verilerde bu ortalamalar kullanılmıştır.

Harç örneklerinin kıvam deneyi, yayılma tablası ile TS EN 1015-3 standardına göre, eğilme ve basınç dayanım testleri TS EN 1015-11 standardına göre ve ultrases geçiş süresi ise ASTM C597-16 standardına uygun olarak yapılmıştır. Ultrases geçiş süresi ölçümünde Pundit PL200 marka ultrasonik test cihazı kullanılmıştır. Çalışmada, ultrases geçiş hızı (km/s) yerine ultrases geçiş süresi ( $\mu$ s) dikkate alınmıştır. Bunun nedeni, horasan harç örnekleri üzerinde tespit edilen değerler arasındaki farklılığın, grafikte daha belirgin bir şekilde görülmesinin amaçlanması olmuştur.

### 3. Bulgular ve Tartışma

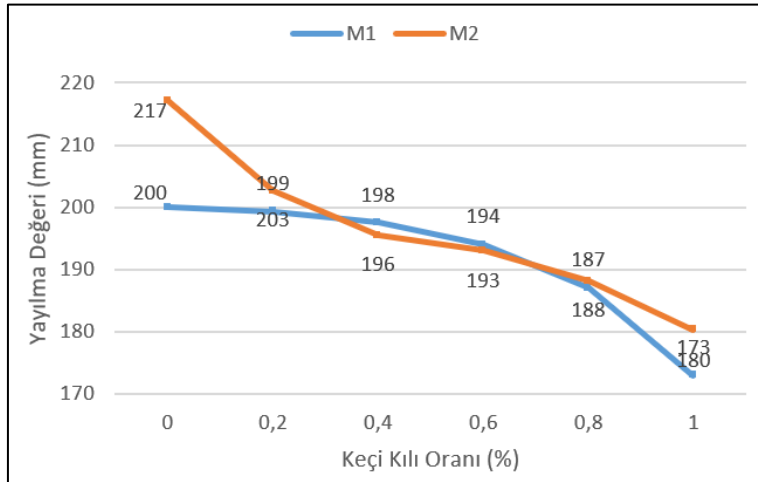
Keçi kılı katkılı horasan harç örneklerinin deney sonuçları, şahit numuneler ile birlikte Tablo 3'de ve grafik olarak ise Şekil 3-8'de verilmiştir.

**Tablo 3.** Keçi kılı katkılı horasan harç örneklerinin deney sonuçları

Karışım Kodu	Keçi Kılı Oranı (%)	Yayılma (mm)	Birim Hacim Ağırlık ( $gr/cm^3$ )	Su Emme (%)	Ultrases Geçiş Süresi ( $\mu$ s)	Eğilme Dayanımı (MPa)		Basınç Dayanımı (MPa)	
						28 Gün	90 Gün	28 Gün	90 Gün
						M10	0	200	1,70
M11KK	0,2	199	1,71	20,50	81,87	2,66	1,42	4,78	4,33
M12KK	0,4	198	1,70	20,75	82,20	2,87	1,47	4,90	4,36
M13KK	0,6	194	1,69	20,89	83,05	2,90	1,51	5,09	4,49
M14KK	0,8	187	1,69	20,94	83,15	2,93	1,61	5,20	4,50
M15KK	1	173	1,68	20,98	84,10	2,81	1,50	4,58	4,21
M20	0	217	1,66	20,56	84,30	2,47	1,79	6,16	4,01
M21KK	0,2	203	1,70	20,61	78,37	2,71	1,91	4,81	5,10
M22KK	0,4	196	1,69	20,81	78,73	2,99	1,98	4,81	5,11
M23KK	0,6	193	1,68	21,14	79,57	3,19	2,05	4,92	5,15
M24KK	0,8	188	1,67	21,24	79,65	3,34	2,11	4,94	5,21
M25KK	1	180	1,67	21,46	80,23	3,36	2,13	4,98	5,32

0-2 mm tuğla kırığının kullanıldığı M1 grubu horasan harçlarında, keçi kılının %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında lif olarak kullanılması ile horasan harçlarında yayılma değerleri sırasıyla 199, 198, 194, 187 ve 173 mm bulunmuştur. M1 grubu katkısız üretilen şahit numuneye ait yayılma değeri ise 200 mm olarak belirlenmiştir. 0-4 mm tuğla kırığının kullanıldığı M2 grubu horasan harçlarında, keçi kılının %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında kullanılması ile horasan harçlarında yayılma değerleri sırasıyla 203, 196, 193, 188, 180 mm olarak belirlenmiştir. M2 grubu katkısız üretilen şahit numuneye ait yayılma değeri ise 217 mm olarak tespit edilmiştir.

Şekil 3 incelendiğinde, lif olarak keçi kılı kullanılan harç numunelerinde katkı oranı arttıkça yayılma değerleri azalmıştır. M1 grubu harçlarda en yüksek yayılma değeri %0,2 katkı oranı ile 199 mm ve en düşük yayılma değeri ise %1 katkı oranı ile 173 mm ölçülmüştür. Şahit numuneye (M10) göre yayılma değerlerinde %13,5'e varan oranda bir azalma meydana gelmiştir. M2 grubu harçlarda en yüksek yayılma değeri %0,2 katkı oranı ile 203 mm ve en düşük yayılma değeri ise %1 katkı oranı ile 180 mm olarak belirlenmiştir. Şahit numuneye (M20) göre yayılma değerlerinde %17,05'e varan oranlarda azalma olmuştur.



