



Technological properties of adobe building materials belonging to Neolithic period: Ulucak Höyük settlement, İzmir

Fatma Erol¹ , Ayşe Tavukçuoğlu^{2*} , Emine Nevin Caner Saltık¹

¹Middle East Technical University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Archaeometry Graduate Program, 06680, Ankara, Turkey

²Middle East Technical University, Faculty of Architecture, Department of Architecture, Building Science Graduate Program, 06680, Ankara, Turkey

Highlights:

- The raw material and compositional properties of Ulucak Höyük Neolithic adobe materials differ depending on their functions
- Neolithic adobe construction materials are composed of qualified raw materials
- The CaCO₃ presence in the clay+silt composition is an important parameter that improves adobe quality

Keywords:

- Adobe construction material
- compositional properties
- raw material analysis
- Ulucak Höyük
- Neolithic settlement

Article Info:

Research Article
Received: 18.04.2021
Accepted: 16.10.2021

DOI:

10.17341/gazimmfd.947185

Acknowledgement:

The authors thank the head of the Ulucak Höyük excavation Prof. Dr. Özlem Çevik, for her permission to study the samples.

Correspondence:

Author: Ayşe Tavukçuoğlu
e-mail:
aysetavukcuoglu@yahoo.com
phone: +90 532 442 8879

Graphical/Tabular Abstract

Table A. Compositional properties of Ulucak Höyük Neolithic adobe construction materials

Adobe materials	Clay type	Clay+silt composition (X < 0.063mm)			Aggregate composition (except clay+silt) (X > 0.063mm)							
		Clay+silt proportion	CaCO ₃ fraction in the clay+silt mixture	Aggregate ratio	Particle size distribution (mm)					Aggregate fraction containing CaCO ₃	Organic matter ratio in the adobe mixture	
					X > 4	2 < X < 4	0.5 < X < 2	0.25 < X < 0.5	0.063 < X < 0.25			
% wt.	Fraction, wt.	% wt.	% wt.	% wt.	% wt.	% wt.	% wt.	% wt.	Fraction, wt.	% wt.		
Adobe brick/block	Mica-illite	24	1/4	72	12	14	27	7	12	1/3	4	
Adobe Sub floor	Mica-illite	16	2/5	79	21	6	19	11	22	1/4	5	
floor mortar	Top floor	Mica-illite, Kaolinite	44	1/2	50	5	6	17	6	16	2/5	6
Adobe interior finishing plaster	Mica-illite, Kaolinite	68	1/3	29	3	3	7	3	13	1/3	3	

Purpose: Ulucak Höyük archaeological site (Kemalpaşa, İzmir) is the oldest village settlement known in Western Anatolia. The discovery of the adobe materials' original compositions belonging to Ulucak Höyük Neolithic settlement has vital importance to better understand and sustain the historical adobe technology developed in Anatolia. The study aims to uncover the compositional and raw material properties of adobe materials belonging to the Early (Layer V / 6530-6000 BC) and Late (Layer IV / 6000-5670 BC) Neolithic periods of Ulucak Höyük settlement.

Theory and Methods:

The laboratory tests were conducted on some Early and Late Neolithic adobe brick, adobe block, interior plaster, and floor mortar samples. These tests involve mainly the analyses of clay+silt composition, clay+silt ratio, aggregate ratio, organic matter ratio, and particle size distribution.

Results:




Depending on their functions, adobe brick/block, floor mortar, and interior plasters of Ulucak Höyük Neolithic period differ in their density (unit weight), clay+silt ratio, and particle size distribution of aggregates. The features such as (i) the use of proper soil containing mica-illite or mica-illite-kaolin types of clays in adobe mixtures, (ii) clay+silt compositions containing clay sized calcium carbonate in varying proportions, and (iii) presence of coarse aggregates larger than 2mm grain size in the aggregate compositions, indicate that adobe products of Ulucak Höyük Neolithic settlement are qualified building materials. The conscious selection of qualified raw materials and the conscious mixing of these raw materials in various proportions considering the function of the adobe material point out the presence of qualified adobe technology in the Neolithic Period. This qualified adobe technology existing in both the early and late Neolithic layers of Ulucak Höyük signals that this knowledge has survived for centuries.

Conclusion:

The data on compositional properties of original adobe materials are guiding for the production of adobe materials that can be used in conservation studies. The data achieved establishes the fundamental knowledge which has vital importance for the development of today's adobe materials and construction technologies.



Neolitik dönem kerpiç yapı malzemelerinin teknolojik özellikleri: Ulucak Höyük yerleşimi, İzmir

Fatıma Erol¹ , Ayşe Tavukçuoğlu^{2*} , Emine Nevin Caner Saltık¹ 

¹Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Arkeometri Lisansüstü Programı, 06680, Ankara, Türkiye

²Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Yapı Bilimleri Lisansüstü Programı, 06680, Ankara, Türkiye

Ö N E Ç İ K A N L A R

- Ulucak Höyük Neolitik kerpiç malzeme, işlevine göre farklı ham madde ve bileşim özelliklerine sahiptir
- Ulucak Höyük Neolitik kerpiç malzemelerin bileşiminde nitelikli ham maddeler kullanılmıştır
- Kil+mil bileşimindeki CaCO₃'ün varlığı, kerpicing niteliğini belirleyen önemli bir parametredir

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi
Geliş: 18.04.2021
Kabul: 16.10.2021

DOI:

10.17341/gazimmfd.947185

Anahtar Kelimeler:

Kerpiç yapı malzemesi,
bileşim özellikleri,
ham madde analizleri,
Ulucak Höyük,
Neolitik yerleşim

ÖZ

Ulucak Höyük arkeolojik alanı (Kemalpaşa, İzmir), Batı Anadolu'nun bilinen en eski köy yerleşimidir. Bu yerleşimin Neolitik dönemine ait kerpiç malzemelerinin özgün karışım özelliklerinin keşfi, Anadolu topraklarında gelişen tarihi kerpiç teknolojisinin daha iyi anlaşılması ve sürdürülmesi bakımından değerlidir. Bu çalışmada, Ulucak Höyük'ün Erken ve Geç Neolitik tabakalarından alınan kerpiç yapı malzemelerinin bileşim ve ham madde özelliklerini belirlemeye yönelik kapsamlı laboratuvar analizleri yapılmıştır. Kerpiç tuğla, kerpiç blok, iç sıva ve zemin harcı örneklerinin kil+mil oranı, agrega oranı, agregaların tane boyu dağılımları, kil boyutundaki tanelerin bileşimi ve organik madde yüzdeleri belirlenmiştir. Ulucak Höyük Neolitik dönem kerpiç yapı malzemeleri, işlevlerine göre birim hacim ağırlıkları, kil+mil yüzdesi ve agrega tane boyu dağılımı bakımından farklılıklar göstermektedir. Kerpiç karışımlarında (i) mika-illit veya mika-illit-kaolin gibi kil gruplarını içeren nitelikli toprak kullanılmış olması, (ii) kil+mil karışımlarının değişen oranlarda kil boyutunda CaCO₃ içermesi, (iii) agrega karışımlarında iri agregaların varlığı, Ulucak Höyük Neolitik yerleşiminde kullanılan kerpiç yapı malzemelerinin nitelikli olduğunu göstermektedir. Bu bilinçli üretim teknolojisinin höyüğün Erken ve Geç Neolitik tabakalarında kullanılıyor olması, bu birikimin yüzyıllar boyunca sürdürüğüne işaret etmektedir. Elde edilen veriler, koruma çalışmalarında kullanılacak kerpiç malzemelerin üretimine yönelik ipuçlarını da ortaya çıkarmıştır. Bu birikim, sadece koruma çalışmaları için değil, günümüz kerpiç malzeme ve yapım teknolojisinin geliştirilmesi için de yararlıdır.

Technological properties of adobe building materials belonging to Neolithic period: Ulucak Höyük settlement, İzmir

H I G H L I G H T S

- The raw material and compositional properties of Ulucak Höyük Neolithic adobe materials differ depending on their functions
- Ulucak Höyük Neolithic adobe construction materials are composed of qualified raw materials
- The CaCO₃ presence in the clay+silt composition is an important parameter that improves adobe quality

Article Info

Research Article
Received: 18.04.2021
Accepted: 16.10.2021

DOI:

10.17341/gazimmfd.947185

Keywords:

Adobe construction material,
compositional properties,
raw material analysis,
Ulucak Höyük,
Neolithic settlement

ABSTRACT

Ulucak Höyük archaeological site (Kemalpaşa, İzmir) is the oldest village settlement known in Western Anatolia. The discovery of the adobe materials' original compositions belonging to Ulucak Höyük Neolithic settlement has vital importance to better understand and sustain the historical adobe technology developed in Anatolia. A comprehensive research was done on the compositional and raw material properties of adobe materials belonging to the Early and Late Neolithic periods of Ulucak Höyük settlement. The clay+silt composition, clay+silt ratio, aggregate ratio, organic matter ratio, and particle size distribution of some adobe brick, adobe block, interior plaster, and floor mortar samples were analyzed. Depending on their functions, Ulucak Höyük Neolithic adobe brick/block, floor mortar, and interior plasters differ in their unit weight, clay+silt ratio, and particle size distribution of aggregates. Mainly, (i) the use of proper soil containing mica-illite or mica-illite-kaolin types of clays in adobe mixtures, (ii) clay+silt compositions containing clay sized CaCO₃ in varying proportions, and (iii) presence of coarse aggregates in the aggregate compositions, indicate that adobe products of Ulucak Höyük Neolithic settlement are qualified building materials. This qualified adobe technology existing in both the early and late Neolithic layers of Ulucak Höyük signals that this knowledge has survived for centuries. Achieved data is guiding for the production of new adobe materials that can be used in conservation studies. That knowledge is useful not only for conservation studies but also for the development of today's adobe materials and construction technologies.

