

# **Scientific Studies on Conservation for Üzümlü Church and its wall paintings in Cappadocia, Turkey**

Üzümlü Kilisesi' nin ve kilise içindeki duvar resimlerinin korunması  
üzerine bilimsel çalışmalar (Kapadokya, Türkiye)

**Vol. 1 : Annual report on the activities in 2014**

Sayı 1: 2014 yılı faaliyet raporu

**University of Tsukuba  
2014**



Scientific Studies on Conservation for Üzümlü Church  
and its wall paintings in Cappadocia, Turkey

Vol. 1 (Report on the activities in 2014)



# Contents

I Scientific Studies on Conservation for Üzümlü Church and its wall paintings in Cappadocia, Turkey.....	1
Yoko Taniguchi, University of Tsukuba	
II Scientific studies on Conservation of Rock Hewn site, Üzümlü Church	
II-1 Location map of sensors and rock samples .....	9
Keigo Koizumi, Osaka University	
II-2 Environmental survey and thermographical investigation at the Üzümlü Church.....	14
Chiemi Iba, Kyoto University	
II-3 Monitoring and estimation of water and heat flows in the rocks at the base of Üzümlü church.....	23
Kunio Watanabe, Mie University	
II-4 Unconfined compression strength by needle penetration test .....	32
Chunze Piao, HYTEC Inc.	
II-5 Preliminary Aging tests (outdoor environment) of consolidants for tuff rock samples .....	37
Katsuhiko Sano, D & D Corporation	
Kazushige Mizukoshi, D & D Corporation	
III Scientific analysis and Conservation for Üzümlü wall paintings	
III-1 Üzümlü Church Kizil Valley, Cappadocia, Turkey eptember 2014: Investigative campaign.....	43
Jennifer Porter, Wall painting conservator	
III-2 Rock and wall painting samples from Üzümlü Church (2014) .....	77
Yoko Taniguchi, University of Tsukuba	
III-3 Stratigraphic and elemental analyses of Üzümlü wall paintings .....	86
Yoshiko Shimadzu, National Museum of Japanese History,	
Natsuko Kugiya, visiting researcher of National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo	
Yoko Taniguchi, University of Tsukuba	
III-4 ELISA (Enzyme-linked immunosorbent assay) testing for organic binding media of Üzümlü wall paintings.....	96
Miho Takashima, National Museum of Western Art	
III-5 Nano liquid chromatography-electrospray ionization tandem mass spectrometry (Nano-LC- ESI-MS/MS) analysis of the Üzümlü wall paintings .....	103
Shunsuke Fukakusa, Nara Women's University	
Kazuki Kawahara, Osaka University	
Takashi Nakazawa, Nara Women's University	
III-6 Documentation of Üzümlü Church: High-resolution Database of the Condition of Paintings.....	107
Tamaki Suzuki, Visiting researcher of National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo	
Ryo Higuchi, Tokyo Institute of Technology	
Mina Shibata	
IV Appendices	
IV-1 Scientific analysis.....	119
IV-2 Condition glossary.....	130
IV-3 Documentation of wall paintings.....	138





I. Scientific Studies on Conservation for  
Üzümlü Church and its wall paintings in Cappadocia, Turkey







# I Scientific Studies on Conservation for Üzümlü Church and its wall paintings in Cappadocia, Turkey

## Üzümlü Kilisesi'nin ve kilise içindeki duvar resimlerinin korunması üzerine bilimsel çalışmalar (Kapadokya, Türkiye)

Yoko Taniguchi, University of Tsukuba

### I -1 Project background and objectives

The main objective of this scientific project is to assess and establish some relevant methods of slowing the extremely rapid natural deterioration of cultural heritage made of soft and decohesive volcanic tuff. This research focuses on a typical example in Cappadocia, Turkey, but will have great relevance for the conservation of Japanese tuff heritage.

In 1985, Cappadocia was inscribed as a UNESCO World Natural and Cultural Heritage Site under the name "Göreme Natural and Historical National Park". The region receives fairly high levels of rainfall and snowfall during the winter season, which may cause freezing and thawing and other severe surface problems, resulting in rapid weathering at the rate of 0.4-2.5 mm/yr (Erguler 2009). Rock-hewn churches often contain reliefs and wall paintings dating from Byzantine and later periods, which also contribute to their historical values. However, their fabric, as bodies and supports of wall paintings, are severely damaged and collapse due to weathering and seismic activity every year, and are lost permanently. Therefore, it is believed that a combination of approaches to address the conservation of the rock fabric as well as the wall paintings shall provide valuable contributions to prolong their life for the future.

The unique landscape of Cappadocia is composed of soft volcanic originating from Mt Erciyes, Mt Hasandag and Mt Göllüdağı, which has undergone extreme wind and water erosion. A primary factor in its deterioration is the composition of the tuff itself: it contains large amounts of volcanic glass and various feldspars, which transform into clay minerals such as zeolite and montmorillonite, which contribute to the weakening of the structures in the presence of water. Biological growth such as lichen and algae are also seen on the rock surfaces, and considered to be another cause of surface deterioration. However, a positive effect of the presence of lichens (biofilms) as a protective water repellent

### I -1 Proje geçmişi ve hedefi

Bu bilimsel çalışmanın temel amacı, yumuşak ve gözenekli volkanik tüf kayadan yapılmış olan kültürel mirasın doğal nedenlerden kaynaklanan son derece hızlı bozulmasını yavaşlatacak yöntemleri saptamak ve oluşturmaktır. Bu araştırma, Türkiye, Kapadokya bölgesindeki karakteristik bir örnek üzerine odaklanmıştır ancak Japon tüf mirasının korunması ile de büyük bir bağlantısı vardır.

Kapadokya, 1985 yılında, "Göreme Tarihi Milli Parkı" olarak UNESCO Dünya Doğal ve Kültürel Mirası Listesine alınmıştır. Bölgenin kış döneminde, donma ve çözülmeye ve diğer ciddi yüzey sorunlarına yol açan 0.4-2.5mm/yıl gibi bir hızla aşınmaya neden olan yağmur ve kar yağışına maruz kaldığı bilinmektedir (Erguler 2009). Kayaya oyulmuş kiliseler, sıklıkla, Bizans'tan ve daha sonraki dönemlerden kalan ve tarihi değerlerine değer katan rölyefler ve duvar resimleri barındırmaktadır. Bununla birlikte, duvar resimlerinin sıva ve harç gibi kaya dokusunu oluşturan malzemeleri, her yıl atmosfer aşındırması ve deprem sarsıntıları sebebiyle ciddi anlamda zarar görmekte, çökmekte ve sonsuza dek yitip gitmektedir. Bu nedenle, hem kaya yapısının hem de duvar resimlerinin korunmasına yönelik yaklaşımların birleştirilmesinin, her ikisinin de varlık sürelerini uzatmaya değerli katkıları olacağı düşünülmektedir.

Kapadokya, eşsiz görünümünü, Erciyes, Hasan ve Göllü dağlarından çevreye yayılan yumuşak tüf tabakasına ve rüzgarın ve suyun etkisiyle meydana gelen şiddetli erozyona borçludur. Kayalarda görülen bozulmanın nedenlerinden biri kayayı oluşturan temel bileşenlerdir: volkanik cam ve çeşitli feldispatlar, su mevcudiyetinde zeolit ve montmorillonit gibi kil minerallerine dönüşür ve yapıları zayıflatır. Kaya yüzeylerinde görülen yosun ve liken gibi biyolojik oluşumlar da yüzeydeki bozulmanın nedenleri arasında sayılmaktadır. Fakat, su geçirmezlik özelliği ile gelen sıvı suya karşı kaya yapısını koruması, liken varlığının olumlu bir etkisi olarak

against incoming liquid water has also been reported (Garcia-Vallés, et.al 2003).

Most of the past and on-going conservation measures by local sector in Nevşehir region is to promote removal of such surface biological deposits and covering the churches with lime/cement mortar. However, these approaches may in fact contribute to the acceleration of rock loss, and alternative methods should be explored in order to preserve these valuable sites.

## I -2 Location of the site

A stand-alone rock-hewn church was selected for this case study during the UNESCO mission in 2009. A large number of churches within the Cappadocia region were examined before this selection, focusing in particular on their size and degree of deterioration. The Üzümlü (Grape) Church is quite small scale and located near the entrance of the Red Valley (figure 1). It is close to the west of Ortahisar village. The church shows obvious deterioration phenomena caused by environment, rock composition and seismic activity, biological and human activities including continuous vandalism. It has fair numbers of tourists and visitors, therefore it is believed to have high potential to become an excellent tourist interpretation site during/after conservation campaigns.

## I -3 Historical background of the Üzümlü church and wall paintings

The church has two storeys: the upper level is a chamber with cross-shaped relief on the ceiling, however, is not accessible due to the partial collapse of rock walls. The church at ground level contains wall paintings in three of its chambers (1, 2 and 3), with yellow/orange tones. The main motifs are saints including St. Nichitas, and grapes/flowers, a Maltese cross and geometrical motifs. Architectural details could be found in the report III-6 (Suzuki, Higuchi and Shibata). The exact date of the church is not definite: 8-9th century is estimated for the first excavation, and probably some extensions and the wall paintings could be dated to the 11-12th century due to iconography.

bildirilmiştir (Garcia-Vallés ve ark. 2003).

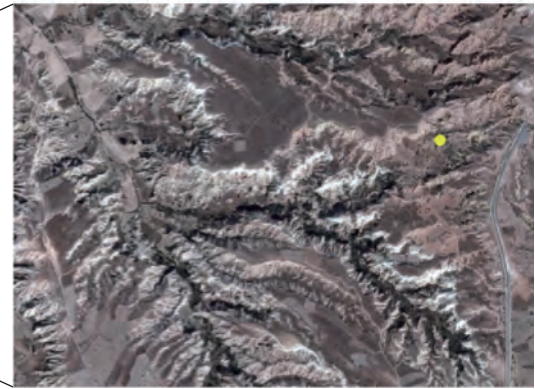
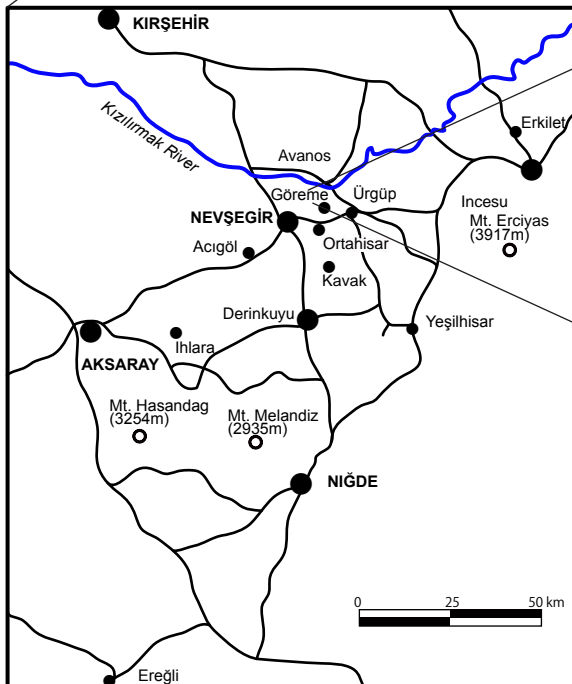
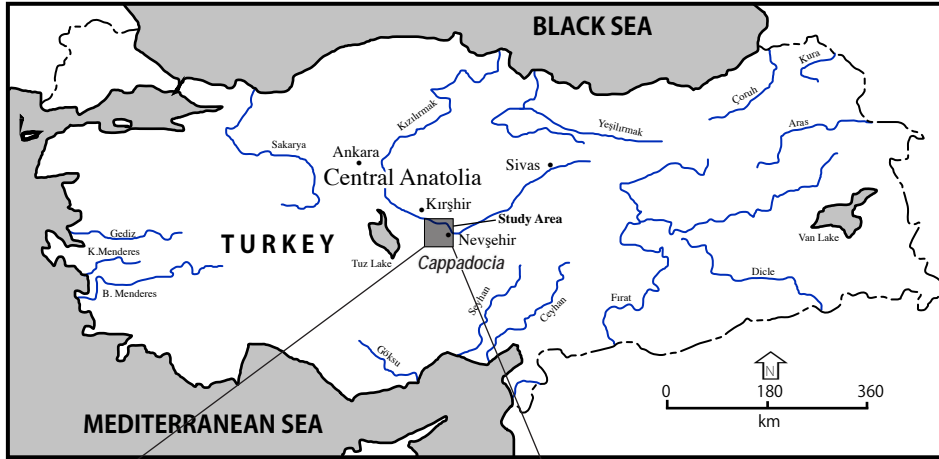
Nevşehir'deki yerel sektör tarafından alınan geçmiş ve süregelen koruma önlemlerinin pek çoğu, bu tür biyolojik katmanların yüzeyden temizlenmesine ve kiliselerin kireç/çimento karışımı harç ile kaplanmasına yöneliktir. Ancak bu yaklaşım, kaya hasarının hızlanmasına yol açabilir. Dolayısıyla, böyle değerli alanların korunmasında daha farklı yöntemler araştırılmalıdır.