Şekil 3. Keçi kılı katkılı M1 ve M2 grubu horasan harçlarının yayılma değerleri grafiği

0-2 mm tuğla kırığının kullanıldığı M1 grubu horasan harçlarında, keçi kılının %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında lif olarak kullanılması ile horasan harçlarının birim hacim ağırlık değerleri sırasıyla 1,71; 1,70; 1,69; 1,69; 1,68 g/cm<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. M1

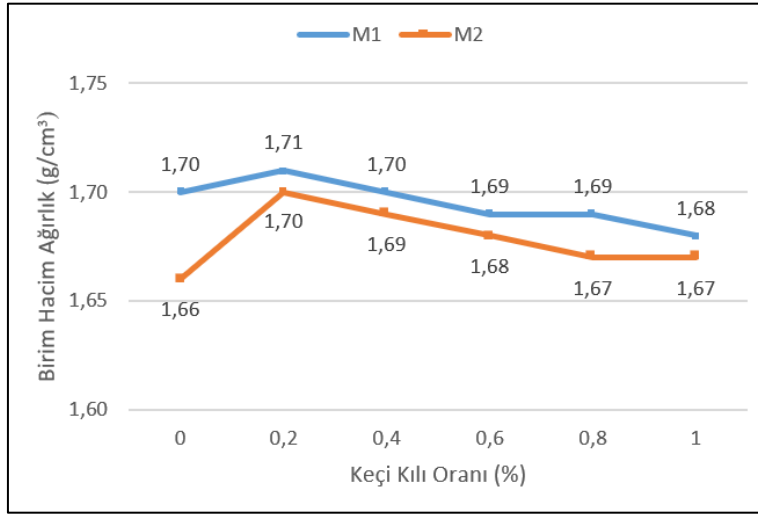
grubu katkısız üretilen şahit numuneye ait birim hacim ağırlık değeri ise 1,70 g/cm<sup>3</sup> belirlenmiştir. 0-4 mm tuğla kırığının kullanıldığı M2 grubu horasan harçlarında, keçi kılının %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında kullanılması ile horasan harçlarında



birim hacim ağırlık değerleri sırasıyla 1,70; 1,69; 1,68; 1,67; 1,67 g/cm<sup>3</sup> olarak elde edilmiştir. M2 grubu katkısız üretilen şahit numuneye ait birim hacim ağırlık değeri ise 1,66 g/cm<sup>3</sup> belirlenmiştir.

Horasan harcı karışımında keçi kılı oranının artmasıyla birlikte birim hacim ağırlık değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Şahit numuneler ile kıyaslandığında, 0-2mm tuğla kırığı kullanılan M1 grubu harç örneklerinde keçi kılı sadece %0,2 kullanıldığında

değer artışı görülmüş, %0,4 kullanıldığında değer sabit kalmış, %0,6, %0,8 ve %1 kullanıldığında ise değerlerde şahit numuneye oranla düşüş gözlemlenmiştir. 0-4mm tuğla kırığı kullanılan M2 grubu harç örneklerinde ise keçi kılı kullanımının birim hacim ağırlık değerlerini arttırdığı Şekil 4'te görülmektedir. %0,2 oranında, M1 ve M2 grubu harçlarda kullanıldığı zaman en yüksek birim hacim ağırlık değerlerine 1,71 ve 1,70 g/cm<sup>3</sup> olarak ulaşıldığı belirlenmiştir.



Şekil 4. Keçi kılı katkıli M1 ve M2 grubu harçların birim hacim ağırlık grafiği

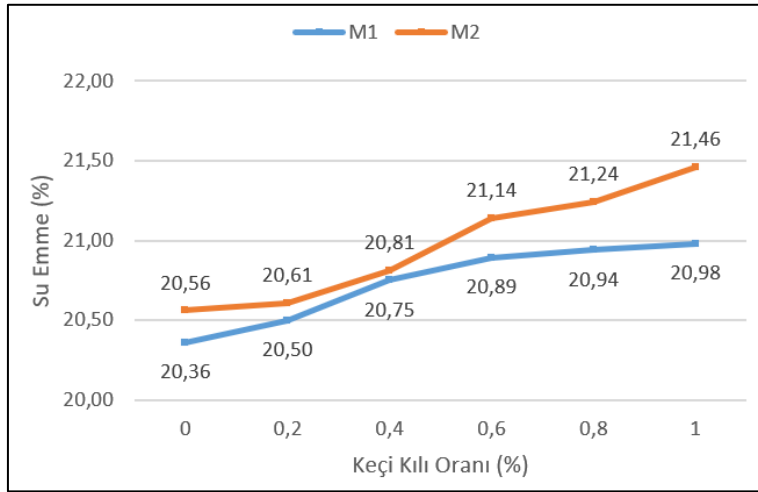
0-2 mm tuğla kırığının kullanıldığı M1 grubu horasan harçlarında, keçi kılının %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında lif olarak kullanılması ile horasan harçlarının birim hacim ağırlık değerleri sırasıyla 1,71; 1,70; 1,69; 1,69; 1,68 g/cm<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. M1 grubu katkısız üretilen şahit numuneye ait birim hacim ağırlık değeri ise 1,70 g/cm<sup>3</sup> belirlenmiştir. 0-4 mm tuğla kırığının kullanıldığı M2 grubu horasan harçlarında, keçi kılının %0,2, %0,4,