*Sorumlu Yazar/Yazarlar / Corresponding Author/Authors : erolfatos@gmail.com, *aysetavukcuoglu@yahoo.com, canersal@yahoo.com.tr
/ Tel: +90 532 442 8879

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Kerpiç yakın tarihimize kadar geleneksel konut mimarisinde önemli bir yer tutmakta olan ve günümüz kâgir yapı malzemeleri sektöründe nefes alma, yerel ham madde kullanımı ve ısı direncinin yüksek olması gibi nitelikleriyle öne çıkan bir yapı malzemesidir [1-3]. Çok eski zamanlardan beri kullanılmakta olan bu malzemeyi daha iyi tanımının önemi büyüktür. Bu bakımdan, Anadolu'daki kerpiç malzeme teknolojisinin en erken örneklerini inceleyen, kerpiç malzeme kullanımının kültürel kökenlerini, üretim teknolojilerini ve işlevlerini araştıran ve tanımlayan kapsamlı çalışmalara ihtiyaç vardır. Kerpiç ürünler suya karşı hassas yapı malzemeleridir ve uzun dönem dayanımı için sudan korunmaları gerekir. Toprak altında bulunduğu düşünülen arkeolojik kerpiç malzemenin, binlerce yıl sonrasında toprak altından sağlam çıkması sık rastlanılan bir durum değildir. Kısaca, binlerce yıl toprak altında saklı kalan ve halen sağlam olarak ortaya çıkan kerpiç ürünler, uzun dönem dayanıklılıklarını ispat ettiği düşünülen yapı malzemeleridir. Bu yapı malzemelerini üreten tarihi teknolojik birikim, günümüz kerpiç yapı malzemeleri ve kerpiç mimari teknolojilerinin geliştirilmesine yol gösterecek önemli ipuçlarını da barındırmaktadır. Bu çalışma, Batı Anadolu'daki bilinen en erken Neolitik (M.Ö. 6850 – 5670) yerleşimlerinden biri olan Ulucak Höyük arkeolojik alanındaki kerpiç yapı malzemeleri teknolojisini incelemeyi hedeflemiştir.

Ulucak Höyük arkeolojik alanı, İzmir-Ankara karayolu üzerinde, İzmir'in Kemalpaşa ilçesine bağlı Ulucak sınırları içerisinde yer almakta olup İzmir'in merkezine yaklaşık 25 km mesafede bulunmaktadır [4]. Ulucak Höyük, Ege'yi İç Anadolu'ya bağlayan doğal bir geçit üzerinde, Nif (Kemalpaşa) ve Spil (Manisa) dağlarının ortasında, Nif Çayı'nın suladığı Kemalpaşa Ovası'nın batı kısmında yer almaktadır. Bu özellikleri ile Ulucak Höyük arkeolojik alanı hem bağlantı yolları hem de besin ve ham madde kaynakları açısından yerleşim için oldukça uygun bir coğrafi konumda bulunmaktadır [4, 5]. Ulucak Höyük'te yerleşik yaşam, Neolitik dönemden başlayarak Geç Roma-Erken Bizans dönemine kadar devam etmiştir [6]; günümüzde de yakın çevresinde yerleşik yaşam halen devam etmektedir.

Mevcut durumda, kazı çalışmalarına göre Ulucak Höyük'te en erken yerleşim, M.Ö. 6850 yılında başlamıştır. Höyükte Neolitik dönem iskânı M.Ö. 5670 yılına kadar yaklaşık 1200 yıl boyunca kesintisiz olarak devam etmiştir [4]. Batı Anadolu'nun ve İzmir'in bilinen en eski Neolitik yerleşimi olan Ulucak Höyük, iyi korunmuş halde sekiz metrelik Neolitik dönem kültür dolgusu içermektedir [4, 7]. Bu bakımdan höyük ile ilgili yapılan arkeometrik araştırmalar, dönemin yaşam tarzını anlamak ve belgelemek açısından önemli veriler içermektedir.

Ulucak Höyük yerleşim alanı, İngiliz Arkeoloji Enstitüsü'nden arkeolog Dr. David French tarafından 1960 yılında tespit edilmiştir [8]. 1995 yılında başlayan kazı çalışmaları 2008 yılına kadar Ege Üniversitesi Protohistorya

ve Ön Asya Arkeolojisi Anabilim Dalı öğretim üyesi Prof. Dr. Altan Çilingiroğlu'nun danışmanlığında ve İzmir Arkeoloji Müzesi başkanlığında sürdürülmüştür. Kazı çalışmaları, 2009 yılı itibariyle Trakya Üniversitesi Arkeoloji bölümü öğretim üyesi Prof. Dr. Özlem Çevik başkanlığında devam etmektedir [9].

Bu çalışma, Ulucak Höyük erken (V. tabaka) ve geç (IV. tabaka) Neolitik dönem yerleşimindeki konut yapımında kullanılan kerpiç esaslı yapı malzemelerinden kerpiç tuğla, kerpiç harç ve sıvaların bileşim ve ham madde özelliklerinin tanımlanmasına ve arkeolojik kerpiç malzemenin koruma çalışmalarına destek olacak veriler üretilmesine yönelik kapsamlı laboratuvar analizlerini içermektedir. Elde edilen bu teknolojik veriler, Ulucak Höyük Neolitik dönem kerpiç yapı malzemelerinin üretim sürecindeki zamansal ve mekânsal farklılıklarını veya benzerliklerini değerlendirmek bakımından da yararlıdır.

2. NEOLİTİK TABAKALANMA VE MİMARİ YAPI (NEOLITHIC LAYERS AND ARCHITECTURAL STRUCTURE)

Ulucak Höyük'ün Neolitik yerleşimi, VI. tabaka, V. tabaka ve IV. tabaka olmak üzere üç döneme ayrılır [4] (Tablo 1). VI. Tabaka, MÖ.6850-6500 yıllarına tarihlenmiş ve "Ön Neolitik dönem" olarak adlandırılmıştır. V. tabaka, M.Ö. 6530-6000 yıllarına tarihlenmiş ve "Erken Neolitik dönem" olarak adlandırılmıştır. Bu tabaka kendi içerisinde beş farklı kültür katını (Va, Vb, Vc, Vd, Ve) barındırmakta, bu kültür katları da yine kendi içerisinde M.Ö. 6530-6200 (Vc, Vd, Ve) ve M.Ö. 6200-6000 (Va, Vb) dönemlerine ayrılarak kendi aralarında ilişkilendirilmektedir. IV. tabaka ise "Geç Neolitik dönem" olarak adlandırılmış olup M.Ö. 6000-5670 yıllarına tarihlenmiştir ve on farklı kültür katını (IVa dan IVk'ya kadar) içermektedir. Tablo 1'de höyüğün tabakaları ve mimari yapısı belirtilmektedir.

Ön Neolitik (VI. tabaka) dönemi temsil eden tabakadaki kazı çalışmaları sınırlı oranda gerçekleştirildiği için bu döneme ait sadece 2 adet mekân (Bina 42 ve Bina 43) ile ocak ve fırınların bulunduğu açık alan bilinmektedir. Yapılar 14 m² (Bina 42) ve 25 m² (Bina 43) boyutlarında olup birbirine bitişik olarak dikdörtgen biçiminde inşa edilmiştir [7]. Bu yapılar, taş temele sahip olmayan yığma kerpiç duvarlar ile inşa edilmiştir. Bu yapıların yere basan döşeme kotunda "terrazzo" tekniği ile inşa edilmiş olan yaklaşık 2cm kalınlığında zeminler bulunmuştur. Bu zeminlerin düzgün döşenen çakıl taşlarının üzerine 1 cm kalınlığında kireç dökülerek ve sonrasında kırmızı renkli boya uygulanarak yapıldığı belirtilmektedir [4, 7, 9, 10]. Bahsi geçen kaynaklarda "kireç" olarak tanımlanan malzemenin analizlerle bileşiminin belirlenmesi gerekir. Bina 42'nin duvarlarında kırmızı ve krem renklerinde bezemeler tespit edilmiştir [10]. Her iki binanın da, mekânları temizlendikten sonra, içlerinin bilinçli olarak killi, temiz bir dolgu ile kapatıldığı belirtilmiştir[4]. Tüm bu özellikleri nedeniyle bu iki binanın özel işlevli yapılar olabileceği düşünülmektedir [4].

Höyüğün Erken Neolitik (V. tabaka) döneminin yapıları yaklaşık olarak 20m² boyutlarında, tek odalı ve dikdörtgen planlıdır [4]. Bazıları birbirine bitişik, bazıları ise bağımsız şekilde inşa edilmiştir. Yapıların zeminleri sıkıştırılmış topraktır. Kazı raporlarında iki farklı duvar yapısının görüldüğünden bahsedilmektedir. Duvarlar, ortalama 15-20cm kalınlığındadır, taş temelleri yoktur. Yığma kerpiç duvarlar olarak inşa edilmiş ya da ahşap direklerin kerpiçle sıvıldığı “çit-çamur” duvarlar olarak inşa edilmişlerdir [4, 11]. V. tabakada yer alan ve aynı tabakadaki konut yapılarından oval planı ve kireçle sıvanmış tabanı ile ayrılan Bina 47’nin de özel işlevli bina olabileceği düşünülmektedir [4]. Kaynaklarda “kireç” olarak bahsedilen malzemenin analizlerle bileşiminin tanımlanması gerekir.

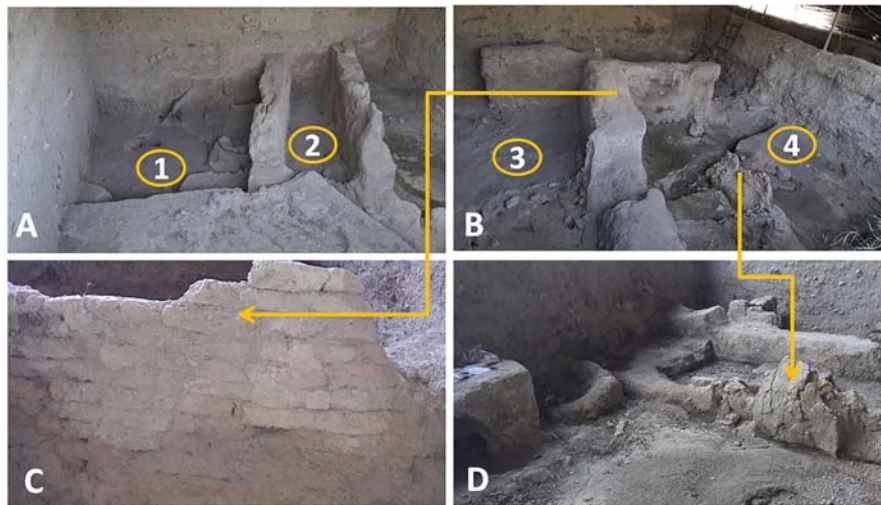
Ulucak Höyük Geç Neolitik (IV. tabaka) döneminin mimarisini temsil eden ve en geniş çaplı araştırılan tabaka IVb tabakasıdır [4]. Bu dönemde ev grupları arasında dar sokaklar görülmektedir (Şekil 1). Evler kendi bağımsız duvarlarına sahiptir ve bazı evlerin önünde küçük avlular yaratan duvarlar bulunmaktadır [4]. Evlerden ikisinde (Bina 8 ve Bina 13) kırmızı-kahverengi renkle boyalı duvarın var

olduğu rapor edilmiştir [10, 12]. Bu dönemde evler yaklaşık olarak 35-40m² boyutlarında dikdörtgen biçiminde ve V. tabakadaki evlere kıyasla daha büyük alanlara ve birbirine benzer mimari tasarım şemalarına sahip olacak şekilde inşa edilmişlerdir. Kaynaklardaki bilgiler değerlendirildiğinde, bu tabakada üç farklı kerpiç duvar tekniğinin var olduğu ve bu farklı tekniklerin dış duvar, bölme duvar ve bahçe duvarı işlevleriyle ilişkilendirildiği anlaşılmaktadır. Bu katmandaki evlerin dış duvarları, taş temel (bir ya da üç taş sırası) üzerine güneşte kurutulmuş kerpiç tuğlalardan (Şekil 1) ya da ahşap direklerin kerpiç sıvanması ile yapılmışlardır [4, 9, 13]. Kerpiç tuğlalar iki farklı boyuttadır: “Boy x En x Yükseklik” olarak, büyük olan kerpiç tuğlalar 55 x 35 x 8 cm ile 50/48 x 34 x 8 cm aralığındaki boyutlarda; küçük olan kerpiç tuğlalar 50 x 18 x 8 cm boyutlarındadır [11]. Bina 65’te, yine tek sıra taş temeli olan 8-10cm çapında sıralı dizilmiş ahşap direklerin kerpiç ile sıvanmasıyla, yerel tanımı ile “çit-çamur” tekniği ile inşa edilmiş 15cm kalınlığında duvarlar bulunmuştur [13]. Bazı evler (Bina 8, Bina 12 ve Bina 13) iki odalıdır ve toplam alanı ikiye bölen ara duvarlar dal örgülü yığma kerpiç duvarlar ile ikiye bölünmüştür [4] (Şekil 1). Bu tabakadaki yapıların zeminleri sıkıştırılmış topraktır [4].