## I -2 Çalışma alanının konumu

2009 yılında UNESCO özel görevi sırasında bu durum çalışması için kayaya oyulmuş bağımsız bir kilise seçildi. Kapadokya ve çevresindeki kiliseler boyutlarına ve bozulma derecelerine göre incelendi. Oldukça küçük bir kilise olan Üzümlü Kilisesi (The Grape Church) Kırmızı Vadi'nin girişine yakın bir konumdadır (Şekil 1). Ortahisar kasabasının batı tarafına yakındır. Kilise, çevresel etkenlerden, kaya yapısından, biyolojik oluşumlardan ve sık sık tekrarlanan vandallık olaylarını da içeren insan etkinliklerinden kaynaklanan belirgin bozulma özellikleri göstermektedir. Mevcut durumuyla bile makul sayıda turist ve ziyaretçi çektiği göz önüne alındığında, koruma projeleri sırasında ve sonrasında birinci sınıf bir turistik cazibe merkezine dönüşebileceğine inanılmaktadır.

## I -3 Üzümlü Kilisesi' nin ve duvar resimlerinin tarihi arka planı

Kilise iki katlı bir yapıdır. Üst kısım, tavanında haç şeklinde bir rölyef bulunan bir oda bulunmaktadır; ancak kısmen çökmüş olan taş duvarlar nedeniyle bu odaya ulaşılamamaktadır. Odalar 1, 2 ve 3'teki duvar resimleri sarı/turuncu tonları ile betimlenmiştir. Temel motifler arasında Aziz Nichitas'ın da içinde bulunduğu azizler, üzümler/çiçekler, bir Malta haçı ve geometrik şekiller yer almaktadır. Mimari ayrıntılar için rapor III-6'ya (Suzuki, Higuchi and Shibata) bakılabilir. Kilisenin kuruluş tarihine ilişkin kesin bir bilgi yoktur: 8.-9. yüzyıllarda yapımına başlandığı ve ikonografiye dayanılarak bazı eklentiler ile duvar resimlerinin 11.-12. yüzyıl olarak tarihlendirilebileceği düşünülmektedir.



Üzümlü Kilise

Figure 1. The Üzümlü (Grape) Church map

#### I -4 Project framework and plans

A three year project (2014-2016) has the following goals:

- [1] To characterise mechanical and chemical properties of Üzümlü tuff rocks and to carry out in-situ and laboratory tests in order to evaluate consolidants/water repellents and their aging characteristics.
- [2] To characterise micro/local environment and seasonal changes. To monitor moisture behaviour in the soil and rocks throughout project period.
- [3] To execute a comprehensive conservation program for the Üzümlü wall paintings, including establishing alternative grouting/fixing methods and presentations.

#### I -5 Objectives of the campaign 2014

The first campaign was executed between 1 and 10 September, 2014. In total, 9 foreign and 7 Turkish members participated in the campaign to execute:

- To set up environmental monitoring sensors around/in the Üzümlü church to obtain microenvironmental conditions (wind speed, wind directions, rainfall, RH, temperature);
- To set up 2 sensors to assess the water content behavior of the tuff rock itself over a period of one year;
- To test in-situ rock conditions according to the weathering conditions;
- To create a condition map of the wall paintings which shows particular deterioration phenomena due to the tuff's geological/geomorphological structural problems, painting technological/material nature, and human caused issues;
- To assess the condition of wall paintings using in-situ observation techniques.
- To obtain minute samples for use in detailed laboratory tests, including identification of alteration products of pigments, morphological information of plaster layer, possible organic remains as binding media using ELISA and nano LC-ESI-MS/MS techniques.

Documentation and laboratory analysis was completed in Japan after returning from the field mission. More researchers have participated in the documentation and laboratory studies as seen in the list of contributors at the colophon page. Reports of each activity are presented in this publication.

#### I -4 Projenin çerçevesi ve planı

Bu üç yıllık (2014-2016) proje ile şunlar hedeflenmektedir:

- [1] Üzümlü'nün tuf kaya yapısının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin tanımlanması; yerinde ve laboratuvar ortamında testler uygulanması; sağlama/yağdırıcıların/suya karşı koruyucuların ve yıpranma testlerinin değerlendirilmesi;
- [2] Mikro/yerel çevrenin ve mevsimsel değişikliklerin tanımlanması, toprak ve kayalardaki nemin proje dönemi boyunca izlenmesi.
- [3] Üzümlü duvar resimleri için, farklı derzleme/sabitleme yöntemlerinin belirlenmesini ve tanıtımını da içine alan kapsamlı bir koruma planının uygulanması.

#### I -5 Projenin hedefleri, 2014

İlk proje 1-10 Eylül 2014 tarihleri arasında gerçekleştirildi. Projeye, toplamda 9 yabancı, 7 Türk katılımcı şu hedefleri gerçekleştirmek üzere dahil oldu:

- Mikro-çevre koşulları (rüzgar hızı, rüzgar yönü, yağış miktarı, bağıl nem, sıcaklık) hakkında bilgi edinmek için Üzümlü Kilisesi'nin çevresine ve içine çevre izleme sensörleri yerleştirmek;
- Tuf kayanın su içeriğinde bir yıl içerisinde meydana gelen değişiklikleri saptamak için iki sensör yerleştirmek;
- Hava koşullarının kaya üzerine etkilerini yerinde test etmek;
- Tufün yapısındaki jeolojik/jeomorfolojik problemlerden, boyamada kullanılan tekniğin ve malzemenin yapısından ve insanlardan kaynaklanan belirgin bir bozulma sergileyen duvar resimlerine ilişkin bir durum haritası oluşturmak;
- Yerinde gözlem tekniklerini kullanarak duvar resimlerinin durumunu değerlendirmek.
- ELISA ve nano LC-ESI-MS/MS tekniklerini kullanarak, pigmentlerdeki değişikliklerin belirlenmesini, sıva tabakası ve bağlayıcı medyumlar gibi olası organik kalıntılar hakkında morfolojik bilgi edinmeyi de içeren daha detaylı laboratuvar testlerinde incelenmek üzere örnekler toplamak.

Belgeleme ve laboratuvar analizleri, alan çalışmasından döndükten sonra Japonya'da tamamlandı. Kolofon sayfasında yer alan "katkıda bulunanlar" listesinde de görüldüğü gibi, belgeleme ve laboratuvar çalışmaları sırasında daha fazla araştırmacı çalışmaya dahil oldu. Her bir faaliyetin raporları bu yayımda sunulmuştur.

## I -6 Project members

Japanese team

Yoko Taniguchi (University of Tsukuba)

Keigo Koizumi (Osaka University)

Chiemi Iba (Kyoto University)

Kunio Watanabe (Mie University)

Piao Chunzu (Hytec. Co)

Jennifer Porter (Wall painting conservator, University of Malta)

Mizuho Yoshioka (Student, Kyoto University)

Ryo Higuchi (Student, Tokyo Institute of Technology)

Mina Shibata (Assistant, National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo)

Turkish collaborators

Murat Gulyaz (Directorate of Nevşehir Museum)

Fazil Açıkgöz (Archaeological-Restorer, Nevşehir Restoration and Conservation and Regional Laboratory Directorate)

Uğur Yalçincaya (Restorer)

Merve Aziz Işin (Restorer)

Mustafa Toptepe (Restorer)

Ayça Baştürkmen (Restorer)

Tuğba Eryaşar (Restorer)

## I -7 Further perspectives

Our first campaign was smoothly carried out with the aid and close cooperation of local collaborators. Most of the monitoring devices were set up at the site in order to obtain detailed environmental data. Rock samples from Red Valley shall be prepared for mechanical testing and for aging test with/out newly designed consolidants by D&D Corporation.

Some initial in-situ observation indicated that scientific analysis revealed that the Üzümlü wall paintings were probably treated at least once to tone incised graffiti, but details are not known. We can assume that the absence (or extremely low survival) of a water-soluble binder for the pigments and colourants (see III-4 Takashima, and III-6 Kawahara et.al), resulted in loss of cohesion of pigment particles, particularly since the paint is very water sensitive and already thinned in the course of time (see III-3 Shimadzu et.al). The decohesion and detachment of the thick white gypsum ground is probably also due to the lack of an organic binder, detachment of the thick white gypsum ground makes the conservation intervention extremely difficult. On-site and

## I -6 Proje üyeleri

Japon Ekibi

Yoko Taniguchi (Tsukuba Üniversitesi)

Keigo Koizumi (Osaka Üniversitesi)

Chiemi Iba (Kyoto Üniversitesi)

Kunio Watanabe (Mie Üniversitesi)

Piao Chunzu (Hytec Geoteknik Danışmanlık Ltd. Şti.)

Jennifer Porter (Duvar boyama konservatör, Malta Üniversitesi)

Mizuho Yoshioka (Öğrenci, Kyoto Üniversitesi)

Ryo Higuchi (Öğrenci, Tokyo Teknoloji Enstitüsü)

Mina Shibata (Asistan, Kültür Varlıkları Ulusal Araştırma Enstitüsü, Tokyo)

Türk katılımcılar

Murat Gulyaz (Nevşehir Müze Müdürü)

Fazil Açıkgöz (Arkeolog-Restoratör, Nevşehir Restorasyon ve Konservasyon Bölge Laboratuvarı Müdürü)

Uğur Yalçincaya (Restoratör)

Merve Aziz Işin (Restoratör)

Mustafa Toptepe (Restoratör)

Ayça Baştürkmen (Restoratör)

Tuğba Eryaşar (Restoratör)

## I -7 Diğer Perspektifler

İlk proje çalışmamız, yerli katılımcıların desteği ve işbirliği ile sorunsuz bir şekilde gerçekleşti. Gözlem cihazlarının çoğu, çevre koşulları ile ilgili ayrıntılı veri sağlamak üzere yerleştirildi. Kızıl vadiden alınan kaya örnekleri, D&D ortaklığı tarafından yakın zamanda tasarlanan sağlamlaştırıcılar kullanılarak/kullanılmayarak, mekanik deney ve yıpranma testi için hazırlanacaktır.