%0,6, %0,8 ve %1 oranlarında kullanılması ile horasan harçlarında birim hacim ağırlık değerleri sırasıyla 1,70; 1,69; 1,68; 1,67; 1,67 g/cm<sup>3</sup> olarak elde edilmiştir. M2 grubu katkısız üretilen şahit numuneye ait birim hacim ağırlık değeri ise 1,66 g/cm<sup>3</sup> belirlenmiştir.

Horasan harcı karışımında keçi kılı oranının artmasıyla birlikte birim hacim ağırlık değerlerinde azalma meydana

gelmiştir. Şahit numuneler ile kıyaslandığında, 0-2mm tuğla kırığı kullanılan M1 grubu harç örneklerinde keçi kılı sadece %0,2 kullanıldığında değer artışı görülmüş, %0,4 kullanıldığında değer sabit kalmış, %0,6, %0,8 ve %1 kullanıldığında ise değerlerde şahit numuneye oranla düşüş gözlemlenmiştir. 0-4mm tuğla

kırığı kullanılan M2 grubu harç örneklerinde ise keçi kılı kullanımının birim hacim ağırlık değerlerini arttırdığı Şekil 4'te görülmektedir. %0,2 oranında, M1 ve M2 grubu harçlarda kullanıldığı zaman en yüksek birim hacim ağırlık değerlerine 1,71 ve 1,70 g/cm<sup>3</sup> olarak ulaştığı belirlenmiştir.



Şekil 5. Keçi kılı katkılı M1 ve M2 grubu horasan harçlarının su emme grafiği

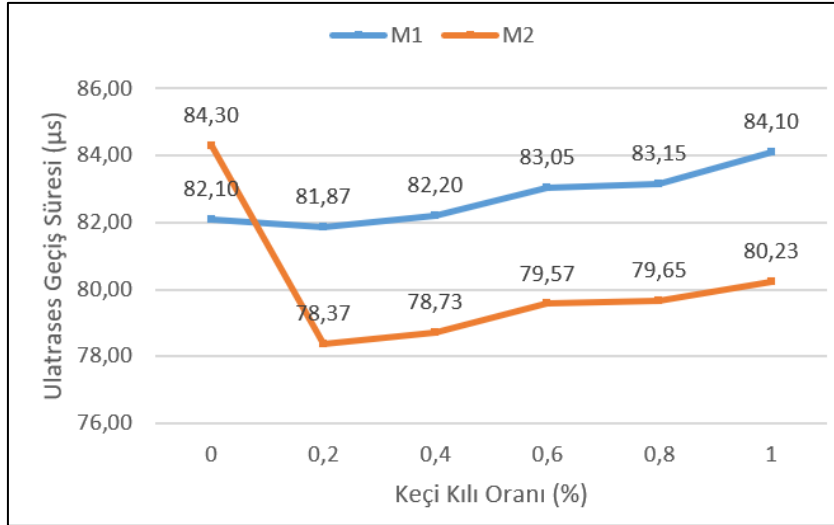
0-2 mm tuğla kırığının kullanıldığı M1 grubu horasan harçlarında, keçi kılının %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında lif olarak kullanılması ile horasan harçlarının su emme değerleri sırasıyla %20,50; 20,75; 20,89; 20,94; 20,98 olarak tespit edilmiştir. M1 grubu katkısız üretilen şahit numuneye ait su emme değeri ise %20,36 bulunmuştur. 0-4 mm tuğla kırığının kullanıldığı M2 grubu horasan harçlarında, keçi kılının %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında kullanılması ile horasan harçlarında su emme değerleri sırasıyla %20,61; 20,81; 21,14; 21,24; 21,46 olarak belirlenmiştir. M2 grubu katkısız

üretilen şahit numuneye ait birim hacim ağırlık değeri ise %20,56 bulunmuştur.

Şekil 5 incelendiğinde, keçi kılı katkılı M1 ve M2 grubu harç numunelerinde, katkı oranı arttıkça su emme değerleri de artmıştır. M2 grubu harçlarda M1 grubu harçlara oranla su emme yüzdeleri daha yüksek çıkmıştır. Karışımında, tuğla kırığı boyutunun artması, harçların su emme yüzdelerini artırmıştır. M1 grubu harçlarda en yüksek su emme değeri, %1 katkı oranı bulunan harç örneğinde %20,98 olarak bulunmuştur. Şahit numuneye (M10) oranla, su emme değerinde %3,05'lik bir artış olmuştur. M2 grubu harçlarda en

yüksek su emme değeri %1 katkı oranı bulunan harç örneğinde %21,46 olarak belirlenmiştir. Su emme yüzdesinde,

şahit numuneye (M20) oranla %4,38'lik bir artış meydana gelmiştir.