Tablo 1. Ulucak Höyük arkeolojik yerleşiminin Neolitik döneme ait tabakaları ve bu tabakalarda görülen duvar yapım teknikleri

(Neolithic layers of Ulucak Höyük archaeological settlement and the wall construction techniques observed in these layers)

Dönem	Tabaka	Tarih (M.Ö)	Duvar Yapısı
Ön Neolitik	VI	6850-6500	Taş temelsiz yığma kerpiç duvarlar
Erken Neolitik	V(a-e)	6530-6000	Taş temelsiz yığma kerpiç duvarlar Taş temelsiz ahşap direkli kerpiç sıvanmış duvarlar
Geç Neolitik	IVa-k IVc	6000-5670 6005-5840	Taş temelsiz ahşap direkli kerpiç sıvanmış duvarlar Taş temeli olan kerpiç tuğla örgülü yığma dış duvarlar Taş temeli olan ahşap direkli kerpiç sıvanmış dış duvarlar
	IVb	5840-5700	Dal örgülü yığma kerpiç bölme (bina içi) duvarlar ve iç avluyu çevreleyen bahçe duvarları



Şekil 1. IVb (MÖ. 5840-5700) tabakasına ait evlerin (Bina 52 “A1”, Bina 48 “B3”, Bina 13 “B4”), sokak yapısının (“A2”) ve duvar tekniklerinin (taş temel üzeri kerpiç tuğla “C” ve Dal örgülü yığma kerpiç bölme “D”) genel görünümü

(General view of the houses (A1: Building 52, B3: Building 48, B4: Building 13), street structure (A2) and wall techniques (C: adobe brick on stone

Ulucak Höyük Neolitik döneminin IVc tabakası, geç neolitik dönemin mimari açıdan diğer önemli tabakalarından biridir [4]. Bu tabakada, altı odalı bir seramik üretim atölyesi bulunmaktadır. Bu atölyenin duvarları, V. tabakadan daha kalın ahşap direklerin kullanıldığı kerpiç duvarlardır, yüzeyleri kerpiçle sıvanmıştır ve taş temeli yoktur. Yapının duvarları ortalama 30-50cm kalınlığındadır ve zeminleri sıkıştırılmış topraktır [14].

Kerpiç malzeme ile ilgili kazılardan edinilen veriler değerlendirildiğinde:

- yığma kerpiç ile duvar yapımı tekniğinin VI ve V tabakalarında görüldüğü;
- “çit-çamur – ahşap direkli kerpiç sıvalı” duvar yapımı tekniğinin V, IVc ve IVb tabakalarında görüldüğü;
- kerpiç tuğlalar ile “yığma duvar” yapımı tekniğinin ilk olarak IVb tabakasında görüldüğü;
- duvarların altında taş temel yapımına IVb tabakasında başlandığı anlaşılmaktadır.

Bu değerlendirme, duvar yapım teknikleri ile ilgili birikiminin, yüzyıllar boyunca nesilden nesile aktarıldığına ve gelişmeler ile farklılıklar gösterdiğine işaret etmektedir. Bunun yanı sıra, Ulucak Höyük Neolitik Dönem konut mimarisinin zaman içerisinde geliştiği, V. tabakanın ikinci yarısından itibaren başlayan ve IV. tabakada net olarak görülen, hanelerin bağımsızlığını ve mahremiyetini gözetim mimari yaklaşımların varlığı fark edilmektedir.

3. MALZEME VE YÖNTEM (MATERIAL AND METHOD)

Bu çalışma, Ulucak Höyük’ün Neolitik tabakalarına tarihlenen kerpiç esaslı yapı malzemelerinin bileşim ve ham

madde özelliklerini tanımlanmak ve dönemin konut yapım süreçlerini daha iyi anlamak amacıyla kurgulanmıştır. Elde edilen veriler ile Ulucak Höyük yerleşiminin Neolitik dönemdeki kerpiç teknolojisinin ortaya çıkarılması ve bölgedeki arkeolojik kerpiç kalıntılarının onarılmasına yönelik kerpiç ürünlerin bileşim tariflerinin hazırlanması hedeflenmiştir.

Ulucak Höyük neolitik yerleşim katmanlarının farklı dönemlerde ve yaygın bir alanda yangınlar geçirdiği ve yangına maruz kalan çoğu kerpiç tabakanın farklı derecelerde pişmiş oldukları tespit edilmiştir [10]. Laboratuvar analizleri için arkeolojik alandan yanma ile bozulmaya uğramamış 7 adet örnek temin edilebilmiştir. Bu örnekler, Neolitik dönem yerleşiminin mimarisini temsil eden Vd ve IVb tabakalarında bulunan konutlardan ve IVc tabakasında bulunan seramik üretim atölyesinden alınmıştır. Kısıtlı miktarda temin edilen bu örnekler, söz konusu yapıların yapımında kullanılan kerpiç tuğla, kerpiç blok, kerpiç zemin harcı (sıkıştırılmış toprak) ve kerpiç iç siva malzemelerini temsil eden örneklerdir (Tablo 2). Her bir laboratuvar analizi, malzeme çeşitliliğini temsil eden bu örneklerden hazırlanan iki paralel numune seti ile yapılmıştır.

Temel fiziksel özellikleri kapsamında kerpiç malzeme örneklerinin birim hacim ağırlığı belirlenmiştir [15]. Bileşim özellikleri kapsamında, kerpiç örneklerdeki 0,063mm boyutundan küçük olan kil+mil boyutundaki tanelerin oranı hesaplanmış [16] ve mil (silt) boyutundan büyük agreganın tane boyu dağılımı elek analizi ile belirlenmiştir [17]. Elekten geçen 0,063mm ile 0,125mm aralığındaki agrega “çok ince kum”, 0,125mm ile 0,250mm aralığındaki agrega

Tablo 2. Kerpiç örneklerinin tanımları (Definitions of the adobe samples)

Örnek Kodu	Örnek Açıklaması	Örneğin Alındığı Yapının Türü
<i>IVb.B65.KB.38</i>	<i>IVb</i> tabakası, <i>Bina 65</i> , <i>KB</i> (Kerpiç Blok)	Taş temeli olan ahşap direkli kerpiç sıvanmış (çit-çamur tekniği) duvar ve sıkıştırılmış toprak zeminli konut
<i>IVb.B52.KT.27</i>	<i>IVb</i> tabakası, <i>Bina 52</i> , <i>KT</i> (Kerpiç Tuğla)	Taş temeli olan kerpiç tuğla örgülü (yığma kerpiç) duvar ve sıkıştırılmış toprak zeminli konut
<i>IVb.B13.H.21A</i>	<i>IVb</i> tabakası, <i>Bina 13</i> , <i>H</i> (zemin Harcı)	
<i>IVc.B55.H.2</i>	<i>IVc</i> tabakası, <i>Bina 55</i> , <i>H</i> (zemin Harcı)	Taş temelsiz ahşap direkli kerpiç sıvanmış (çit-çamur tekniği) duvar ve sıkıştırılmış toprak zeminli seramik atölye yapısı
<i>IVc.B62.H.14</i>	<i>IVc</i> tabakası, <i>Bina 62</i> , <i>H</i> (zemin Harcı)	
<i>IVc.B55.S.3</i>	<i>IVc</i> tabakası, <i>Bina 55</i> , <i>S</i> (kerpiç iç Siva)	
<i>Vd.B54.S.39</i>	<i>Vd</i> tabakası, <i>Bina 54</i> , <i>S</i> (kerpiç iç Siva)	Taş temelsiz ahşap direkli kerpiç sıvanmış (çit-çamur tekniği) duvar ve sıkıştırılmış toprak zeminli konut

“ince kum”, 0,250mm ile 0,500mm aralığındaki agrega “orta kum”, 0,500mm ile 1mm aralığındaki agrega “iri kum”, 1mm ile 2mm aralığındaki agrega “çok iri kum”, 2mm ile 4mm aralığındaki agrega “ince çakıl” ve 4mm üzerindeki agrega “orta çakıl ve üzeri” tane boyutu olarak değerlendirilmiştir [16, 18, 19, 20]. Elek analizi ile elde edilen veriler kalın kesit örneklerin stereo mikroskop görüntü analizleri ile de desteklenmiştir. Kerpiç örneklerin kil+mil bileşimindeki organik madde yüzdesi ve kalsiyum karbonat (CaCO_3) yüzdesi kütle kızdırma kaybı yöntemi ile tespit edilmiştir [21, 22]. 105°C 'de kurutulan tüm örneklerin 600°C 'deki ağırlık kaybı ile organik madde miktarı, 900°C 'deki ağırlık kaybı ile de CaCO_3 miktarı belirlenmiş, kütlece yüzdeleri hesaplanmıştır. Ayrıca, kerpiç örneklerin bileşimindeki toplam organik madde yüzdesi ve toplam kalsiyum karbonat (CaCO_3) yüzdesi, yine kütle kızdırma kaybı deneyi ile tespit edilmiştir. Kerpiç örneklerin kil+mil boyutundaki tanelerinin kil cinsi ve kil boyutundaki tanelerin mineralojik bileşimi XRD analizleri ile tanımlanmıştır.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Analizlerden elde edilen veriler ile Ulucak Höyük Neolitik dönem yerleşimine ait kerpiç yapı malzemelerinin bileşim ve ham madde özellikleri tanımlanmıştır. Bu sayede, dönemin kerpiç teknolojisi daha iyi anlaşılmış ve arkeolojik alanda koruma çalışmalarına destek olabilecek onarım kerpiçlerinin üretimine yönelik ipuçları elde edilmiştir.