İlk yerinde bilimsel analizler, Üzümlü duvar resimlerinin, duvara kazınmış yazıları tonlamak amacıyla en az bir kere işlem görmüş olabileceğini ortaya koymuştur, ancak ayrıntılar bilinmemektedir. Boyaların içinde suda çözünebilen bağlayıcı madde olmaması, varsa da son derece seyreltilmiş olarak bulunması (bkz. III-4 Takashima ve III-6 Kawahara ve ark.), pigment parçacıklarının yapışkanlığının azalmasına, dolayısıyla boyanın suya karşı hassasiyetinin artmasına neden olmuş ve boya zaman içinde oldukça incelmıştır (bkz. III-3 Shimadzu ve ark.). Muhtemelen, kalın beyaz alçı zeminin kolayca dağılabilir, ayrılabilir olması da organik bağlayıcının yokluğundan kaynaklanmaktadır ki bu durum koruma

laboratory tests for finding suitable materials for conservation shall be executed by the second campaign in 2015.

çabalarını oldukça zorlaştırmaktadır. Konservasyona uygun materyaller bulmak amacıyla yapılacak olan yerinde deneyler ve laboratuvar testleri 2015'teki ikinci proje çalışmasında gerçekleştirilecektir.

## I -8 References

### I -8 Kaynakça

Zeynal Abiddin Erguler, 2009: Field-based experimental determination of the weathering rates of the Cappadocian tuff, *Engineering Geology*, **105**, 186-199.

Garcia-Vallès, M., Topal, T., Vendrell-Saz, M., 2003: Lichenic growth as a factor in the physical deterioration or protection of Cappadocian monuments, *Environmental Geology*, **43**, 776-781.



Photograph: Research members in front of the Üzümlü church (September 2014)



II. Scientific studies on Conservation of  
Rock Hewn site, Üzümlü Church



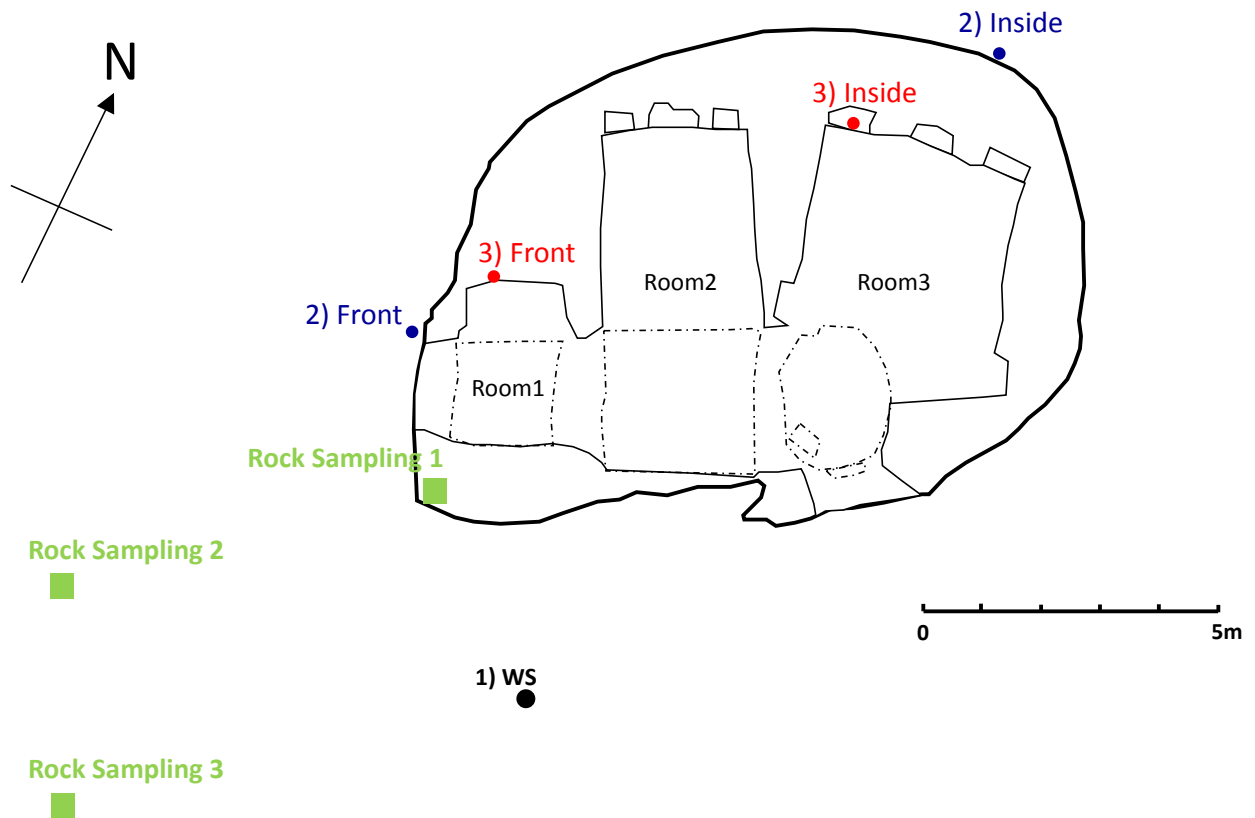




## II -1 Location map of sensors and rock samples


### Sensör ve Kaya Örneği Lokasyon Haritası

Keigo Koizumi, Osaka University







Sensor (in blue and red) and Rock Sample (in green) Location Map



1) Weather Station

<p>WS</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wind direction</li> <li>• Wind speed</li> <li>• Precipitation</li> <li>• Light intensity</li> <li>• Barometric pressure</li> <li>• Temperature &amp; RH</li> <li>• Pyranometer</li> </ul> <p>*SR:10 min, GMT +5 (+8:00)</p>	
-----------	--	--

2) Soil-water sensor and Suction sensor

<p>Front (SN:EM23815)</p>	<p>Ch1: 0cm Soil-water sensor Ch2:-10cm Soil-water sensor Ch3:-30cm Soil-water sensor Ch4: 0cm Suction sensor Ch5:-30cm Suction sensor</p>
	
<p>Inside (SN:EM22962)</p>	<p>Ch1: 0cm Soil-water sensor Ch2:-10cm Soil-water sensor Ch3:-30cm Soil-water sensor Ch4: 0cm Suction sensor Ch5:-30cm Suction sensor</p>
	

3) Temperature and Relative humidity sensor

<p>Front (SN:10260509)</p>	<p>Temperature Relative humidity *SR:10 min, GMT +5 (+8:00)</p>
	
<p>Inside (SN:10260508)</p>	<p>Temperature Relative humidity *SR:10 min, GMT +5 (+8:00)</p>
	

## II -2 Environmental survey and thermographical investigation at the Üzümlü Church Üzümlü Kilisesi'nde çevre analizi ve termografik inceleme

Chiemi Iba, Kyoto University

### Introduction

A weather station (Onset HOBO U30-NRC) was installed on the hill near the church to obtain the meteorological data around the survey site. At this station, the outdoor temperature, the relative humidity, the barometric pressure, precipitation, the wind speed and direction, and solar radiation are measured and recorded every 10 min.

The station was secured to the ground with pegs and wire. After setting the station, the Japanese environmental team taught the Turkish team members how to use the data logger. The temperature and relative humidity are measured at two points inside the church. The measuring points were selected to correspond with the locations of the soil moisture sensors.

### II -2 -1

Temp/RH loggers(HOBO U23-001) were used for the measurements. One logger was set in the alcove near the entrance (Room 1), and another logger was set in the inner room (Room 3).

### Giriş

Araştırma sahasının çevresi ile ilgili meteorolojik veri elde etmek amacıyla kilisenin yanındaki tepeye bir hava istasyonu (Onset HOBO U30-NRC) kuruldu. Bu istasyonda, her 10 dakikada bir, dış sıcaklık, bağıl nem, atmosfer basıncı, yağış miktarı, rüzgar hızı ve yönü ölçüldü ve kaydedildi.

Bu istasyon mandallar ve tel halatlarla sıkıca yere sabitlendi. İstasyon kurulduktan sonra, Japon çevre ekibi Türk ekip üyelerine veri kaydedicinin nasıl kullanıldığını öğretti. Kilise içinde iki noktada sıcaklık ve bağıl nem ölçümü yapıldı. Ölçüm noktaları, toprak nem sensörlerinin yerleştirildiği alanlara karşılık gelecek şekilde seçildi.

### II -2 -1

Ölçümlerde Nem ve Sıcaklık Ölçer veri kaydediciler (HOBO U23-001) kullanıldı. Veri kaydedicilerden biri giriş kısmındaki girintiye (Oda 1), bir diğeri içerideki odaya (Oda 3) yerleştirildi.



Weather station



Weather station location



Fixing with pegs



Fixing with wire



Training on the site



Temp/RH logger in Room 1



Temp/RH logger in Room 3



At each measuring point, a notification was displayed which asks visitors not to touch the logger.

The training and transferring of operation skills of the monitoring devices to Turkish colleagues was completed during this campaign.

Measured environmental data are as follows;

## II -2 -2

### 1) Temperature and solar radiation

Fig. 1 shows the time profile of outdoor temperatures and conditions in Room 1 and Room 3. Global solar radiation (including direct and diffuse sky radiation) is also shown in Fig. 1 (right axis). All data were measured every 10 minutes. There is large diurnal temperature variation in outdoor air. The temperature fluctuations in the church are smaller than outdoors, especially in Room 3 which is located deeper in the rock formation than Room 1. The temperature near the entrance (Room 1) is strongly affected by the outdoor air due to ventilation, while the temperature in Room 3 fluctuates little due to the heat capacity of the thick rock. Furthermore, the outer wall in Room 1, which is located in southwest side of the church, is exposed to more solar radiation than Room 3, which is on the north side.

During a month, the daily average outdoor temperature dropped by about 16 °C, and became lower than the temperatures inside the church in the latter half of September.

### 2) Relative humidity, vapor pressure, and precipitation

Fig.2 shows relative humidity and vapor pressure profiles outdoors and Rooms 1 and 3. 10-minutes precipitation in September is also shown in the same figure. Vapor pressure increased in the order of outdoor, Room 1, and Room 3, though the values were similar. Relative humidity fluctuations depend on the temperature fluctuations. Since September is dry season in this area, rainfall occurred on only 6 days, at most 11.6 mm/day. The relative humidity of the outdoor air rises corresponding to the rainfall. When it does not rain, the outdoor relative humidity remains at around 20-30 %RH during the day.

Her ölçüm noktasına kaydediciye dokunulmaması hususunda ziyaretçileri uyaran birer bildirim konuldu.

İzleme aygıtları ile ilgili işlevsel becerilerin Türk çalışma arkadaşlarına öğretimi ve aygıtların kullanımının kendilerine devri kampanya sırasında tamamlandı.