Şekil 6. M1 ve M2 grubu horasan harçlarının ultrases geçiş süresi grafiği

Horasan harçlarında keçi kılının %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında lif olarak kullanılması ile ultrases geçiş süreleri, M1 grubu harçlarda 81,87; 82,20; 83,05; 83,15; 84,10 µs ve M2 grubu harçlarda ise 78,37; 78,73; 79,57; 79,65; 80,23 µs olarak ölçülmüştür. Şahit numunelerde ise M10 harç örneği 82,10 µs ve M20 harç örneği ise 84,30 µs olarak belirlenmiştir.

M1 grubu harç örnekleri incelendiğinde, %0,2 katkı kullanılan harç örneği hariç diğer harç örneklerinin ultrases geçiş sürelerinde şahit numuneye M10 göre artış olduğu Şekil 6'da görülmektedir. M2 grubu incelendiğinde ise şahit numuneye M20 göre katkı kullanılan harç örneklerinin tamamının ultrases geçiş sürelerinde azalma olduğu belirlenmiştir. Ultrases geçiş süresi, keçi kılının ince taneli tuğla

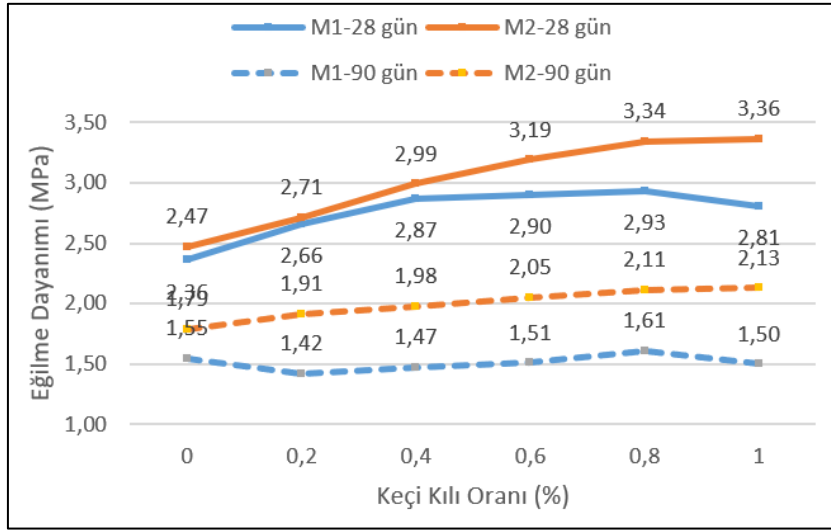
kırığı ile kullanılması ile artarken, iri taneli tuğla kırığı ile kullanılması ile azalmıştır. M1 ve M2 grubu birlikte değerlendirildiğinde, katkı kullanılan harç örneklerinde katkı oranının artmasına paralel olarak ultrases geçiş sürelerinde de artış olduğu görülmüştür.

Değerlendirmelerde ultrases geçiş süresi (µs) ile ultrases geçiş hızı (km/s) karıştırılmamalıdır. Malzemenin boşluk oranı azaldıkça, ultrases geçiş hızı artarken, ultrases geçiş süresi azalmaktadır. Bu iki değer birbiriyle karıştırıldığında sonuçları yanlış yorumlamak mümkündür.

0-4mm tuğla kırığı kullanılan M2 grubu harçlarda keçi kılı kullanılmasıyla birlikte ultrases geçiş süresi değerinde aniden bir düşüş görülmüştür. M2

grubu karışımlar daha boşluklu yapıda ve daha iri tuğla kırığı kullanılan karışımlardır. Bu boşluklu yapı ve agrega gradasyonu, keçi kılının karışımında kendisine yer bulmasını sağlayacak ortamlar oluşturmuştur. M2

grubunda ki bu keçi kılı ile agrega gradasyon uyumu, daha boşluksuz bir yapının meydana gelmesini sağlayarak, ultrases geçiş sürelerinin düşmesine neden olmuştur.



Şekil 7. Keçi kılı katkıli M1 ve M2 grubu horasan harçlarının eğilme dayanımı grafiği

M1 grubu %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında keçi kılı katkıli horasan harçlarında 28 günlük eğilme dayanımları sırasıyla 2,66; 2,87; 2,90; 2,93; 2,81 MPa bulunmuştur. 90 günlük eğilme dayanımları ise sırasıyla 1,42; 1,47; 1,51; 1,61; 1,50 MPa olarak belirlenmiştir. Şahit numuneye (M10) ait 28 günlük eğilme dayanımı değeri 2,36 MPa, 90 günlük değeri ise 1,55 MPa olarak tespit edilmiştir.