4.1. Kerpiç Yapı Malzemelerinin Bileşim ve Ham Madde Özellikleri

(Compositional and Raw Material Properties of Adobe Construction Materials)

Ulucak Höyük Neolitik dönem yerleşiminde kullanılan kerpiç tuğla, kerpiç blok, kerpiç zemin harcı ve kerpiç iç sıva örneklerinin birim hacim ağırlığı (ρ , g/cm^3) değerleri ve karışımlarındaki kil+mil yüzdeleri Tablo 3'te verilmiştir. Bu temel fiziksel ve bileşim özellikleri kerpiç malzemelerin arasındaki benzerlik ve farklılıkları ortaya çıkarmıştır. Burada, üç farklı birim hacim ağırlığına sahip olan kerpiç malzemelerin üretildiği ve bu üç kerpiç ürünün farklı kil+mil

oranlarına sahip oldukları belirlenmiştir (Tablo 3). IVb.B65.KB.38, IVb.B52.KT.27 ve IVc.B62.H.14 kodlu kerpiç blok, kerpiç tuğla ve sıkıştırılmış toprak zemin örneklerinin birim hacim ağırlıkları ortalama $0,90\pm 0,13 \text{ g/cm}^3$, karışımlarındaki kil+mil yüzdesi ağırlıkça ortalama $\%23\pm 6$ 'dır. IVb.B13.H.21A ve IVc.B55.H.2 kodlu sıkıştırılmış toprak zemin örneklerinin birim hacim ağırlıkları ortalama $1,35\pm 0,06 \text{ g/cm}^3$, karışımlarındaki kil+mil yüzdesi ağırlıkça ortalama $\%46,5\pm 5$ 'tir. Vd.B54.S.39 kodlu kerpiç iç sıva örneğinin birim hacim ağırlığı ortalama $1,12\pm 0,21 \text{ g/cm}^3$, karışımındaki kil+mil yüzdesi ağırlıkça $71\pm 0,3$ 'dür. Aynı döneme (IVc) ait iki farklı karışımda sıkıştırılmış toprak zemin örneğinin bulunması, zeminin birden fazla katmandan oluşma ihtimalinin ya da kendi döneminde zaman içerisinde yenilenmiş olma ihtimallerinin kazı çalışmaları esnasında incelenmesi gereğini ortaya çıkarmıştır. Farklı dönemlere (Vd ve IVc) ait iki farklı iç sıva örneğinin bulunması, zaman içerisinde kerpiç sıvaların çeşitlendiğini ve/veya dönemlere göre farklılıklar gösterebildiğini düşündürmektedir.

4.1.1. Kerpiç karışımlarının kil+mil bileşimlerinin özellikleri

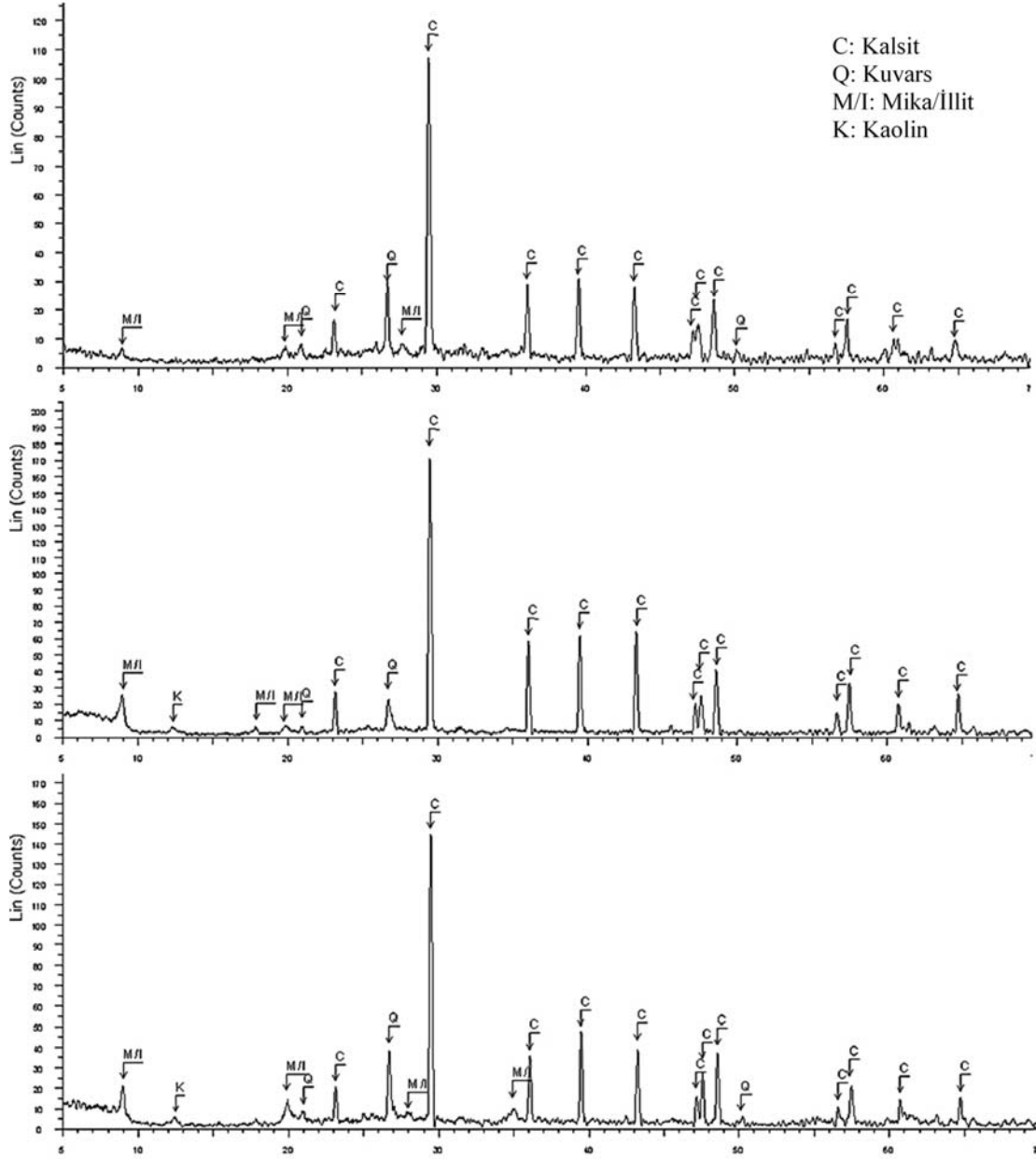
(Clay+silt composition properties of adobe mixtures)

Kerpiç tuğla, kerpiç blok, kerpiç zemin harcı ve kerpiç iç sıva örneklerine ait kil+mil bileşimlerinin kil cinsi ve kil+mil boyutundaki tanelerinin mineralojik bileşimi XRD analizleri ile belirlenmiştir. IVb.B65.KB.38, IVb.B52.KT.27 ve IVc.B62.H.14 kodlu kerpiç blok, kerpiç tuğla ve zemin harcı örneklerinde, yani 1. grup “kil+mil – agrega oranı”na sahip kerpiç ürünlerde kullanılmış olan kilin cinsinin mika/illit olduğu belirlenmiştir (Şekil 2). 2. ve 3. Grup “kil+mil – agrega oranı”na sahip kerpiç ürünlerdeki, yani IVb.B13.H.21A, IVc.B55.H.2, IVc.B55.S.3 ve Vd.B54.S.39 kodlu kerpiç zemin harcı ve iç sıva örneklerindeki kil cinsinin ise mika-illit ve kaolin olduğu tespit edilmiştir (Şekil 2). Bu kil+mil örneklerin bileşimindeki diğer mineraller, kalsit, kuvars ve feldspardır.

XRD analizleri, kerpiç yapı malzemelerinin kil+mil karışımlarında önemli oranda kalsiyum karbonat (CaCO_3) bulunduğunu göstermiştir (Şekil 2). Kil+mil karışımındaki

Tablo 3. Kerpiç tuğla, kerpiç blok, kerpiç zemin harcı ve kerpiç iç sıva örneklerin birim hacim ağırlıkları, kerpiç karışımlarındaki kütlece kil+mil ($x < 63 \mu$) ve agrega ($x \geq 63 \mu$) yüzdeleri
(The bulk density values of adobe brick, adobe block, adobe floor mortar and adobe interior plaster samples, clay+silt ($x < 63 \mu$) and aggregate ($x \geq 63 \mu$) percentages by mass in the adobe mixtures)

Örnek Kodu	Birim Hacim Ağırlık g/cm^3	Kil+Mil Oranı %, kütlece	Agrega Oranı %, kütlece	Kerpiç Ürün
IVb.B65.KB.38	$0,75\pm 0,09$	$24\pm 1,3$	$76\pm 1,3$	1
IVb.B52.KT.27	$0,99\pm 0,05$	$29\pm 0,2$	$71\pm 0,2$	
IVc.B62.H.14	$0,96\pm 0,13$	17	83	
IVb.B13.H.21A	$1,28\pm 0,22$	$52\pm 7,5$	$48\pm 7,5$	2
IVc.B55.H.2	$1,41\pm 0,07$	41 ± 7	59 ± 7	
IVc.B55.S.3	$1,48\pm 0,11$	(yeterli miktarda örnek olmadığı için kil+mil oranı ve elek analizi yapılamamıştır)		
Vd.B54.S.39	$1,12\pm 0,21$	$71\pm 0,3$	$29\pm 0,3$	3



Şekil 2. Üç farklı “kil+mil – agrega oranı”na sahip olan kerpiç ürünleri temsilen, IVb.B65.KB.38, IVb.B13.H.21A ve Vd.B54.S.39 kodlu kerpiç blok, kerpiç zemin harcı ve kerpiç iç sıvanın kil+mil bileşimlerini gösteren XRD izleri (XRD traces of the clay+silt composition of the adobe block IVb.B65.KB.38, adobe floor mortar IVb.B13.H.21A, and adobe interior plaster Vd.B54.S.39 which represent three adobe products with different “clay+silt - aggregate ratios”)

CaCO₃ miktarının kütlece oranı kütle kızdırma kaybı deneyi ile belirlenerek elde edilen sonuçlar Tablo 4’te verilmiştir. Kerpiç yapı malzemelerinin kil+mil karışımındaki kalsiyum karbonat oranının kütlece %21-%54,8 aralığında yüksek miktarlarda olduğu saptanmıştır.