Ölçülen çevre verileri aşağıdaki gibidir:

## II -2 -2

### 1) Sıcaklık ve güneş radyasyonu

Şekil 1, dış ortamdaki, Oda 1'deki ve Oda 3'teki sıcaklıkların zaman profillerini göstermektedir. Toplam güneş radyasyonu da (dolaysız ve dağınık gökyüzü radyasyonu da dahil olmak üzere) Şekil 1'de gösterilmektedir (sağ eksen). Her veri 10 dakikada bir ölçüldü. Dış ortam havasında büyük günlük sıcaklık değişiklikleri söz konusudur. Kilise içinde, özellikle Oda 1'den daha iç kısımda bulunan Oda 3'teki sıcaklık dalgalanmaları dışarıdakilere oranla daha azdır. Giriş kısmındaki sıcaklık, ventilasyondan dolayı dış ortam havasından kolaylıkla etkilenmekteyken, iç oda (Oda 3) sıcaklığı ağır kayanın ısı kapasitesine bağlı olarak çok az değişim göstermektedir. Buna ek olarak, kilisenin güneybatısında yer alan Oda 1'in dış yüzeyi, kuzeyde kalan Oda 3'e kıyasla daha çok güneş radyasyonuna maruz kalmaktadır.

Bir ay boyunca, günlük ortalama dış ortam sıcaklığı 16 °C kadar düştü ve Eylül'ün ikinci yarısında kilisenin içindeki sıcaklıklardan daha düşük hale geldi.

### 2) Bağıl nem, buhar basıncı ve yağış miktarı

Şekil 2, sırasıyla, dış ortamdaki, Oda 1'deki ve Oda 3'teki bağıl nem ve buhar basıncı miktarlarını göstermektedir. Eylül ayındaki 10 dakikalık yağış da aynı şekilde gösterilmektedir(Şekil 2). Değerler aynı olmasına rağmen, buhar basıncı, dış ortam, Oda 1 ve Oda 3 sıralamasıyla yükselmektedir. Sıcaklıktaki dalgalanmalara bağlı olarak bağıl nemde dalgalanmalar meydana gelmektedir. Eylül ayı bu bölgede kuru bir dönem olduğundan, sadece 6 günde, en fazla 11.6 mm/gün şeklinde yağmur görülmüştür. Dış ortam havasının bağıl nem miktarı, yağışla birlikte yükselmektedir. Yağmur yağmadığında, gün içindeki dış ortam bağıl nem oranı % 20-30 civarındadır.

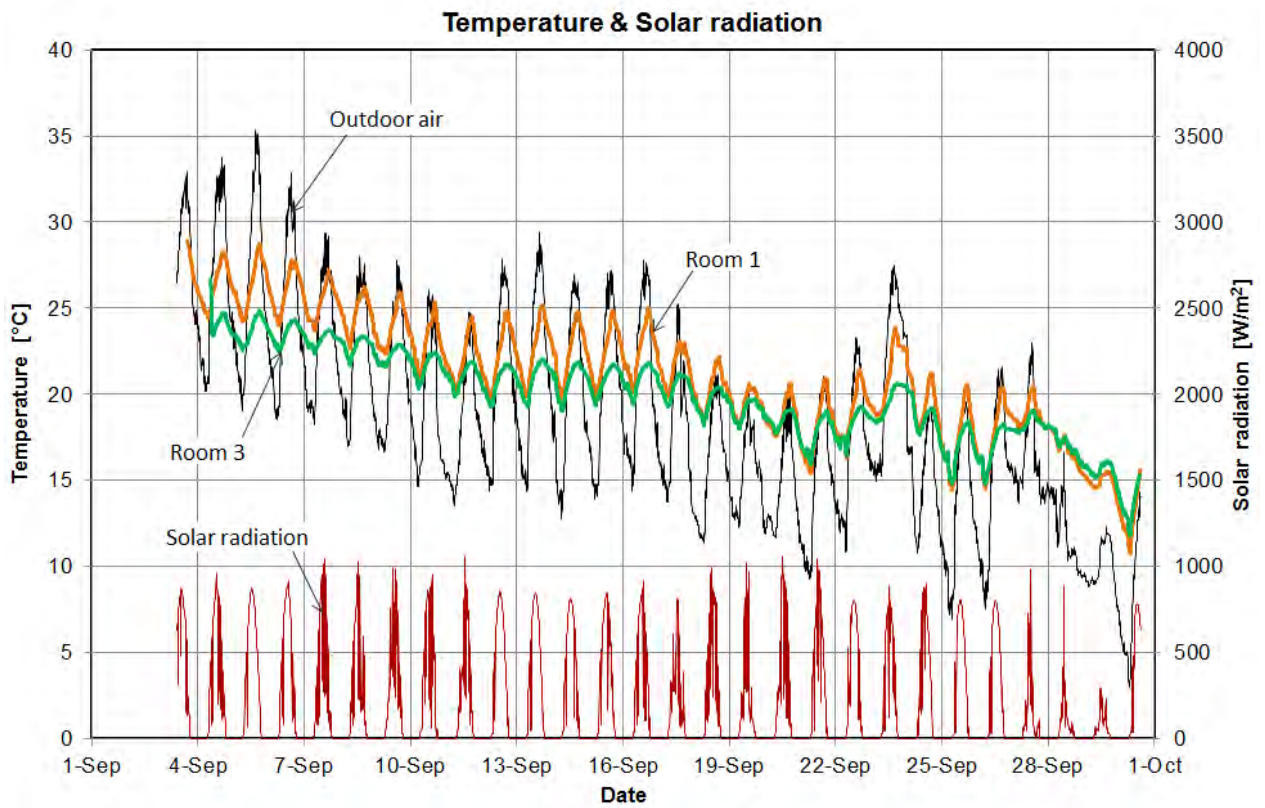


Figure 1. Time profile of temperatures and global solar radiation

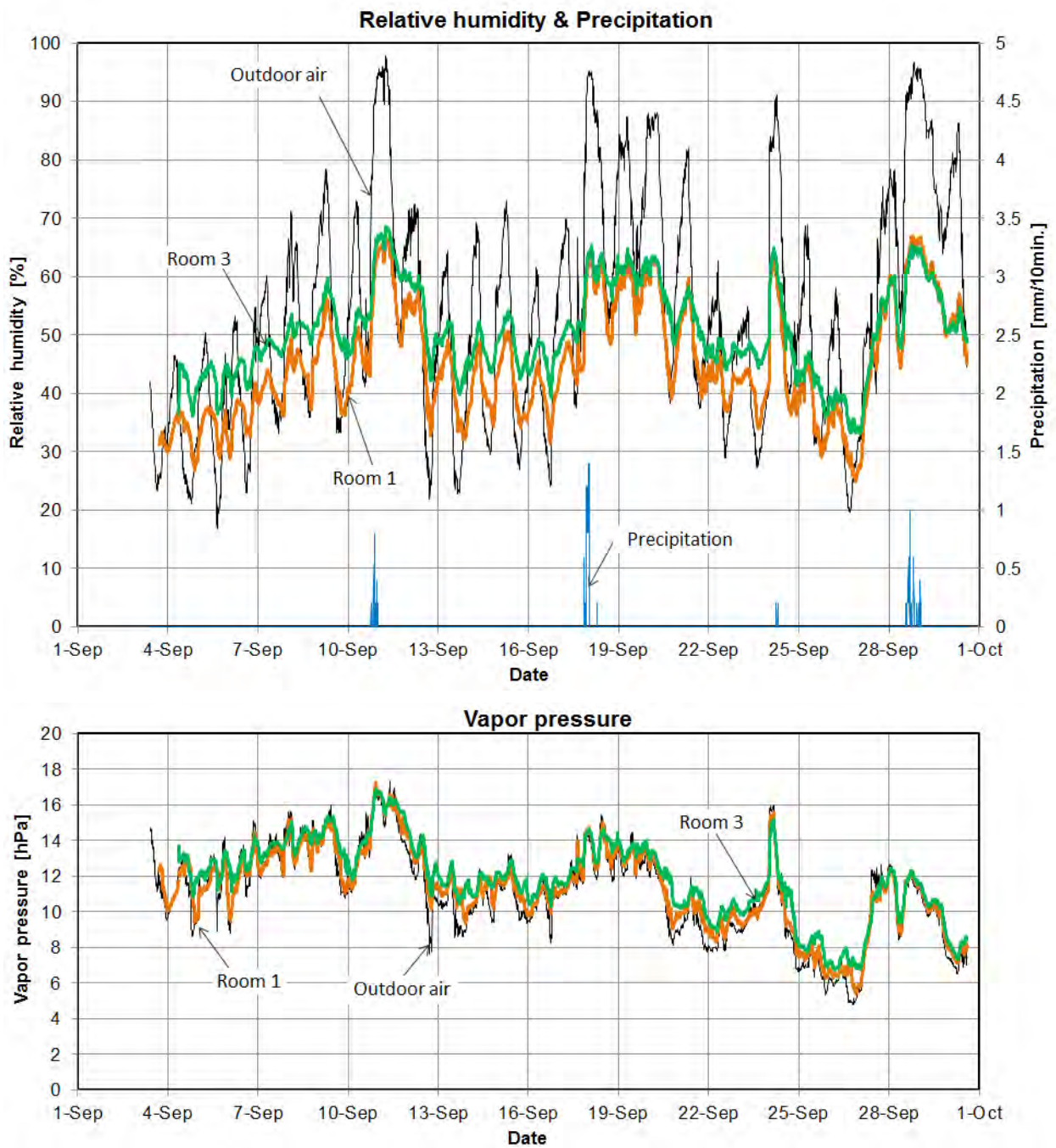


Figure 2. Time profile of humidity and precipitation



### 3) Wind speed and direction

Fig. 3 shows the time profile of wind speed (10 min. average) and the wind direction at the weather station in September. They seem to fluctuate periodically. To examine the wind direction in more detail, a wind rose was made for daytime and nighttime, respectively (Fig. 4). The wind rose shows the wind direction frequency in each direction. There is a clear difference in the wind rose between daytime and nighttime. The wind blows mainly from the south during the day, while it blows from the opposite direction in nighttime. One of the reasons for the daily wind direction change might be due to the surface temperature change of the slope behind (northward) the church (Fig. 5). During the day, the back slope surface (facing south) is exposed to the solar radiation and its temperature rises. Thus, updraft can occur near the back slope and produces the south wind. At night, the surface temperature decreases below the outdoor temperature due to the nocturnal radiation, and downdraft may occur near the back slope, producing the north wind. This hypothesis needs further investigation.

Fig. 6 shows the average and the maximum wind speed in each time period. It is shown that a relatively strong wind blows mainly in daytime, a relatively strong wind blow also in nighttime.

### 4) Thermography of church

During the field survey, we took thermography in the morning (9:00), around noon, afternoon (15:30), and night (20:00). Some of these pictures are shown in Fig.7-9. On the sunny side of the church, the surface temperature went up to approximately 50 °C, while the temperature in the shade was kept almost the same as the outdoor temperature. It was confirmed that there is a large daily temperature difference on the sunny side surface.

### 3) Rüzgar hızı ve yönü

Şekil 3, Eylül ayında hava istasyonunda ölçülen rüzgar hızı (ortalama 10 dakikada bir) ve yönü ile ilgili zaman profilini göstermektedir. Düzenli aralıklarla dalgalanıyor gibi görünmektedir. Rüzgar yönünü daha detaylı incelemek amacıyla gündüze ve geceye ilişkin bir rüzgar gülü oluşturuldu (Şekil 4). Rüzgar gülü, her yön için rüzgarın esme sıklığını göstermektedir. Rüzgar gülünde gündüz ve gece arasında belirgin bir farklılık görülmektedir. Rüzgar gün içinde ağırlıklı olarak güneyden esmekte iken, gece ters yönden esmektedir. Günlük rüzgar yönü değişikliğinin nedenlerinden birisi, kilisenin arkasındaki (kuzey tarafında) yamacın yüzey sıcaklığındaki değişimler olabilir (Şekil 5). Gün içinde yatık yamacın (güneye bakan) yüzeyi güneş radyasyonuna maruz kalmakta ve sıcaklığı artmaktadır. Bu nedenle, yatık yamaca yakın, yukarı yönlü hava akımı meydana gelebilir ve güney rüzgarını getirebilir. Gece, gece radyasyonundan ötürü yüzey sıcaklığı dış hava sıcaklığının altına düşer ve yatık yamaca yakın, aşağı yönlü hava akımı meydana gelebilir ve kuzey rüzgarını getirebilir. Bu tahmin daha ayrıntılı incelemeye ihtiyaç duymaktadır.