M2 grubu %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında keçi kılı katkıli horasan harçlarında 28 günlük eğilme dayanımları sırasıyla 2,71; 2,99; 3,19; 3,34; 3,36 MPa belirlenmiştir. 90 günlük eğilme dayanımları ise sırasıyla 1,91;

1,98; 2,05; 2,11; 2,13 MPa olarak tespit edilmiştir. Şahit numuneye (M20) ait 28 günlük eğilme dayanımı değeri 2,47 MPa, 90 günlük değeri ise 1,79 MPa olarak belirlenmiştir.

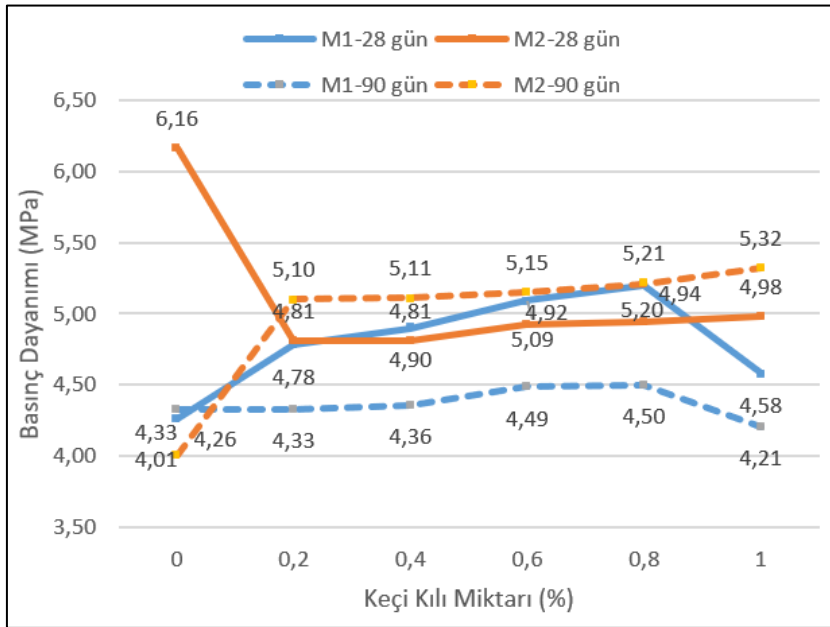
Şekil 7 incelendiğinde, keçi kılının lif olarak kullanılması ile M1 ve M2 grubu harçların 28 günlük eğilme dayanımı değerlerinde artış olduğu görülmektedir. 90 günlük değerlerde ise M2 grubunun dayanım değerlerinde artış olurken, M1 grubunda azalma meydana gelmiştir. M1 grubunda sadece %0,8 keçi kılı kullanılan harç örneği 1,61 MPa ile şahit numuneden yüksek dayanım göstermiştir.

Karışımlarda, iri taneli (0-4mm) tuğla kırığı kullanılan harç örnekleri, ince taneli (0-2mm) tuğla kırığı kullanılan örneklerden daha yüksek eğilme dayanımı değerleri göstermiştir. En yüksek dayanım değerleri 28 günlük örneklerde, M1 grubunda %0,8 katkı kullanımı ile 2,93 MPa, M2 grubunda %1 katkı kullanımı ile 3,36 MPa olarak tespit edilmiştir. 90 günlük örneklerde ise M1 grubunda %0,8 katkı kullanımı ile 1,61 MPa, M2 grubunda %1 katkı kullanımı ile 2,13 MPa olarak belirlenmiştir. Horasan harcı örnekleri yaşlandıkça dayanım değerlerinde de azalma meydana gelmiştir.

Bağlayıcı olarak hidrolik kireç kullanılması, kür koşulları nedeniyle harç örneklerinin nemini hızlı bir şekilde kaybederek kuruması ve

gevrekleşmesi, harç örneklerinin daha kırılğan bir özellik kazanmasına neden olmuştur. Bu sebeple, 90 günlük gibi ilerleyen yaşlarda daha yüksek dayanım göstermesi beklenen, horasan harcı örneklerinin dayanımlarında azalma görülmüştür. Kür koşulları değişikliğinde ilerleyen yaşlarda dayanım artışı olacağı düşünülmektedir.

M1 grubunun birim hacim ağırlık değerleri M2 grubuna göre daha yüksek, su emme oranları ise daha düşüktür. M1 grubu, daha boşluksuz bir yapıdadır ve karışımında daha fazla ince malzeme bulunmaktadır. M1 grubunda, tuğla tozu gibi ince malzeme miktarının fazlalığı, bağlayıcı ihtiyacını artırarak dayanımın düşmesine sebep olmuştur.



Şekil 8. Keçi kılı katkılı M1 ve M2 grubu horasan harçlarının basınç dayanımı grafiği

M1 grubu %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında keçi kılı katkılı horasan harçlarında 28 günlük basınç dayanımları sırasıyla 4,78; 4,90; 5,09; 5,20; 4,58 MPa bulunmuştur. 90 günlük basınç dayanımları ise sırasıyla 4,33; 4,36; 4,49; 4,50; 4,21 MPa olarak elde edilmiştir. Şahit numuneye (M10) ait 28 günlük basınç dayanımı değeri 4,26 MPa, 90 günlük değeri ise 4,33 MPa olarak tespit edilmiştir.