4.1.2. Kerpiç karışımlarının kil+mil dışında kalan bileşimlerinin özellikleri (Compositional characteristics of adobe mixtures except for their clay+silt components)

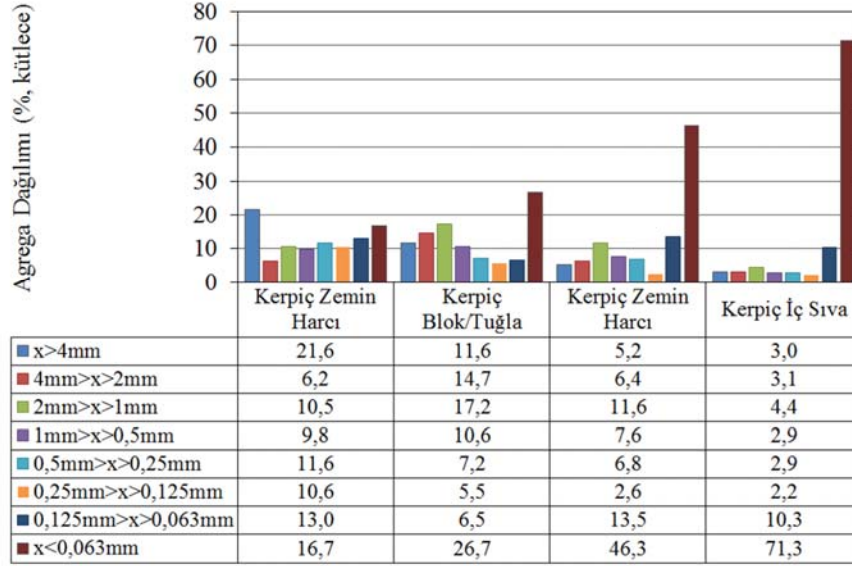
Ulucak Höyük Neolitik dönem kerpiç tuğla, kerpiç blok, kerpiç zemin harcı ve kerpiç iç sıva örneklerine ait kil+mil

boyutundan büyük ($x > 0,063$ mm) agregaların kütlece yüzdesi Tablo 3’te ve agregaların tane boyu dağılımı Şekil 3’te gösterilmektedir. Kerpiç örneklerin makro görüntüleri (Şekil 4) ve kalın kesit analizlerindeki (Şekil 5) 2mm’den iri agregaların varlığı ve saman gibi lifli organik katkı malzemelerinin boşluklarının tespit edilmesi, laboratuvar analizlerinden çıkan verileri destekler niteliktedir.

IVb.B65.KB.38, IVb.B52.KT.27 ve IVc.B62.H.14 kodlu kerpiç blok, kerpiç tuğla ve sıkıştırılmış toprak zemin örneklerinin kerpiç karışımlarındaki agrega oranları ortalama kütlece %77±5’tir. IVc.B62.H.14 kodlu zemin harcının kerpiç karışımındaki agregaların tane boyu dağılımı

Tablo 4. Kerpiç örneklerin karışımındaki kil+mil oranı, kil+mil bileşeni içindeki CaCO₃ oranı ve kil cinsi verileri
(The clay+silt ratio in the mixtures of adobe samples, CaCO₃ ratio in their clay+silt components, and their clay types)

Örnek Kodu	Kerpiç Karışımındaki Kil+Mil Oranı %, kütlece	Kil+Mil Bileşeni İçindeki CaCO ₃ Oranı (tane boyu < 0,063mm) %, kütlece	Kil+Mil Boyutundaki CaCO ₃ 'ün Kil+Mil Karışımına Oranı	Kil Cinsi
IVb.B65.KB.38	24,4	24,8	1/4	Mika-İllit
IVb.B52.KT.27	29,0	21,0	1/5	Mika-İllit
IVc.B62.H.14	16,7	36,8	3/8	Mika-İllit
IVb.B13.H.21A	51,8	54,8	5/9	Mika-İllit ve Kaolin
IVc.B55.H.2	40,8	34,7	1/3	Mika-İllit ve Kaolin
IVc.B55.S.3	-	38,1	3/8	Mika-İllit ve Kaolin
Vd.B54.S.39	71,3	29,8	2/7	Mika-İllit ve Kaolin

**Şekil 3.** Kerpiç tuğla/blok, zemin harcı ve iç sıva örneklerinin kerpiç karışımlarındaki agregaların tane boyu dağılımlarının ağırlıkça yüzdeleri

(The particle size distribution of the aggregates belonging to mixtures of adobe brick/block, floor mortar, and interior plaster samples in percentages by mass)

kerpiç tuğla ve kerpiç bloğunun kerpiç karışımlarına benzemektedir (Şekil 3). Kerpiç tuğla ve kerpiç blok örneklerin karışımlarındaki 2mm tane boyundan daha büyük çakıl tanelerinin ağırlıkça yüzdesi ortalama %26'dır. Aynı örneklerin karışımlarındaki 0,250mm ile 2mm aralığındaki orta kum, iri kum ve çok iri kum tanelerinin ağırlıkça yüzdesi ortalama %35'tir. 0,063mm ile 0,250mm aralığındaki çok ince kum ve ince kum tanelerinin, kerpiç karışımlarındaki ağırlıkça yüzdesi ise ortalama %12'dir. IVc.B62.H.14 kodlu (sıkıştırılmış toprak) zemin harcının karışımlarındaki 2mm tane boyundan daha büyük çakıl tanelerinin ağırlıkça yüzdesi ortalama %28; 0,250mm ile 2mm aralığındaki orta kum, iri kum ve çok iri kum tanelerinin ağırlıkça yüzdesi ortalama %32; 0,063mm ile 0,250mm aralığındaki çok ince kum ve ince kum tanelerinin, kerpiç karışımlarındaki ağırlıkça yüzdesi ise ortalama %24'dür. Birim hacim ağırlığı ve bileşim özellikleri bakımından kerpiç blok ve kerpiç tuğla 1602

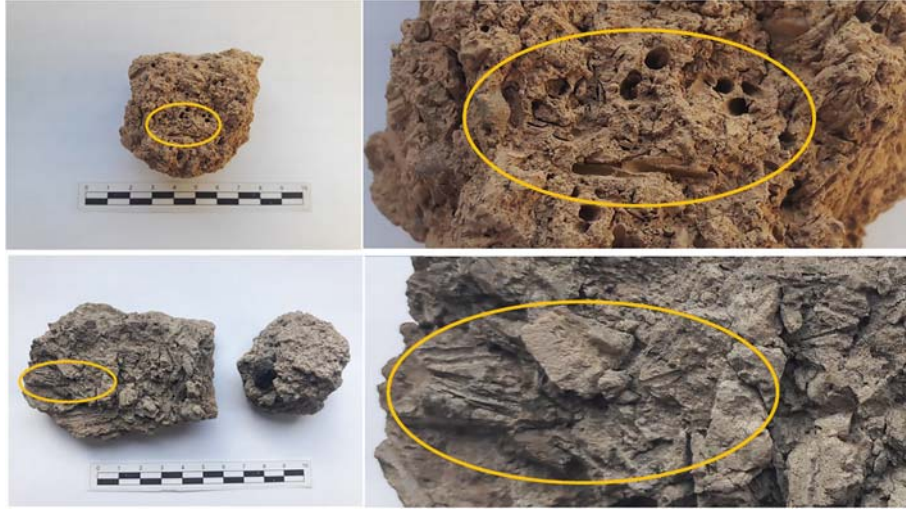
örneklerle benzeyen bu zemin harcı, IVb.B13.H.21A ve IVc.B55.H.2 kodlu diğer iki zemin harcından farklıdır.

IVb.B13.H.21A ve IVc.B55.H.2 kodlu sıkıştırılmış toprak zemin örneklerinin agrega oranları ortalama kütlece %54±5'tir ve bu örneklerin kerpiç karışımlarındaki agregaların tane boyu dağılımları birbirine benzerdir (Şekil 3). Kerpiç zemin harcı örneklerinin karışımlarındaki 2mm tane boyundan daha büyük çakıl tanelerinin kütlece yüzdesi ortalama %12; 0,250mm ile 2mm aralığındaki orta kum, iri kum ve çok iri kum tanelerinin kütlece yüzdesi ortalama %26; 0,063mm ile 0,250mm aralığındaki çok ince kum ve ince kum tanelerinin, kerpiç karışımlarındaki kütlece yüzdesi ise ortalama %16'dır.

Vd.B54.S.39 kodlu iç sıva örneğinin agrega oranı ortalama kütlece %29±03 olup 2mm üzeri ince çakıl ve 4mm üzeri

Tablo 5. Kerpiç örneklerin karışımlarındaki toplam organik madde ve kalsiyum karbonat yüzdeleri
(Total organic matter and calcium carbonate ratios (in percentage) in the mixtures of adobe samples)

Örnek Kodu	Kerpiç Örnekteki Toplam Organik Madde, % kütlece	Kerpiç Örnekteki Toplam CaCO ₃ , % kütlece
IVb.B65.KB.38	4,2±0,07	35,4±1,8
IVb.B52.KT.27	4,4±0,08	28,3±0,2
IVc.B62.H.14	5,3±0,77	27,9±1,6
IVb.B13.H.21A	5,1±0,01	46,1±4,3
IVc.B55.H.2	7,4±0,04	31,5±0,1
IVc.B55.S.3	4,2±0,14	33,2±0,6
Vd.B54.S.39	3,3±0,06	37,1±0,5

**Şekil 4.** IVb.B52.KT.27 kodlu kerpiç tuğla (üstte) ve Vd.B54.S.39 kodlu kerpiç iç sıva (altta) örneklerinin bileşimindeki saman vb. lifli organik katkıların boşluklarını/izlerini gösteren makro görüntüler
(Macro views showing the voids/traces of fibrous organic additives such as straw, etc. in the composition of IVb.B52.KT.27 adobe brick sample (at the top) and Vd.B54.S.39 adobe interior plaster sample (at the bottom))

orta çakıl ve üzeri tanelerinin toplam miktarı ortalama kütlece %6'dır (Şekil 3). 0,250mm ile 2mm aralığındaki orta kum, iri kum ve çok iri kum tanelerinin toplam miktarı kütlece %10 ve 0,063mm ile 0,250mm aralığındaki çok ince kum ve ince kum miktarları toplamı ise kütlece %12'dir.