Şekil 6, her bir zaman aralığı için ortalama ve maksimum rüzgar hızlarını göstermektedir. Her ne kadar gece de anlık şiddetli rüzgarlar esiyorsa da, daha şiddetli rüzgarların daha çok gündüz vakti estiği görülmektedir.

### 4) Kilisenin termografisi

Saha araştırması sırasında, sabah (9:00), öğle, öğleden sonra (15:30) ve gece (20:00) termografi çekildi. Bu fotoğraflardan bazıları Şekil 7, 8 ve 9'da gösterilmektedir. Gölgedeki sıcaklık dış ortam sıcaklığıyla neredeyse aynı kalırken, kilisenin güneşli tarafında yüzey sıcaklığı yaklaşık 50 °C'ye yükseldi. Güneşli tarafın yüzeyinde büyük bir günlük sıcaklık farkı olduğu teyit edildi.

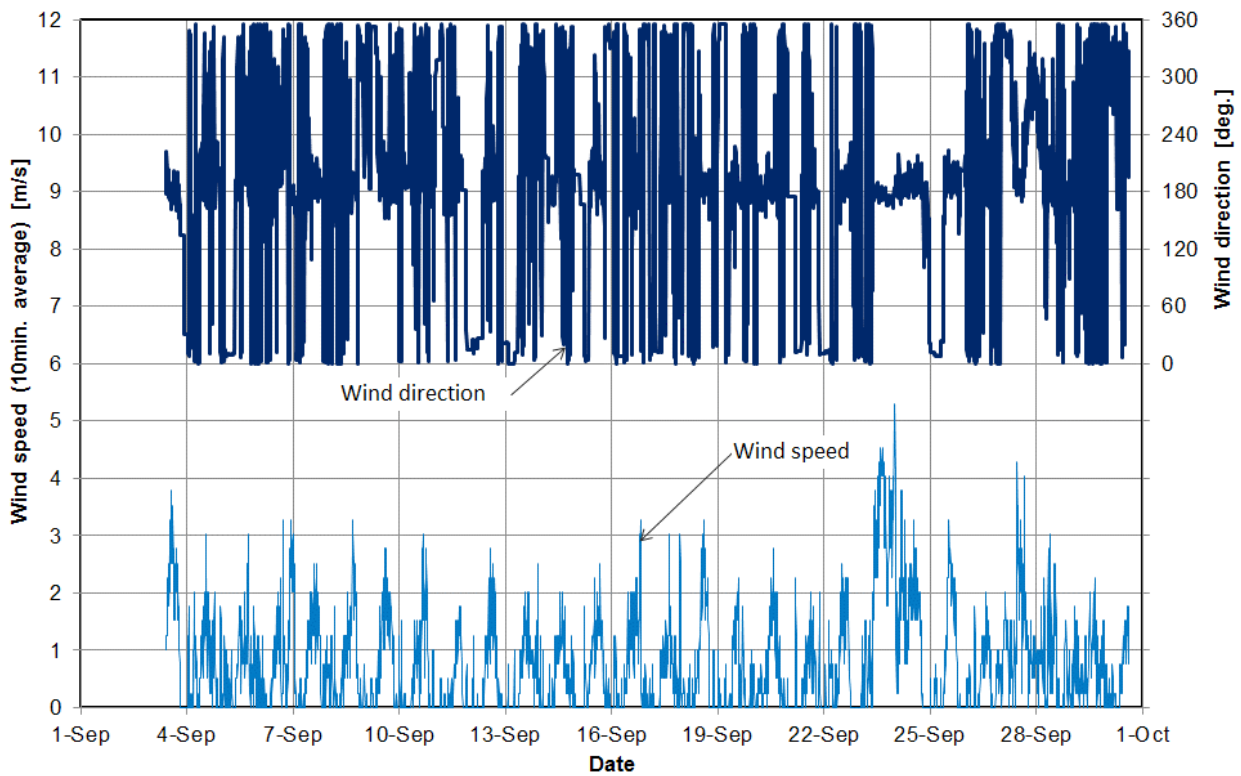


Figure 3. Time profile of outdoor wind speed and wind direction>(\* North: 0 and 360 degrees; east: 90 degrees; south: 180 degrees; west 270 degrees)