M2 grubu %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında keçi kılı katkılı horasan harçlarında 28 günlük basınç dayanımları sırasıyla 4,81; 4,81; 4,92; 4,94; 4,98 MPa belirlenmiştir. 90 günlük basınç dayanımları ise sırasıyla 5,10; 5,11; 5,15; 5,21; 5,32 MPa olarak tespit edilmiştir. Şahit numuneye (M20) ait 28 günlük basınç dayanımı değeri 2,47 MPa, 90 günlük değeri ise 1,79 MPa olarak belirlenmiştir.

Şekil 8 incelendiğinde, keçi kılının lif olarak kullanılması ile M1 grubu harçların 28 günlük basınç dayanımı değerlerinde artış olurken, M2 grubu harçların dayanımlarında azalma meydana gelmiştir. 90 günlük değerlerde ise M1 ve M2 grubunun dayanım değerlerinde artış olurken, sadece M1 grubunda %1 keçi kılı kullanılan harç örneği 4,21 MPa ile şahit numuneden düşük dayanım göstermiştir.

Horasan harcı örneklerinin yaşları ilerledikçe, iri taneli (0-4mm) tuğla kırığı kullanılan M2 grubu harç örneklerinin basınç dayanımları artarken, ince taneli (0-2mm) tuğla kırığı kullanılan M1 grubu harç

örneklerinin basınç dayanımı değerleri azalmıştır. En yüksek dayanım değerleri 28 günlük örneklerde, M1 grubunda %0,8 katkı kullanımı ile 5,20 MPa, M2 grubunda %1 katkı kullanımı ile 4,98 MPa olarak tespit edilmiştir. 90 günlük örneklerde ise M1 grubunda %0,8 katkı kullanımı ile 4,50 MPa, M2 grubunda %1 katkı kullanımı ile 5,32 MPa olarak belirlenmiştir. En iyi dayanım değerleri M1 grubunda %0,8 oranında keçi kılı kullanılması ile M2 grubunda ise %1 oranında kullanılması ile elde edilmiştir.

Dayanım açısından liflerin etkisini genelleyecek olursak, eğilme dayanımına olumlu yönde etki ettikleri bilinmektedir. Bu çalışmada da sonuçlar o yönde olmuştur. Harç örneklerinin 90 günlük dayanım değerlerinde genelde bir azalma görülürken, Şekil 8'de M2 grubu örneklerde artış meydana gelmiştir. Bu durum, M2 grubu örneklerin su emme miktarlarının fazla olması ve bünyelerinde ki suyun keçi kılı tarafından daha uzun süre tutulması, küre koşullarını hidrolik kireç açısından daha uygun hale getirmesi ile açıklanabilir.

#### 4. Sonuçlar

Keçi kılının lif olarak horasan harcında kullanılması üzerine yapılan çalışmadan aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Üretilen harçların yayılma değerleri 173-217 mm arasında ölçülmüştür. Keçi kılı katılması sonucu harçların yayılma değerleri azalmıştır. Yayılma değerlerinde, %1 katkı oranı ile M1

grubu harçlarda %13,5, aynı katkı oranı ile M2 grubu harçlarda ise %17,05 azalma tespit edilmiştir.

Birim hacim ağırlık değerleri 1,66-1,70 g/cm<sup>3</sup> arasında belirlenmiştir. Karışımlarda keçi kılı oranının artmasına paralel olarak harçların birim hacim ağırlık değerleri azalmıştır. Şahit numune ile kıyaslandığında, 0-4 mm tuğla kırığı kullanılan M2 grubu harç örneklerinde keçi kılı kullanımı birim hacim ağırlık değerlerini arttırmıştır.

Su emme değerleri %20,36-21,46 arasında bulunmuş ve karışımdaki keçi kılı oranı arttıkça harçların su emme değerlerinin arttığı tespit edilmiştir.

Ultras es geçiş süresi, keçi kılının ince taneli tuğla kırığı ile kullanılması ile artarken, iri taneli tuğla kırığı ile kullanılması ile azalmıştır. 0-2 mm ve 0-4 mm tuğla kırığı kullanılan horasan harç örneklerinde, katkı oranının artmasına paralel olarak ultras es geçiş sürelerinde de artış olmuştur.

M2 grubu 0-4 mm tuğla kırığı kullanılan harçların eğilme dayanımları, M1 grubu 0-2 mm tuğla kırığı kullanılan harçların eğilme dayanımlarından daha yüksek değerler almıştır. Tuğla kırığı tane boyutunun artması ile eğilme dayanımı artmıştır. M1 grubu harçlarda keçi kılı katkısı %0,8 ve M2 grubu harçlarda ise keçi kılı katkısı %1 oranlarında en yüksek eğilme dayanımı değerlerini vermişlerdir. Şahit numuneye göre eğilme dayanımında en yüksek artış %36,03 ile M2 grubunda, 28 günlük %1

oranında keçi kılı katkılı harç örneğinde 3,36 MPa olarak tespit edilmiştir.