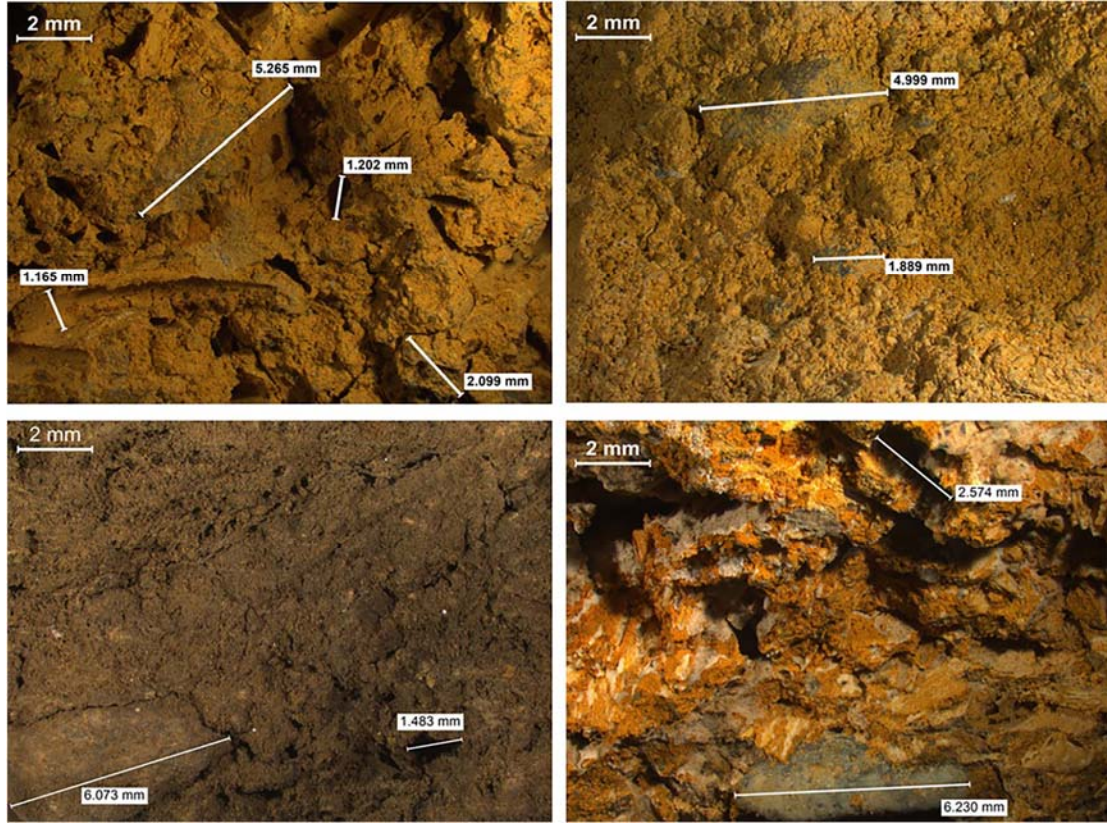
Tespit edilen bu üç farklı kerpiç karışımının kullanım amaçları da birbirinden farklıdır. Bileşim özellikleri ve işlevleri bir arada düşünüldüğünde:

- Kerpiç duvarı sıvayan iç sıvanın karışımındaki kil+mil oranı, kütlece dörtte üçü gibi çok fazla miktardadır; dolayısıyla çok ince tanelerin ağırlıklı olduğu ince bir bitirme malzemesidir. Farklı bileşim özelliğine sahip bir iç sıvanın da varlığı, sıva için birden fazla ürünün varlığına işaret etmektedir.
- Sıkıştırılmış toprak zemine ait iki farklı karışım tespit edilmiştir. Çakıl ve kum yüzdesi fazla olan yani kerpiç karışımın kütlece yarısı iri kum ve üzerindeki tanelerden oluşan sıkıştırılmış toprak zemin katmanının basınca dayanımının fazla olması ve yerden kılcal su emmeye direncinin yüksek olması beklenir. Kil+mil yüzdesi karışımın kütlece yarısı kadar olan yani kil+mil yüzdesi

fazla olan kerpiç zemin katmanının ise, bir önceki harç karışımına kıyasla, su emmeye karşı dayanımının daha yüksek olması ve daha düzgün ve ince dokulu zemin yüzleri oluşturması beklenir. Analiz sonuçları, işleve uygun olarak toprak zemin harç tabakalarının ve karışımlarının hazırlanmış olduğunu göstermektedir.

- Kerpiç blok ve tuğlada çakıl ve kum yüzdesi karışımın kütlece yarısı kadardır ve kil+mil yüzdesi kütlece en az dörtte biridir. Bu türden karışımlar, Anadolu topraklarında taşıyıcı amaçlı kullanılan tarihi kerpiç tuğla ürünlerin karışımlarına benzemektedir [23, 24].

Kerpiç karışımlarındaki CaCO₃ miktarının ve toplam organik madde miktarının kütlece oranı kütle kızdırma kaybı deneyi ile belirlenerek elde edilen sonuçlar Tablo 5'te verilmiştir. Kerpiç yapı malzemelerinin bileşimindeki toplam kalsiyum karbonat miktarının kütlece oranı %27,9-%46,1 aralığında hesaplanmış, kerpiç ürünlerin yüksek oranda CaCO₃ içerdiği anlaşılmıştır. Kerpiç ürünlerde bu türden fazla miktarlarda kalsiyum karbonatça zengin agrega içeren toprağın kullanılmış olması, yörenin CaCO₃'ça zengin bir jeolojik yapıya sahip olmasıyla ilişkilidir [5]. Kerpiç yapı malzemelerinin bileşimindeki toplam organik madde miktarının kütlece oranı %3,3-%7,4 aralığında bulunmuştur.



Şekil 5. IVb.B52.KT.27 kodlu kerpiç tuğla, , IVc.B62.H.14 kodlu kerpiç zemin harcı alt katmanı, IVc.B55.H.2 kerpiç zemin harcı üst katmanı ve IVc.B55.S.3 kodlu kerpiç iç sıvanın bileşimindeki iri agregaların varlığını gösteren 10x büyütmeli kalın kesit görüntüleri

(Cross-section images (10x magnification) of IVb.B52.KT.27 adobe brick, IVc.B62.H.14 floor sublayer mortar, IVc.B55.H.2 adobe finish floor mortar, and IVc.B55.S.3 adobe interior plaster samples showing the coarse aggregates in their compositions)

Kerpiç malzemelerin bileşimindeki saman gibi organik katkı malzemeleri zaman içerisinde kaybolmuştur. Ancak bu malzemelerin kerpiç yüzeyinde oluşturmuş olduğu boşluklar örneklerin makro görüntüleri (Şekil 4) ve kalın kesit görüntülerinde (Şekil 5) tespit edilmiştir ve kerpiç karışımındaki varlıkları ortaya çıkarılmıştır. Organik madde tayini için kütle kızdırma kaybı deneyi 600°C sıcaklıkta yapılmıştır. Bu sebeple, sadece saman lifleri değil, hayvan kılları ya da dışkıları gibi organik katkıların ve kerpiç malzeme bünyesindeki killerin de az miktarda yanmış olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Dolayısıyla, organik madde oranlarının tespit edilen miktardan daha düşük oranlarda olabileceği ve saman dışında başka katkıları da içerebileceği dikkate alınmalıdır.

4.2. Ulucak Höyük Neolitik Yerleşiminde Nitelikli Kerpiç Üretimine Göstergeleri

(Indicators of Qualified Adobe Production in Ulucak Höyük Neolithic Settlement)

Ulucak Höyük Neolitik dönem kerpiç yapı malzemeleri, işlevlerine göre farklı birim hacim ağırlıklarına ve farklı kil+mil yüzdesi ve tane boyu dağılımı özelliklerine sahiptir. Farklı performans özellikleri elde etmek üzere farklı kerpiç karışımlarının üretilmiş olması, Neolitik Dönem’de nitelikli

kerpiç üreten bir teknolojik birikimin varlığına işaret etmektedir.

Kerpiç karışımını bir arada tutan bağlayıcısı, kil ve kile eşlik eden belirli bir miktardaki mil (silt) bileşimidir. Kum parçacıklarının sıkıca bağlandığı bir kütle oluşturabilmesi için kerpiç karışımında yeterli miktarda kil ve mil bulunmalıdır [25]. Kil+mil bileşiminin ağırlıkça oranı %20 ile %75 arasında olan [26-28], kil bileşiminde kaolin ve/veya mika-illit grubu killeri bulunan [29], ve az miktarda dahi olsa karışımında çakıl boyutunda agregası bulunan [20, 28, 30] kerpiç toprağı karışımları nitelikli kerpiç olarak tanımlanmaktadır [31]. Ulucak Höyük Neolitik kerpiçlerinin bu özellikleri Tablo 6’da özetlenmiştir.

Bu dönemin kerpiç yapı malzemelerinin üç temel genel özelliği vardır: (i) Kerpiç yapı malzemelerinde mika-illit grubu veya mika-illit-kaolin grubu killeri içeren toprak kaynakları kullanılmış; (ii) Kil+mil karışımlarının değişen oranlarda (kil boyutunda) kalsiyum karbonat içerdiği belirlenmiş ve (iii) kerpiç karışımlarına 2 mm tane boyundan daha büyük iri agregalar dâhil edilmiştir (Tablo 6). İllit ve kaolin grubu killeri, smektit grubu killere kıyasla farklı nem koşullarında şişme ve büzülme hareketliliği daha az olan, kısaca, bağlayıcı olarak kullanıldıkları kerpiç malzemenin

Tablo 6. Kerpiç örneklerin kil cinsi, kil+mil bileşiminin yüzdesi ve bu bileşimdeki CaCO₃ miktarı ve kerpiç karışımındaki iri agrega yüzdesi(Clay types of the adobe samples, the ratio of their clay+silt components, the amount of CaCO₃ in their clay+silt components, and the coarse aggregate ratio in their mixtures – in percentages)

Örnek Kodu	Kil Cinsi	Kerpiç Karışımındaki CaCO ₃ Dahil Kil+Mil Oranı (tane boyu < 0,063mm) %, kütlece	Kil+Mil Boyutundaki (tane boyu < 0,063mm) CaCO ₃ 'ün Kil+Mil Karışımına Oranı	Kerpiç Karışımındaki Çakıl Agrega Oranı (tane boyu > 2mm) %, kütlece
IVb.B65.KB.38	Mika-İllit	24,4	1/4	23,9
IVb.B52.KT.27	Mika-İllit	29,0	1/5	28,8
IVc.B62.H.14	Mika-İllit	16,7	3/8	27,8
IVb.B13.H.21A	Mika-İllit ve Kaolin	51,8	5/9	11,4
IVc.B55.H.2	Mika-İllit ve Kaolin	40,8	1/3	11,8
IVc.B55.S.3	Mika-İllit ve Kaolin	-	3/8	-
Vd.B54.S.39	Mika-İllit ve Kaolin	71,3	2/7	6,0

boyutsal kararlılığını arttıran killerdir [29]. Buna ek olarak, kil+mil karışımında bulunan kil boyutundaki kalsiyum karbonatın varlığı [28] ve kerpiç karışımında iri agregaların yer alması [20, 28, 30], kerpiç malzemenin hacimsel olarak daha kararlı bir yapıda olmasını sağlamaktadır. Şişme ve büzülme hareketliliğini dolayısıyla çatlak oluşumunu kontrol altına alan bu nitelikler, kerpiç malzemenin uzun dönemde gösterdiği dayanıklılığa katkı sağlayan bileşim özellikleridir. Özetle, kerpiç harç karışımlarının bu karakteristik üç temel özelliği, Ulucak Höyük Neolitik yerleşiminde kullanılan kerpiç yapı malzemelerinin nitelikli olduğunu göstermektedir. Bu dönemde, nitelikli kerpiç üretimi için bilinçli seçilmiş ham madde kaynaklarının kullanılması ve bu ham maddelerin malzemenin işlevine göre değiştirilerek karılması ilgi çekicidir.