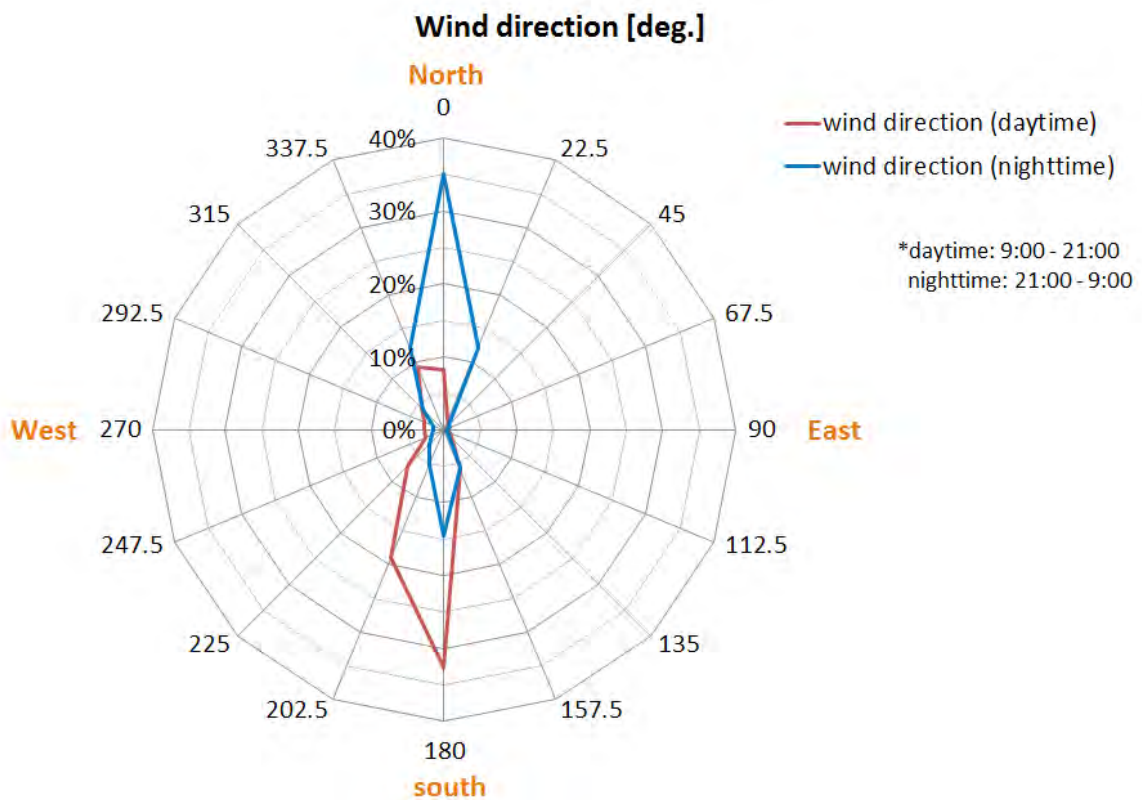


Figure 4. Wind rose of daytime and nighttime in September

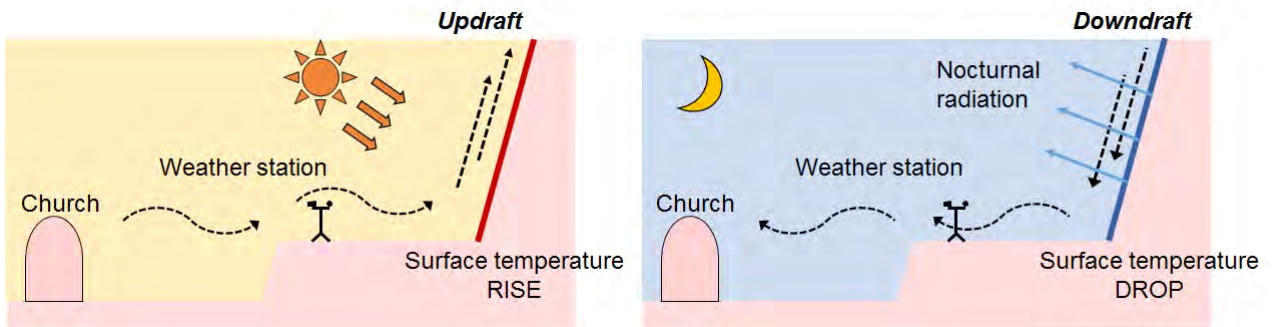


Figure 5. Diagram of daily wind direction change

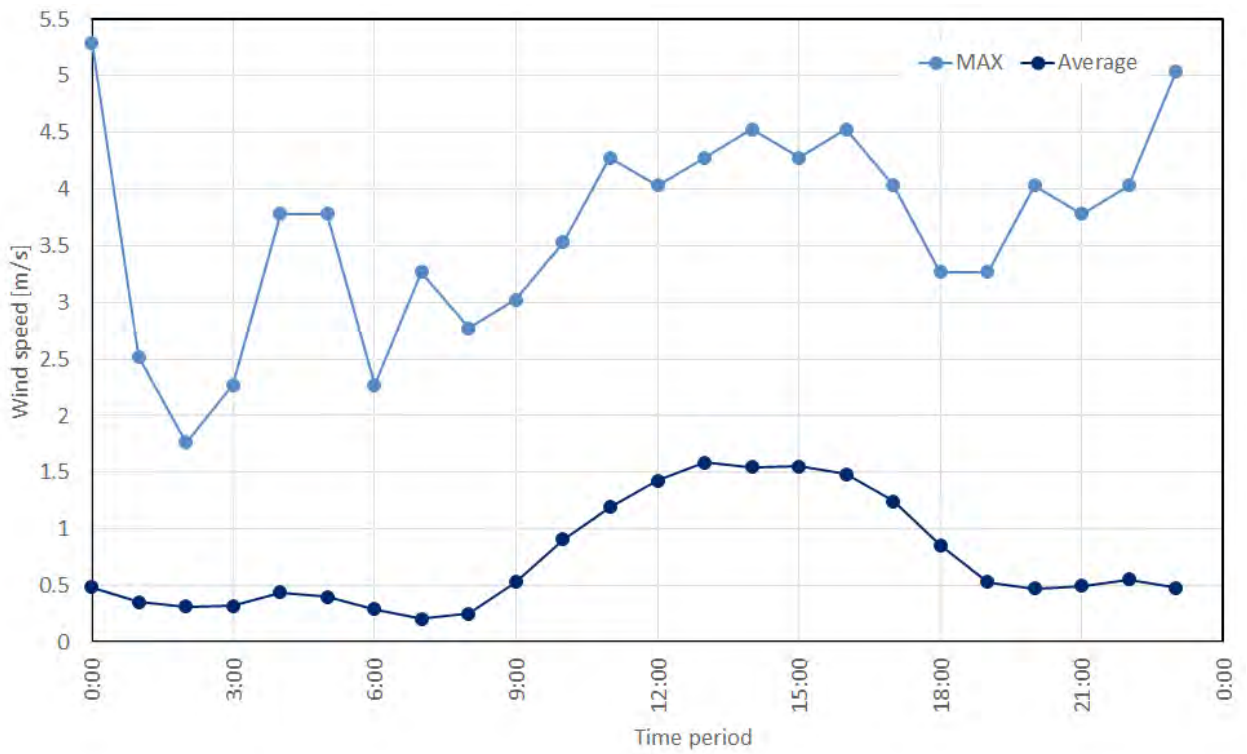


Figure 6. Average and maximum wind speed in each time period in September

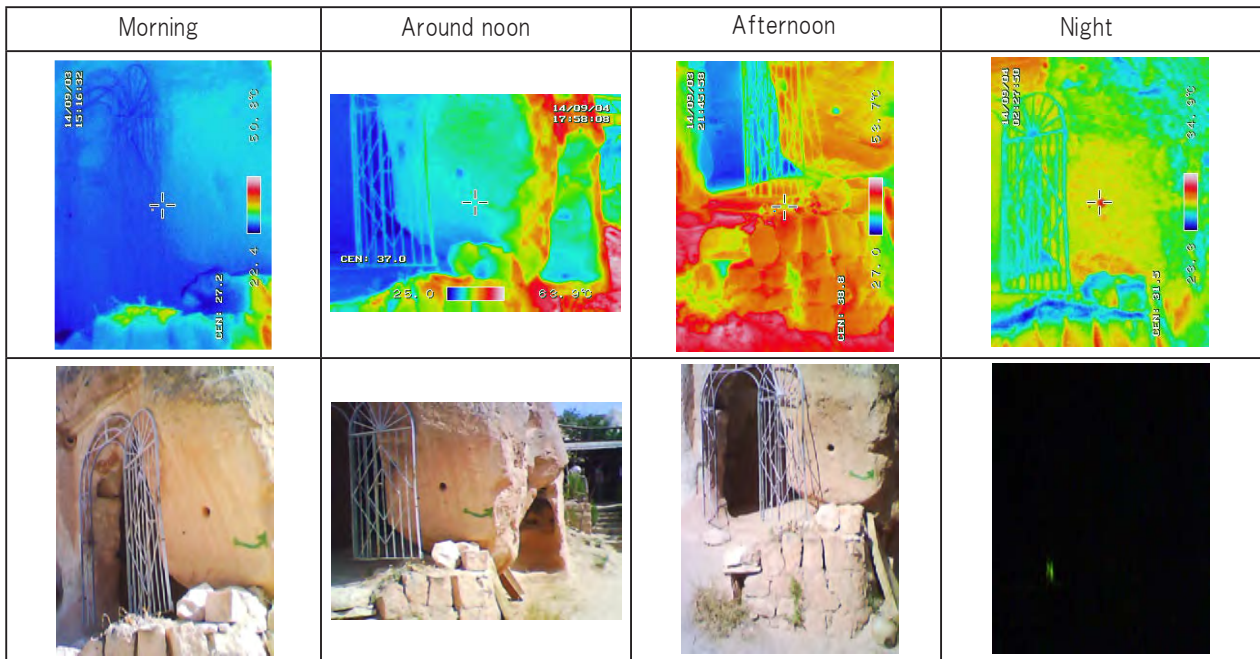


Figure 7. Thermography of the entrance (southwest side)

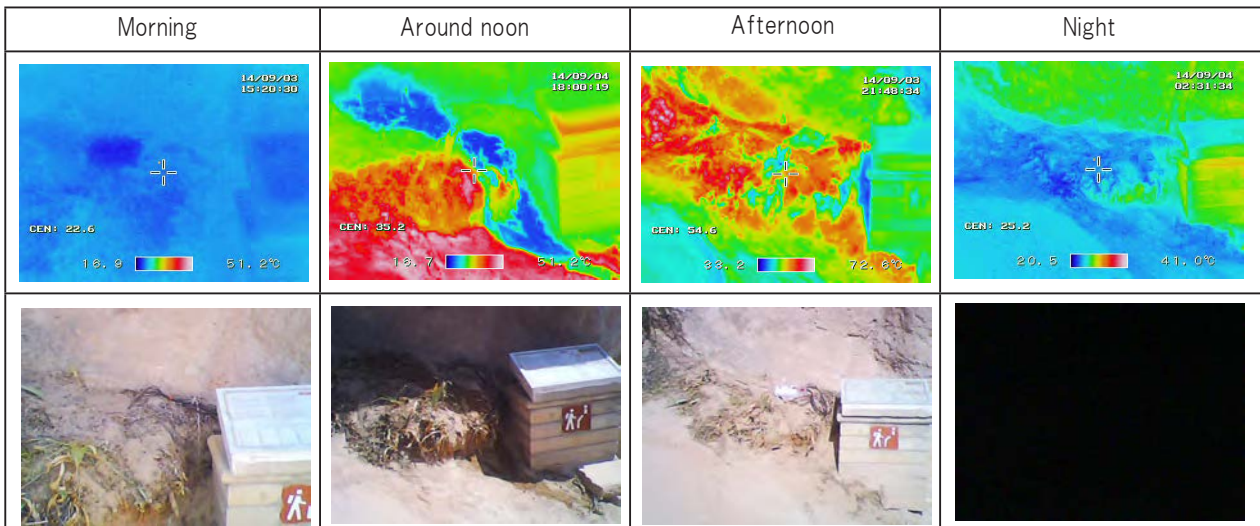


Figure 8. Thermography of the west side (measuring point of soil moisture sensor)

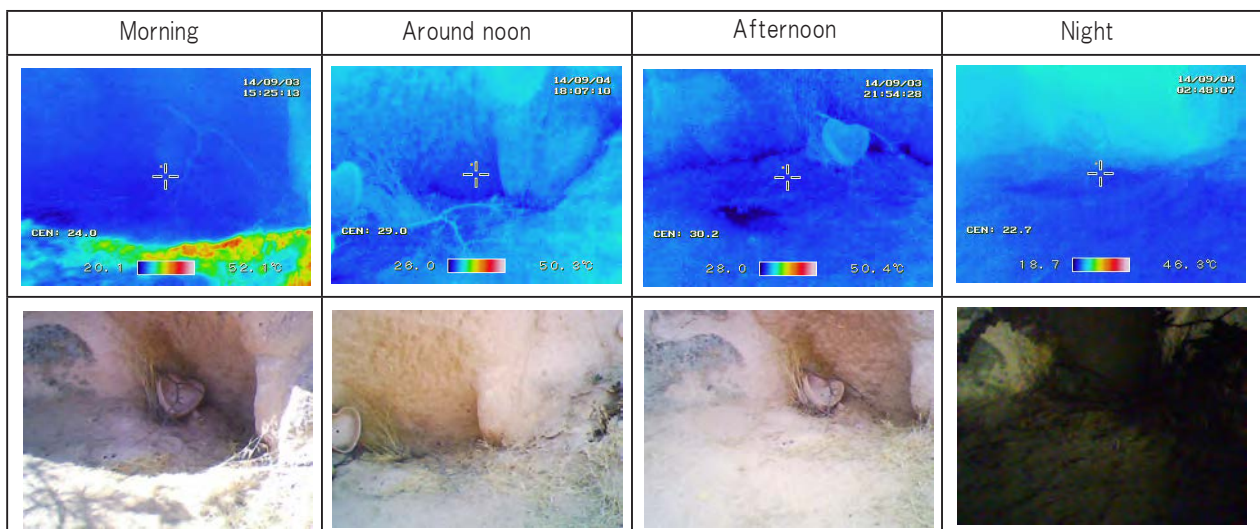


Figure 9. Thermography of the north side (measuring point of soil moisture sensor)

## II -3 Monitoring and estimation of water and heat flows in the rocks at the base of Üzümlü church

### Üzümlü Kilisesi'nin temelinde yer alan kayalardaki su ve ısı akışının izlenmesi ve değerlendirilmesi

Kunio Watanabe, Mie University

#### Introduction

To consider the mechanism of rock weathering and preservation of the rock structures, it is important to know water and heat flows in the rock. We monitored rock water content, water potential and temperature at the base of Üzümlü church, while water retention curve and hydraulic conductivity of the rocks were also measured. Comparing these data with meteorological data, the amount of infiltrated water to the rock wall and consequential change in water profiles of the rock wall were analyzed.

#### II -3 -1 Observation methods

Two small pits (15 cm x 15 cm) were cut with a depth of 30 cm on the south (sunny) and north (shady) side of Üzümlü church on 2 September (Fig. 1). At each pit, three 5TE soil water sensors and two MPS2 soil water potential sensors (Decagon Device Inc.) were placed at three different depths (5, 10, and 30cm) (Photo. 1ab). Each sensor was connected to the Em 50 data logger (Decagon Device Inc.), and set to take readings at 10 minutes intervals. The pits were then refilled with original soil (Photo. 2).

6 typical points were selected around Üzümlü church ; (a) West path, (b) East wall, (c) West wall (d) Adjacent wall, (e) Winery floor, (f) Entrance floor (Fig. 2 and Photo. 3a-f) . The path and floors are dense and hard, while the walls were weathered and rather soft. The mini infiltrometer (Fig. 3) was placed at each measurement point. Water (about 10 mL) was infiltrated from the infiltrometer into the soil/rock. As water level in the chamber drops, the volume of water and elapsed time were recorded. From the infiltration rate, the unsaturated hydraulic conductivity was calculated based on Gardner's infiltration equation where  $K$  is hydraulic conductivity,  $K_s$  is saturated hydraulic conductivity,  $h$  is matric potential and  $a$  is

#### Giriş

Kayaların parçalanma mekanizmasının anlaşılabilmesi ve kaya yapılarının korunabilmesi için, kaya içindeki su ve ısı akışı bilinmelidir. Üzümlü Kilisesi'nin temelindeki kaya suyu içeriği, su potansiyeli ve sıcaklık ölçülürken, kayaların su tutma eğrileri ve hidrolik iletkenlikleri de ölçüldü. Bu veriler ile meteorolojik veriler kıyaslanarak, taş duvara sızmış olan suyun miktarı ve taş duvarın su profillerindeki dolaylı değişim analiz edildi.

#### II -3 -1 Gözlem metodları

2 Eylül'de Üzümlü Kilisesi'nin güney (güneşli) ve kuzey (gölgeli) taraflarında 30 cm derinliğinde iki küçük çukur (15 cm x 15 cm) kazıldı (Şekil 1). Her çukurda üç farklı derinlik düzeyine (5, 10 ve 30cm) üç 5TE toprak su sensörü ve 2 MPS2 toprak su potansiyeli sensörü (Decagon Device Inc.) yerleştirildi (Fotoğraf 1ab). Tüm sensörler Em 50 veri kaydediciye (Decagon Device Inc.) bağlandı ve 10 dakikalık aralıklarla değer almak üzere ayarlandı. Çukurlar daha sonra tekrar toprak ile dolduruldu (Fotoğraf 2).