Basınç dayanım değerleri 4,01-6,16 MPa arasında belirlenmiştir. M2 grubu 0-4 mm tuğla kırığı kullanılan harçların basınç dayanımları ilerleyen yaşlarda daha yüksek değerler almıştır. M1 grubu harçlarda keçi kılı katkısı %0,8 ve M2 grubu harçlarda ise keçi kılı katkısı %1 oranlarında en yüksek basınç dayanımı değerlerini vermişlerdir. Şahit numuneye göre basınç dayanımında en yüksek artış %32,67 ile M2 grubunda, 90 günlük %1 oranında keçi kılı katkılı harç örneğinde 5,32 MPa olarak tespit edilmiştir.

Horasan harcı üretiminde, dayanımı olumlu etkilemesi açısından, lif olarak keçi kılı kullanılması durumunda, 0-2 mm tuğla kırığı kullanılacak olan karışımlarda kireç ağırlığının %0,8 oranında, 0-4 mm tuğla kırığı kullanılacak olan karışımlarda ise %1 oranında kullanılması önerilmektedir. Liflerde, boy/çap oranındaki değişikliğin, harcın özelliklerini etkileyeceği göz önünde bulundurulmalıdır.

## 5. Kaynaklar

- Ahunbay, A. (2009). Tarihi çevre koruma ve restorasyon. *YEM Yayın-28. İstanbul.*
- Alhan Şimşek, E. T. (2018). *Tarihi yapılarda tuğla duvarların çelik hasır ve tekstil donatılı horasan harcı ile güçlendirilmesinin deneysel olarak incelenmesi.* Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Altaş, G.K., Özgünler, S.A., Güldal, E. (2012). İstanbul'daki Roma dönemi saray

- yapılarındaki horasan harçlarının incelenmesi. Vakıf Restorasyon Yıllığı, 4. American Society for Testing and Materials. (2016). ASTM C597-16: Standard test method for pulse velocity through concrete, *ASTM International, West Conshohocken, PA*.
- Binan, C. (2016). Türkiye mimari mirası koruma bildirgesi ve koruma-restorasyon uygulamalarında ilkelerin önemi üzerine bir değerlendirme. *Kültür Varlıklarında Koruma Türkiye ve İtalya'dan Restorasyon Uygulamaları Sempozyumu*. 106-121. Ankara, Türkiye.
- Böke, H., Akkurt, S. (2003). Ettringite formation in historic bath brick-lime plasters. *Cement and Concrete Research*, 33(9), 1457-1464. Doi:10.1016/S0008-8846(03)00094-2.
- Böke, H., Akkurt, S., İpekoğlu, B. (2004). Tarihi yapılarda kullanılan horasan harcı ve sıvalarının özellikleri. *Yapı Dergisi*, 269, 90-95.
- Canbaz, M., Güler E. (2017). Kireç türünün horasan harcı özelliklerine etkisi. 6. *Tarihi Yapıların Korunması ve Güçlendirilmesi Sempozyumu*. Trabzon, Türkiye.
- Cinemre, M. (2019). *Kesme taş duvarlarda kullanılan tarihi horasan harçlarının mekanik özelliklerinin incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Sakarya, Türkiye.
- Çizer, Ö., Böke, H. İpekoğlu, B. (2004). Bazı Osmanlı dönemi hamam yapılarının kubbe ve duvarlarında kullanılan kireç harçların özellikleri. II. *Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi*, TMMOB Mimarlar Odası Büyükşehir Şubesi, 1-13. Türkiye.
- Dariz, P., Schmid, T. (2017). Ferruginous phases in 19th century lime and cement mortars: A Raman microspectroscopic study. *Materials Characterization*, 129, 9-17. Doi: 10.1016/j.matchar.2017.04.009.
- Erdoğan, Ş., Nas, M., Nayır, S., Kandil, U. (2017). Uçucu kül ve polipropilen lifli kireç harçlarının çimento takviyesi ile mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi. 6. *Tarihi Yapıların Korunması ve Güçlendirilmesi Sempozyumu*, 247-256. Trabzon, Türkiye.
- Güleç, A., Tulun, T. (1997). Physico-chemical and petrographical studies of old mortars and plasters of Anatolia. *Cement and Concrete Research*, 27(2), 227-234. Doi:10.1016/S0008-8846(97)00005-7
- Gündüz, L., Kalkan, Ş. O. (2018). Yapısal restorasyon harçlarında kırıltı boyutlarının harcı teknik özelliklerine etkisinin incelenmesi. *Aurupa Bilim, Sanat ve Kültür Konferansı*, 243-251. Türkiye.
- Gürdal, E., Acun, S. (2004). Mineral esaslı sıvalarda polipropilen lif katkısının fiziksel ve mekanik özelliklere etkisinin incelenmesi. 2. Ulusal Yapı malzemesi Kongre ve Sergisi, TMMOB Mimarlar Odası Büyükşehir Şubesi, Türkiye.
- Gürdal, E., Altaş, G.K., Özgünler, S.A. (2012). İstanbul'da bulunan Erken Bizans dönemi dini yapılarında kullanılan horasan harçlarının özelliklerinin incelenmesi. Vakıf Restorasyon Yıllığı, 2.
- İpekoğlu, B., Böke, H., Çizer, Ö. (2007). Assessment of material use in relation to climate in historical buildings. *Building and Environment*, 42(2), 970-978. Doi:10.1016/j.buildenv.2005.10.029
- Jayaseelan, J., Vijayakumar, K. R., Ethiraj, N., Sivabalan, T., Andrewallayan, W. (2017). The effect of fibre loading and graphene on the mechanical properties of goat hair fibre epoxy composite. IOP Conference Series: *Materials Science and Engineering*, 282, Busan, Korea.
- Kavasoğlu, E. (2019). *Mikro fiber ve uçucu kül katkılı çimento harçlarının dayanıklılık indeksinin belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Afyon, Türkiye.
- Kılıç, İ. (2021). Horasan harcında yumurta akı kullanımının incelenmesi. *Kırklareli Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 7 (1), 122-134. DOI:10.34186/klujes.882789
- Matias, G., Faria, P., Torres I. (2014). Lime mortars with heat treated clays and