4.3. Onarımlarda kullanılacak kerpiç malzemelerin tarifine yönelik ipuçları

(Clues for the description of adobe materials to be used in repairs)

Bu değerlendirmeler ve incelenen üç farklı kerpiç malzemesi örneğinin ham madde ve bileşim özellikleri analizleri, onarımlarda kullanılacak olan kerpiç karışımlarının bileşim özelliklerine yönelik ipuçlarını da ortaya çıkarmıştır.

IVb tabakasına ait yapılarda, “kerpiç tuğla örgülü yığma dış duvar” yapımında kullanılan kerpiç tuğlalar ile “çit-çamur – ahşap direkli kerpiç sıvalı” duvar yapımında kullanılan kerpiç bloklarının ham madde ve bileşim özellikleri birbirlerine benzerdir. Bu bulgular, aynı yerleşim tabakasında duvar yapım tekniği farklı olsa da, ham madde ve bileşim özellikleri bakımından benzer kerpiç karışımlarının kullanıldığını göstermiştir. Onarım amaçlı kerpiç tuğla ve kerpiç blok karışımının üretimine yönelik elde edilen veriler Tablo 7’de özetlenmiştir.

Sıkıştırılmış toprak zeminlerin onarımında kullanılacak karışımlar, analizlerde tespit edilen alt ve üst katman harçlarının kil+mil cinsi ve oranı ve agrega oranları dikkate

alınarak hazırlanmalıdır. Onarımlarda, özgününe benzer karışımlara ve performans özelliklerine sahip alt ve üst katman onarım harçlarının kullanılması uygundur. Daha açık bir anlatımla, alt katman olarak iri agrega yüzdesi fazla olan kerpiç karışımı, bu katmanın üstüne de kil+mil yüzdesi fazla olan kerpiç karışımının kullanılması uygun olacaktır. Böylece, analiz sonuçları ile de işlevsel nitelikleri yorumlanan iki katmanlı sıkıştırılmış toprak harç ile hazırlanan zeminin korunması sağlanabilir. Böyle bir zeminin, sağlam, yerden kılcal su emmeye karşı dirençli, düzgün ve ince yüzü bir yapıya sahip olması beklenir. Sıkıştırılmış toprak zeminlerin onarımına yönelik alt ve üst olmak üzere iki kerpiç karışımının hazırlanmasına ait elde edilen veriler Tablo 7’de özetlenmiştir.

Vd tabakasına ait yapıda, “çit-çamur – ahşap direkli kerpiç sıvalı” duvarın onarımında kullanılacak olan kerpiç iç sıvanın ince bitirme katmanının üretimine yönelik elde edilen veriler Tablo 7’de özetlenmiştir. Bu sıva türü, çok ince tanelerin ağırlıklı olduğu ince bir sıva bitirme malzemesidir. Bu çalışmada, farklı bileşim özelliğine sahip başka bir iç sıva veya katmanının da varlığı tespit edilmiştir. Anadolu topraklarındaki kerpiç malzeme teknolojisinde çok katmanlı sıva uygulamaları yüzyıllar boyunca uygulanmıştır [2, 23, 24, 32]. Analiz edilen ince sıva bitirme katmanının altında alt katman kullanılmış olması muhtemeldir. Alt tabaka sıvalarının yeterli miktarda örnek temin edilerek incelenmesi gerekmektedir.

Tablo 7’de tanımlanan tüm kerpiç karışımlarda, kil+mil bileşeni dahil, toplam %28 - %46 aralıkta yüksek oranda kalsiyum karbonat bileşeni bulunmaktadır. Çatalhöyük (M.Ö. 7400 – M.Ö.6000, Konya) ve Aşıklı Höyük (M.Ö. 9000 – M.Ö. 8000, Aksaray) Neolitik yerleşimlerinde ve Kültepe - Karum (M.Ö. 2050/2000 – M.Ö. 1920, Kayseri) Tunç Çağı yerleşimindeki kerpiç malzemelerin içeriklerinde bu kadar yüksek oranda kalsiyum karbonat bileşeni bulunmamaktadır [22, 34, 35]. Kalsiyum karbonat bileşeninin fazla miktarlarda kullanılmış olması bakımından

Tablo 7. Onarım amaçlı duvar yapımında kullanılacak olan kerpiç tuğla/blok ve iç sıva karışımlarının ve sıkıştırılmış toprak zeminin alt ve üst katmanlarında kullanılacak harç karışımlarının bileşim özellikleri

(Compositional properties of adobe bricks/blocks, interior plasters, and the mortars, specifically the lower and upper layers of the compacted soil floor, to be used for repair purposes)

Kerpiç Malzemeler	Kil+Mil Bileşimi ($X < 0,063\text{mm}$)			Agrega (Kil+Mil Dışında Kalan) Bileşimi ($X > 0,063\text{mm}$)							
	Kil Cinsi	Kil+Mil Oranı	Kil+Mil Bileşimindeki CaCO_3 Oranı	Tane Boyu Dağılımı					Agrega Oranı	CaCO_3 İçerikli Agregaya Oranı	Kerpiç Karışımındaki Organik Madde Katkısı
				$X > 4\text{mm}$	$2\text{mm} < X < 4\text{mm}$	$0,5\text{mm} < X < 2\text{mm}$	$0,25\text{mm} < X < 0,5\text{mm}$	$0,063\text{mm} < X < 0,25\text{mm}$			
		%	kesirli oran,	%	kesirli oran,	%	kesirli oran,	%	kesirli oran,	%	
		%,	kesirli oran,	%,	kesirli oran,	%,	kesirli oran,	%,	kesirli oran,	%,	
		kütlece	kütlece	kütlece	kütlece	kütlece	kütlece	kütlece	kütlece	kütlece	
Kerpiç tuğla/blok	Mika-illit	24	1/4	72	12	14	27	7	12	1/3	4
Kerpiç zemin harcı	Alt katman	16	2/5	79	21	6	19	11	22	1/4	5
	Üst katman	44	1/2	50	5	6	17	6	16	2/5	6
Kerpiç iç sıva (ince bitirme katmanı)	Mika-illit ve Kaolin	68	1/3	29	3	3	7	3	13	1/3	3

Ulucak Höyük kerpiçleri, Anadolu topraklarındaki diğer Neolitik ve Tunç dönemine ait kerpiçlerden farklılaşmaktadır. Onarım amaçlı üretilecek olan kerpiç ürünlerin de Ulucak-Kemalpaşa (İzmir) yöresinin kalsiyum karbonata zengin agrega ve kil içeren toprak kaynakları ile hazırlanması önerilir. Bu kapsamda, yörenin nitelikli kerpiç kaynaklarının tespitine yönelik araştırmalar yapılması faydalı olacaktır.

5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu araştırma ile Ege Bölgesi'nin bilinen en eski yerleşimi olan Ulucak Höyük Neolitik dönemine ait kerpiç yapı malzemelerinin özgün ham madde ve bileşim özellikleri ortaya çıkarılmıştır. Anadolu topraklarında gelişen bu tarihi kerpiç teknolojisini daha iyi anlaşılması, kültürümüzün belgelenmesi ve sürdürülmesi bakımından değerlidir. Edinilen birikim, tarihi kerpiç yapıların ve arkeolojik kerpiç kalıntılarının korunması kapsamındaki uygulamalara ve günümüz kerpiç mimarisi uygulamalarına yol gösterici olabilecek niteliktedir.

Bu çalışmada Ulucak Höyük Neolitik yerleşiminin kerpiç tuğla, kerpiç blok, kerpiç zemin harcı ve kerpiç iç sıva yapı malzemelerinden oluşan yedi örnek bileşim/ham madde ve mineralojik özellikleri bakımından incelenmiştir.

Ulucak Höyük Neolitik yerleşiminde yapı malzemesi olarak kullanılan kerpiç ürünlerde iki farklı kil karışımının aynı dönemlerde bağlayıcı bileşen olarak kullanılmış olması, o dönemlerde iki farklı kerpiç toprağı kaynağından faydalanılmış olabileceğine işaret etmektedir. Seçilen kerpiç toprağı kaynaklarının mika-illit ve kaolin gibi nitelikli kil

cinslerini içermesinin yanı sıra, kerpiç ürünlerin su ile ilişkisinde boyutsal kararlılığa katkı sağlayacak olan kil+mil boyutunda kalsiyum karbonat içermesi de dikkat çekicidir.

Kerpiç tuğla ve kerpiç blok gibi taşıyıcı özellikleri ön plana çıkan kerpiç malzemelerde mika-illit grubu kil içeren kerpiç toprağı kaynağı kullanılmıştır. Bu ürünlerin karışımlarındaki kil+mil yüzdesi ağırlıkça ortalama %24'tür ve 2mm tane boyundan daha büyük çakıl tanelerinin ağırlıkça yüzdesi ortalama %26'dır. Duvarı sıvayan ya da zemini kaplayan ince harç malzemelerinde ise, kaolin ve mika-illit killerini içeren kerpiç toprağı kaynağı kullanılmıştır. İnce sıva ürünün karışımındaki kil+mil yüzdesi ağırlıkça ortalama %68'dir ve 2mm tane boyundan daha büyük çakıl tanelerinin ağırlıkça yüzdesi ortalama %6'dır. Sıkıştırılmış toprak zeminin ince harç malzemedeki karışımın üst katmanının karışımındaki kil+mil yüzdesi ağırlıkça ortalama %44'tür ve 2mm tane boyundan daha büyük çakıl tanelerinin ağırlıkça yüzdesi ortalama %11'dir. Agregaya yüzdesi azalan ve agrega tane boyu küçülen bu ince malzemelerde kil+mil yüzdesi de artarken iri agrega oranı azalmaktadır. Tüm bu veriler, işlevleri farklılaşan yapı malzemeleri için kerpiç toprağı kaynaklarının bilinçli olarak seçildiğini ve farklı karışımlarda bilinçli olarak üretildiğini düşündürmektedir. Ulucak Höyük Neolitik dönem özgün kerpiç yapı malzemelerinin bileşim özellikleri ile ilgili elde edilen veriler, koruma çalışmalarında kullanılacak olan kerpiç onarım ürünlerinin üretimine yol gösterici niteliktedir. Bu veriler sayesinde, özgün kerpiçler ile uyumlu olabilecek onarım kerpiçlerinin bileşim özelliklerinin tarifleri yapılabilmektedir. Bu tariflerden yola çıkarak farklı performanslara sahip nitelikli yeni kerpiç ürünlerin geliştirilmesi mümkündür.