Üzümlü Kilisesi çevresinde 6 karakteristik nokta seçildi; (1) Batı yolu, (2) Doğu duvarı, (3) Batı duvarı (4) Komşu duvar (5) Şaraphane katı, (6) Giriş katı (Şekil 2 ve Fotoğraf 3a-f). Yol ve katlar geçirimsiz ve sert yapıda iken duvarlar hava koşullarının etkisiyle yıpranmış ve oldukça yumuşaktı. Ölçüm noktalarının her birine küçük birer infiltrometre (Şekil 3) yerleştirildi. Bu infiltrometrelerden toprağa/kayaya su (10 ml kadar) sızdırıldı. Haznedeki su seviyesi düşerken, su miktarı ve geçen süre kaydedildi. İnfiltrasyon hızından, Gardner'in,  $K$ 'nin hidrolik iletkenliği,  $K_s$ 'nin doymuş hidrolik iletkenliği,  $h$ 'nin matris potansiyeli ve  $a$ 'nın  $K-h$  eğrisinin eğimini simgelediği infiltrasyon eşitliği baz alınarak doymamış

$$K = K_s \exp(ah) \quad (1)$$

slope of  $K-h$  curve: the  $K_s$  and  $a$  were determined from observation.

Using samples collected around Üzümlü church, a soil/rock water retention curve (relationship between water content and matric potential) was established by the sand column method and chilled mirror dew potential meter. The falling head permeability test was also applied to the samples to measure saturated hydraulic conductivity. For water and heat flow calculation, these water characteristics were fitted by van Genuchten-Mualem equations where  $\theta_s$  and  $\theta_r$  is saturated and residual water content,  $S_e$  is effective saturation,  $\alpha$  and  $N$  is parameters for  $\theta-h$  curve,  $M = 1 - 1/N$ , and  $\ell$  is pore connectivity function, respectively.

hidrolik iletkenlik hesaplandı:  $K_s$  ve  $a$  gözlem yoluyla belirlendi.

Üzümlü Kilisesi'nin çevresinden toplanan örnekler kullanılarak, kum kolonu yöntemiyle ve soğutulmuş ayna çiy noktası potansiyometresi ile toprak/kaya su tutma eğrisi (su içeriği ile matris potansiyel arasındaki ilişki) yerleştirildi. Örneklerle, doymuş hidrolik iletkenliği ölçmek amacıyla düşen seviyeli geçirimsizlik testi de uygulandı. Su ve ısı akışının hesaplanması için, bu su özellikleri, sırasıyla,  $\theta_s$ 'in ve  $\theta_r$ 'nin doymuş ve kalıcı su içerikleri,  $S_e$ 'nin göreceli doygunluk,  $\alpha$  ve  $N$   $\theta-h$  eğrisinin parametreleri,  $M = 1 - 1/N$  ve  $\ell$ 'nin gözenek bağlantırlık fonksiyonu olduğu van Genuchten-Mualem eşitlikleri ile elde edildi.

$$\frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} = S_e = [1 + (\alpha h)^N]^{-M} \quad (2)$$

$$K = K_s S_e^\ell = [1 - (1 - S_e^{1/M})^M]^2 \quad (3)$$

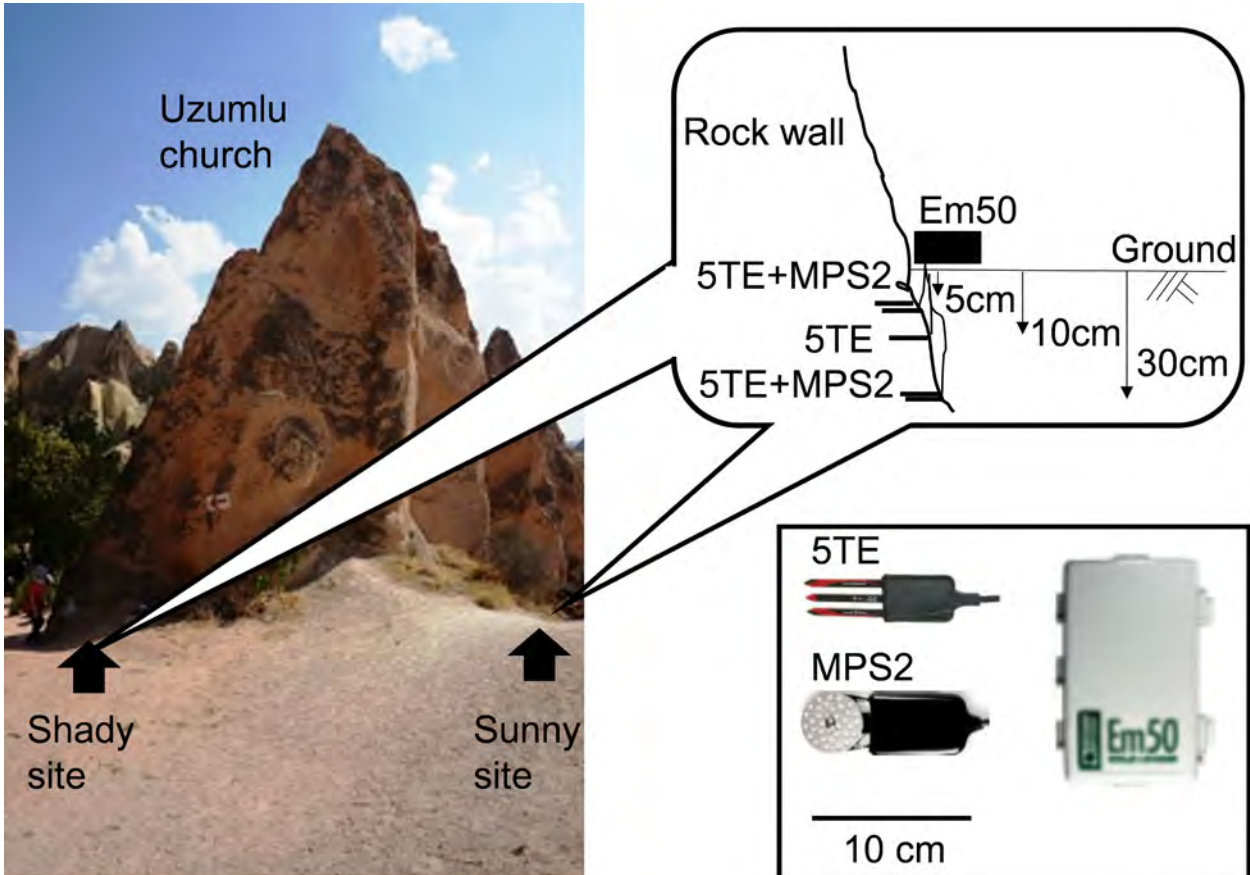


Figure 1. Location of observed rock profile at the base of Uzumlu church.



Photo 1. Sensors set to rock profile at (a) sunny site and (b) shady site.



Photo 2. Ground surface of soil water, potential and temperature monitoring site (shady site) after sensor was set up and the pit was back filled.

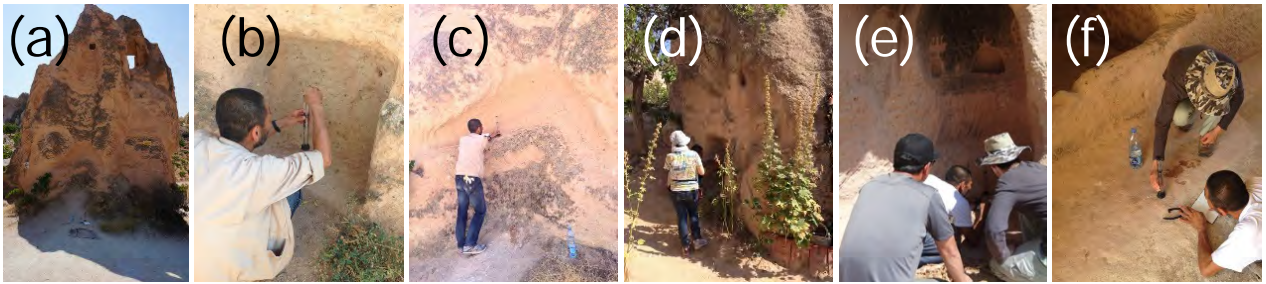


Photo 3. Hydraulic conductivity was measured at (a) West road, (b) East wall, (c) West wall (d) Adjacent wall, (e) Winery floor, (f) Entrance floor.

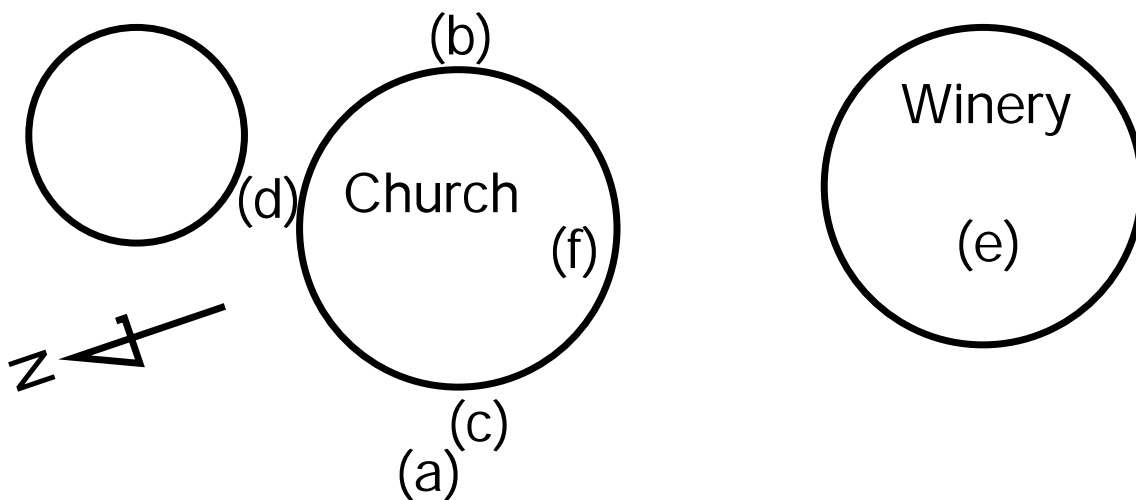


Figure 2. Location of 6 points where hydraulic conductivity was measured.



## II -3 -2 Results and discussion

### Hydraulic properties

Average of dry bulk density and porosity of the rock sample collected around Uzumlu church were  $1.22 \text{ g/cm}^3$  and  $0.469$ , respectively. The porosity is not very high, but is greater than  $0.2$ , which is recognized as the limit for frost weathering. Fig. 4 shows the water retention curve of the sample. The sample had a relatively large amount of water at low water potential. According to the figure, saturated water content was about  $0.38$  and less than the porosity. The sample probably contains macropores or entrapped air that prevented it from saturating fully. The average of saturated hydraulic conductivity of the sample was  $2.3 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$ . Fig. 5 shows unsaturated hydraulic conductivity of rocks at the 6 observation points estimated by equation (1).

Weathered wall rocks had relatively high hydraulic conductivities. And, each of them had similar value, which indicates they have similar pore structure. In contrast, the hydraulic conductivities of paths and floors were not so high and varied considerably with location. The saturated hydraulic conductivity measured by the falling head method was larger than those estimated from infiltrometer. This can occur when the wall rocks have cracks or greater porosity than the collected samples. The water retention curve fitted by equation (2) is also depicted in Fig. 4, and the parameters estimated for equation (2) and (3) are listed in Table 1.