- ceramic waste: a review. *Construction and Building Materials*, 73, 125-136. Doi: 10.1016/j.conbuildmat.2014.09.028
- Mavioğlu, Ü.A. (2011). *Farklı puzolanik katkıları ile hazırlanan horasan harçlarının değişen parametrelerinin incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Nezerka, V., Nemecek, J., Slizkova, Z., Tesarek, P. (2015). Investigation of crushed brick-matrix interface in lime-based ancient mortar by microscopy and nanoindentation. *Cement and Concrete Composites*, 55, 122-128. Doi: 10.1016/j.cemconcomp.2014.07.023
- Özgen, Ö. (2002). *Horasan harcı üzerine deneysel çalışmalar*. Uzmanlık Tezi, T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı İstanbul Rölöve ve Anıtlar Müdürlüğü. Türkiye.
- Özgülner, A. S., Ersen, A., Güleç, A. (2010). Yedikule Kara Surları'nda kullanılan Erken Bizans dönemi harçlarının karakterizasyonu üzerine bir araştırma. *İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Restorasyon ve Kons. Çalışmaları Dergisi*, 5, 31-39.
- Özkaya, Ö.A., Böke H. (2009). Properties of roman bricks and mortars used in Serapis Temple in the city of Pergamon. *Materials Characterization*, 60(9), 995-1000. Doi: 10.1016/j.matchar.2009.04.003
- Prince, W., Castanier, G., Giafferi, J.L. (2001). Similarity between alkali-aggregate reaction and the natural alternation of rocks. *Cement and Concrete Research*, 31(2), 271-276. Doi:10.1016/S0008-8846(00)00478-6
- Seabra, M., Paiva, H., Labrincha, J. Ferreira, V. (2009). Admixtures effect on fresh state properties of aerial lime based mortars. *Construction and Building Materials*, 23(2), 1147-1153. Doi: 10.1016/j.conbuildmat.2008.06.008
- Stefanidou, M., Pacht, V., Konopissi, S., Karkadelidou, F., Papayianni, I. (2014). analysis and characterization of hydraulic mortars from ancient cisterns and baths in Greece. *Materials and Structures*, 47(4), 571-580.
- Şişik, Ö. (2017). *Edirne'de bulunan 15.yy ve 16.yy'da inşa edilmiş tarihi cami ve türbelerin taşıyıcı sistem analizi ve çözüm önerileri*. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Konya, Türkiye.
- Topçu, İ. B., Canbaz, M., Karanfil, H. (2005). Horasan harç ve betonun özellikleri. *Yapı Mekaniği Semineri*, ODTÜ-ESOGÜ. 99-107. Eskişehir, Türkiye.
- Tosun, Y., Oltulu, M., Polat, R., Şahin, R., Bingöl, A.F. (2015). Hidrolik kireçli harçlarda uçucu kül kullanımı. *5.Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu*, Cilt 1, 103-112. Erzurum, Türkiye.
- Türk Standartları Enstitüsü. (2000). TS EN 1015-3: Kağıt harcı-denetim metodları-bölüm 3: taze harç kıvamının tayini (yayılma tablası ile), Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü. (2020). TS EN 1015-11: Kağıt harcı-denetim yöntemleri-bölüm 11: sertleşmiş harcın eğişimde çekme ve basınç dayanımının tayini, TSE, Ankara, 2020.
- Uğur, T., Güleç, A. (2016). Harç, sıva ve diğer kompozit malzemelerde kullanılan bağlayıcılar ve özellikleri. *Restorasyon ve Konservasyon Dergisi*, 17, 77-91.
- Uğurlu, E., Böke, H. (2009). Osmanlı dönemi yapılarında kullanılan horasan sıvalarının özellikleri. *Kağıt Yapılarda Koruma ve Onarım Semineri*, KUDEB, 135-142. İstanbul, Türkiye.
- Uğurlu, E., Böke, H. (2009). The use of brick-lime plasters and their relevance to climatic conditions of historic bath buildings. *Construction and Building Materials* 23(6), 2442-2450. Doi: 10.1016/j.conbuildmat.2008.10.005
- Yarbaşı, N. (2020). Doğal bir materyal olarak keçi kılı lifleriyle modifiye edilen kohezyonlu zeminlerin donma-çözülme direnci. *Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 13, 157-16