Kerpiç yapı malzemelerinin kil cinsi, kil+mil yüzdesi, kil+mil boyutundaki kalsiyum karbonat varlığı ve iri agrega kullanımı, kerpiç ürünün nitelikli olup olmadığının değerlendirilmesinde öne çıkan bileşim özellikleridir. Bunun yanı sıra, kerpiç malzemenin birim hacim ağırlığı ve kil+mil yüzdesi farklı amaçlı üretilmiş olan kerpiç malzemelerin sınıflandırılmasında yararlı bulunan parametrelerdir.

Mekanik ve dayanıklılık özellikleri, kerpiç ürünlerin değerlendirilmesi bakımından önemli testleri içerir. Ancak, Ulucak Höyük arkeolojik alanından temin edilebilen yangına maruz kalmamış malzeme miktarı her bir örnek için oldukça sınırlıdır. Özgününe benzer karışımlarda üretilecek olan kerpiç numunelerin üretilmesi ile standart boyutlarda ve sayıda örnek temini ve standartlara uygun mekanik ve dayanıklılık testlerinin yapılabilmesi mümkün olabilir.

Nitelikli olduğu bilinen ham madde kaynaklarının seçilerek ve yapıdaki işlevi doğrultusunda farklı bileşimlerde karılarak kerpiç üretiminin yapılması Neolitik dönemde Ulucak Höyük yerleşiminde gelişmiş bir kerpiç teknolojisinin varlığını göstermektedir. Bu bilinçli üretim teknolojisinin höyüğün erken ve geç Neolitik tabakalarında kullanılıyor olması, bu birikimin yüzyıllar boyunca sürdüğünün göstergesidir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Ulucak Höyük kerpiç yapı malzemelerinin çalışılması konusunda izni ve desteği dolayısıyla Ulucak Höyük Kazı başkanı Sayın Prof. Dr. Özlem Çevik'e, örneklerin kazı alanından toplanması, sınıflandırılması ve hazırlanması konusundaki yardımları için Kemal Sevindik ve Coşkun Sivil'e ve sahadaki desteklerinden ötürü 2017 yılı Ulucak Höyük kazı ekibine çok teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Pekmezci, B., Kafescioğlu, R., Agahzadeh, E., Improved performance of earth structures by lime and gypsum addition, *METU Journal of the Faculty of Architecture*, 29 (2), 205-221, 2012.
2. Atikoğlu, C., Erdil, M., Tavukçuoğlu, A., Compatibility Assessment with a Focus on Breathing Capability in Timber Framed Dwellings in Ankara and Mersin (Turkey), *Interdisciplinary Perspectives for Future Building Envelopes - ICBEST 2017 International Conference on Building Envelope Systems and Technologies*, Istanbul- Turkey, 608-620, 15-18 May, 2017.
3. Yüncü, B., Tavukçuoğlu, A., Caner-Saltık, E.N., Breathing Features Assessment of Porous Wall Units in Relation to Indoor Air Quality, In: *Proceedings Book - 35th AIVC Conference-4th TightVent Conference-2nd Venticool Conference-Ventilation and airtightness in transforming the building stock to high performance*, Poznań- Poland, 703-711, 24-25 September, 2014.
4. Çevik, Ö., Vuruşkan, O., Sivil, C., Ulucak Höyük (MÖ 6850-5460), *İzmir Araştırmaları Dergisi*, 12, 11-41, 2020.
5. Kayan, İ., Kemalpaşa Çevresinde Geçmişten Günümüze Arazi Kullanımı ve Günümüzdeki Sorunlar, *Kemalpaşa Kültür ve Çevre Sempozyumu*, İzmir-Türkiye, 1-16, 3-5 Haziran, 1999.
6. Çilingiroğlu, A., Derin, Z., Abay, E., Sağlamtimur, H., Kayan, İ., *Ulucak Höyük: Excavations Conducted Between 1995 and 2002*, Peeters, Louvain, 2004.
7. Çevik, O., Abay, E., Neolithisation in Aegean Turkey: Towards a More Realistic Reading, *Anatolian –Metal 7: Anatolia and Neighbours 10.000 Years Ago*, Der Anschnitt, Beiheft 31, Editör: Yalçın, Ü., Deutschen Bergbau-Museum, Bochum, 187-197, 2016.
8. French, D., Early pottery sites from Western Anatolia, *Bulletin of the Institute of Archaeology*, V, 15-24, 1965.
9. Çilingiroğlu, A., Çevik, Ö., Çilingiroğlu, Ç., *Ulucak Höyüğü*, Ege Üniversitesi Arkeoloji Kazıları, Editör: Çilingiroğlu, A., Mercangöz, Z., Polat, G., Ege Üniversitesi, 157-168, 2012.
10. Çilingiroğlu, A., Çevik, Ö., Çilingiroğlu, Ç., *Ulucak Höyük Towards Understanding the Early Farming Communities of Middle West Anatolia: Contribution of Ulucak, The Neolithic in Turkey: New Excavations & New Research. Western Turkey*, Editör: Özdoğan, M., Başgelen, N., Kuniholm, P., Arkeoloji ve Sanat Yayınları, İstanbul, 139-175, 2012.
11. Derin, Z., *The Neolithic Architecture of Ulucak Höyük. How Did Farming Reach Europe? BYZAS 2*, Editör: Lichter, C., Ege Yayınları, İstanbul, 85-94, 2005.
12. Derin, Z., Abay, E., Özkan, T., *Kemalpaşa-Ulucak Höyük Kazıları, 1999-2000*, 23. Kazı Sonuçları Toplantısı, Ankara-Türkiye, C.1, 341-350, 28 Mayıs-1 Haziran, 2001, basım tarihi 2002.
13. Çevik, Ö., Vuruşkan, O., Göz, B., Öztürk, C., *Ulucak Höyük 2017-2018 Yılı Kazı Çalışmaları*, 41. Kazı Sonuçları Toplantısı, Diyarbakır-Türkiye, C.4, 1-16, 17-21 Haziran, 2019, basım tarihi 2020.
14. Çevik, Ö., Vuruşkan, O., Sivil, C., Sevindik, K., *Ulucak Höyük 2015-2016 Yılı Kazı Çalışmaları*, 39. Kazı Sonuçları Toplantısı, Bursa-Türkiye, C.3, 365-376, 22-26 Mayıs, 2017, basım tarihi 2018.
15. ASTM D7263-09(2018)e2 - Standard Test Methods for Laboratory Determination of Density (Unit Weight) of Soil Specimens, American Society for Testing and Materials, 2018.
16. Folk, R.L., *Petrology of Sedimentary Rocks*, Hemphill Pub Co, Austin Texas, 2002.
17. Teutonico, J.M., *A Laboratory Manual for Architectural Conservators*, ICCROM, Rome, 1988.
18. Tucker, M.E., *Sedimentary Petrology: An Introduction to the Origin of Sedimentary Rocks*, Blackwell Science, Oxford, 2001.
19. Tucker, M. E., *Sedimentary Rocks in the Field*, Wiley, 2003.

20. Minke, G., *Building with Earth, Design and Technology of a Sustainable Architecture*, Birkhauser Publishers for Architecture, Berlin, 2006.
21. Stein, J.K., Organic matter and carbonates in archaeological sites, *J. Field Archaeol.*, 11 (2), 239–246, 1984.
22. Love, S., The geoarchaeology of mudbricks in architecture: A methodological study from Çatalhöyük, Turkey, *Geoarchaeology: An International Journal*, 27 (2), 140–156, 2012.
23. Meric, I., Erdil, M., Madani, N., Alam, B. A., Tavukcuoglu, A., Caner Saltik, E., *Technological Properties of Earthen Building Materials in Traditional Timber Frame Structures*, Kerpıc'13 - 3rd International Conference – New Generation Earthen Architecture: Learning from Heritage, Istanbul- Turkey, 465-473, 11-15 September, 2013.
24. Meric, I., Erdil, M., Madani, N., Alam B.A., Tavukcuoğlu, A., Caner-Saltık, E., *Material Characterization of Mudbrick and Neighbouring Plasters in Traditional Timber Framed Structures*, In Proceedings Book: MONUBASIN 9- 9th International Symposium on the Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin - Improvements in Conservation and Rehabilitation – Integrated Methodologies, Ankara-Turkey, 259-272, 3-5 June 2014., published in 2017.
25. Brown, P. W., Clifton, J. R., *Adobe I: The properties of adobe*, *Stud. Conserv.*, 23 (4), 139–146, 1978.
26. CRATerre-EAG: Rigassi, V., *Compressed Earth Blocks, Manual of Production.*, Braunschweig, Allemagne:, Friedrich Vieweg & Sohn, 1, 1995.
27. Standards Australia and Walker P., HB 195: *The Australian Earth Building Handbook*, Standards Australia, Sydney, 2002.
28. Smith, E. W., Austin, G. S., *Adobe, Pressed-Earth, and Rammed-Earth Industries in New Mexico*, Bulletin 159, NM: New Mexico Bureau of Mines and Mineral Resources, Socorro, 1996.
29. Torraca, G., *Porous Building Materials-Material Science for Architectural Conservation*, ICCROM, Rome 1998.
30. Stefanidou, M., Papayianni, I., *The role of aggregates on the structure and properties of lime mortars*, *Cem. Concr. Compos.*, 27 (9–10), 914–919, 2005.
31. Jiménez-Delgado, M. C., Guerrero, I. C., *The selection of soils for unstabilised earth building: A normative review*, *Constr. Build. Mater.*, 21 (2), 237–251, 2007.
32. Tavukcuoğlu, A., Saltık, E. N., Erol, F., *Kemer Köyündeki (Salihli, Manisa) Geleneksel Evlerin Tamirinde Kullanılacak Malzemelerin Tarifine Yönelik Analizler: Kerpiç Harcı ve Sıvalar*, 4. Ulusal Yapı Kongresi – Yapı Sektöründe Yenilikçi Yaklaşımlar, Antalya-Türkiye, 173-184, 6-8 Aralık, 2018.
33. Uzdurum, M., *MÖ 9. – 8. bin yıl kerpiç mimarisine mikroarkeolojik bir yaklaşım: Aşıklı Höyük'te kerpiç ve harç tarifleri*, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2019.
34. Uğuryol, M., Kulakoğlu, F., *A preliminary study for the characterization of Kültepe's adobe soils with the purpose of providing data for conservation and archaeology*, *Journal of Cultural Heritage* 14 (3), e117-e124, 2013.