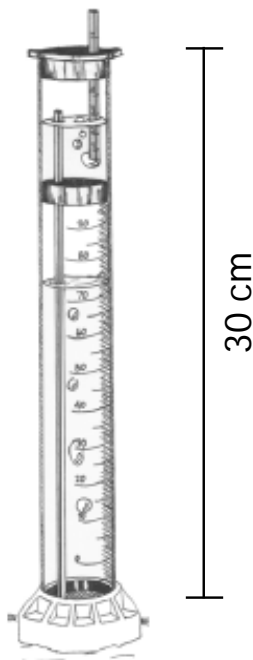


Figure 3. Mini infiltrometer

## II -3 -2 Sonuçlar ve tartişma

### Hidrolik zellikler

zml Kilisesi'nin çevresinden toplanan kaya rneklelerinin ortalama kuru birim hacim kütlesi ve porozitesi sırasıyla  $1,22 \text{ g/cm}^3$  ve  $0,469$  idi. Porozite pek yüksek değildir ancak don ayırışması sınırı olan  $0,2$ 'den büyüktür. şekil 4 örneğin su tutma eğrisini göstermektedir. rnek alçak su potansiyelinde görece büyük miktarda su içermekteydi. şekle göre, doymuş su içeriği yaklaşık  $0,38$ 'di ve poroziteden daha azdı. rnek, muhtemelen tam doymunluğa ulaşmasını engelleyen makro moleküller ya da sıkışıp kalmış hava içermektedir. Örneğin ortalama doymuş hidrolik iletkenliği  $2,3 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$  idi. şekil 5, eşitlik (1) ile hesaplanan 6 gözlem noktasındaki kayaların doymamış hidrolik iletkenliğini göstermektedir.

Aşınmış duvar taşları oldukça yüksek hidrolik iletkenliğe sahipti. Ayrıca, her biri, aynı gözenek yapılarına sahip olduklarını gösteren benzer değere sahiptiler. Buna karşılık, yolun ve katların hidrolik iletkenliği pek yüksek değildi ve bulunduğu konuma göre önemli ölçüde çeşitlilik göstermekteydi. Düşen seviyeli geçirimsizlik testi ile ölçülen doymuş hidrolik iletkenlik, infiltrometre ile öngörülenden daha büyüktü. Bu durum, duvar taşlarında çatlaklar varsa ya da taşlar toplanan rneklelerden daha fazla poroziteye sahipse meydana gelebilir. Eşitlik (2) ile elde edilen su tutma eğrisi de şekil 4'te betimlenmiştir. Eşitlik (2) ve (3) için ngrlen parametreler Tablo 1'de listelenmiştir.

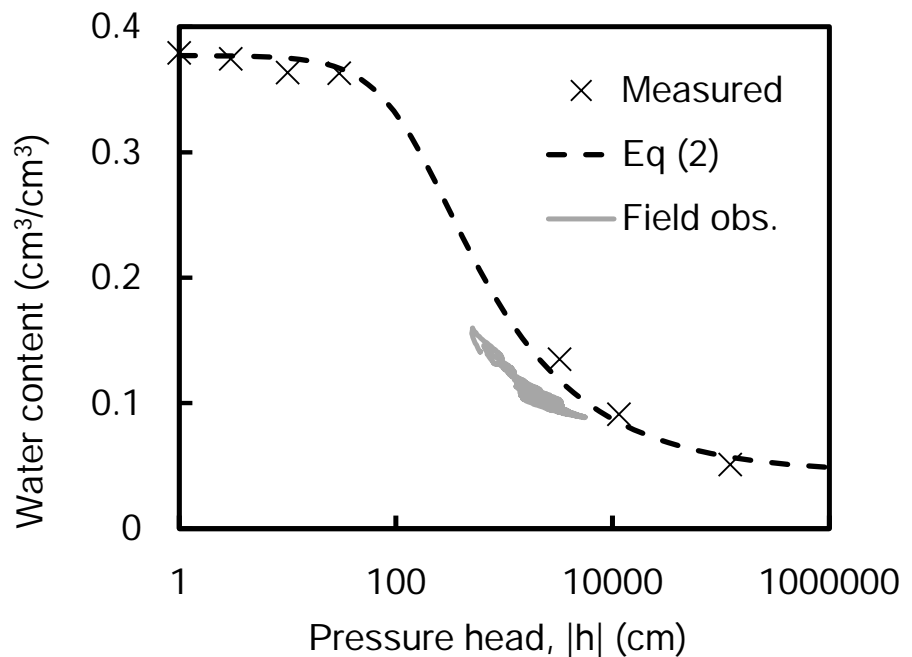


Figure 4. Water retention curve for well weathered rock.

Field monitoring of soil water content, potential and temperature.

Fig. 6a, b shows soil/rock temperatures (5, 10, and 30 cm depth) at the sunny and shady sites during September, 2014. The sensor at 5 cm depth at the shady site ran out on 5 September, so that Fig. 6b only includes temperatures at 10 and 30 cm depth. Air temperature and precipitation measured at meteorological station are also shown in Fig. 6c. During September, average soil temperature at the sunny site decreased from 30 to 15 °C, while the average air temperature decreased from 25 to 10 °C. Larger temperature amplitude was observed in soil at near ground surface (5 cm depth) than the air. It may come from the effect of direct solar radiation. The sunny and shady sites had similar soil temperature tendency but the sunny site had a larger amplitude and a few degree C higher average temperature than the shady site for 10 and 30 cm depth. If there were no rain or any disturbance, the soil temperatures would change periodically and could be expressed by sine function. For example, according to the amplitude ratio of soil temperatures on 13 September, thermal diffusivity of the rock wall was estimated to about  $2.8 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ . This makes relatively low thermal conductivity ( $< 0.5 \text{ W/m.s}$ ) as dry soils.

Fig. 7 shows soil water contents (5, 10, and 30 cm depth) and potentials (5 and 30 cm depth) measured by 5TE and MPS2 sensors at sunny and shady sites during September, 2014. The 5TE and MPS2 sensors obtain water content and matric potential of porous media based on the dielectric permittivity, so that the reading would be affected by temperature fluctuation. Therefore, Fig 7 was corrected for the temperature (Fig. 8). At the sunny site, water content near the ground surface gradually decreased even after the rain on 11 September. Responding to the rain on 18 September, soil water content at 5 cm depth steeply increased, then gradually decreased again. Soil water content at 10 cm depth changed similar to 5 cm depth, while the peak was decayed and lagged due to the water flow. In contrast, water content at 30 cm depth was not affected by the three rain events in September. For the shady site, no significant change was observed in the temperature at 10 and 30 cm depth during September. The observed relationship between water content and matric potential, shown in fig. 4, was in good agreement with laboratory measurements.

Toprak su içeriği, potansiyel ve sıcaklık alan araştırması

Şekil 6a, b 2014 Eylül'ünde güneşli ve gölge alanlarda kaydedilen toprak/kaya sıcaklıklarını (5, 10, ve 30 cm derinliklerinde) göstermektedir. 5 Eylül günü gölgeli bölgede yer alan 5 cm derinliğindeki sensörün ömrü tükendi, dolayısıyla Şekil 6b yalnızca 10 ve 30 cm derinliklerindeki sıcaklıkları içermektedir. Meteoroloji istasyonunda ölçülen hava sıcaklığı ve yağış da Şekil 6c'de gösterilmektedir. Eylül ayında, ortalama hava sıcaklığı 25 °C'den 10 °C'ye düşerken, ortalama toprak sıcaklığı güneşli alanda 30 °C'den 15 °C'ye düştü. Yüzeğe yakın toprak tabakasında (5 cm derinlikte) havadan daha büyük sıcaklık genliği gözlemlendi. Bu durum dolaysız güneş ışınımının etkisinden kaynaklanıyor olabilir. Güneşli ve gölge alanların toprak sıcaklıkları benzer eğilim göstermekteydi; ancak güneşli alan 10 ve 30 cm derinliklerinde gölge alana kıyasla daha büyük bir sıcaklık genliğine ve birkaç derece daha yüksek ortalama sıcaklık değerlerine sahipti. Hiç yağmur yağmasaydı ya da hiçbir sorunla karşılaşılmasaydı, toprak sıcaklığı periyodik olarak değişecekti ve sin fonksiyonu ile ifade edilebilecekti. Örneğin, toprak sıcaklıklarının 13 Eylül'deki genlik oranına göre taş duvarın ısı yayılımı  $2,8 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$  olarak hesaplanmıştı. Bu, kuru topraklarda olduğu gibi görece düşük bir ısı yayılımı ( $<0,5 \text{ W/m.s}$ ) ortaya koymaktadır.

Şekil 7, 2014 Eylül'ünde güneşli ve gölge alanlarda 5TE ve MPS2 sensörleri ile ölçülen toprak su içeriğini (5, 10 ve 30 cm derinliklerinde) ve potansiyelleri (5 ve 30 cm derinliklerinde) göstermektedir. 5TE ve MPS2 sensörleri su içeriğini ve dielektrik geçirgenlik temelinde gözenekli ortamın matris potansiyelini elde etti. Böylece okunan değer sıcaklıktaki dalgalanmadan etkilenilebilecekti. Bu nedenle Şekil 7 sıcaklığa göre düzeltildi (Şekil 8). Güneşli alanda, zemin yüzeyinin yakınında kaydedilen su içeriği, 11 Eylül'de yağın yağmurdan sonra bile gitgide azaldı. 18 Eylül'deki yağmurdan sonra, 5 cm derinliğindeki toprak su içeriği aşırı bir yükseliş gösterdi ve sonra yine kademe kademe düştü. Su akışından dolayı uç kısım aşınır ve seyrelirken, 10 cm derinliğindeki toprak su içeriği 5 cm derinliğindeki benzer bir değişim gösterdi. Buna karşılık, 30 cm derinliğindeki su içeriği Eylül ayında yağın üç yağmurdan da etkilenmedi. Gölge alanda, 10 ve 30 cm derinliklerindeki sıcaklıklarda Eylül ayı boyunca belirgin bir değişiklik gözlemlenmedi. Su

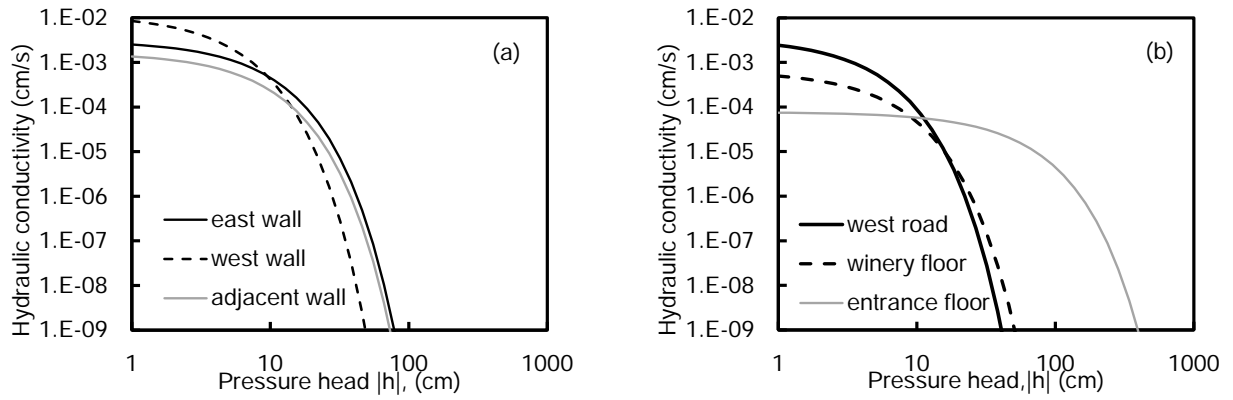


Figure 5. Unsaturated hydraulic conductivity at 6 points measured by infiltrometer. (a) well-weathered rocks and (b) relatively hard rocks.

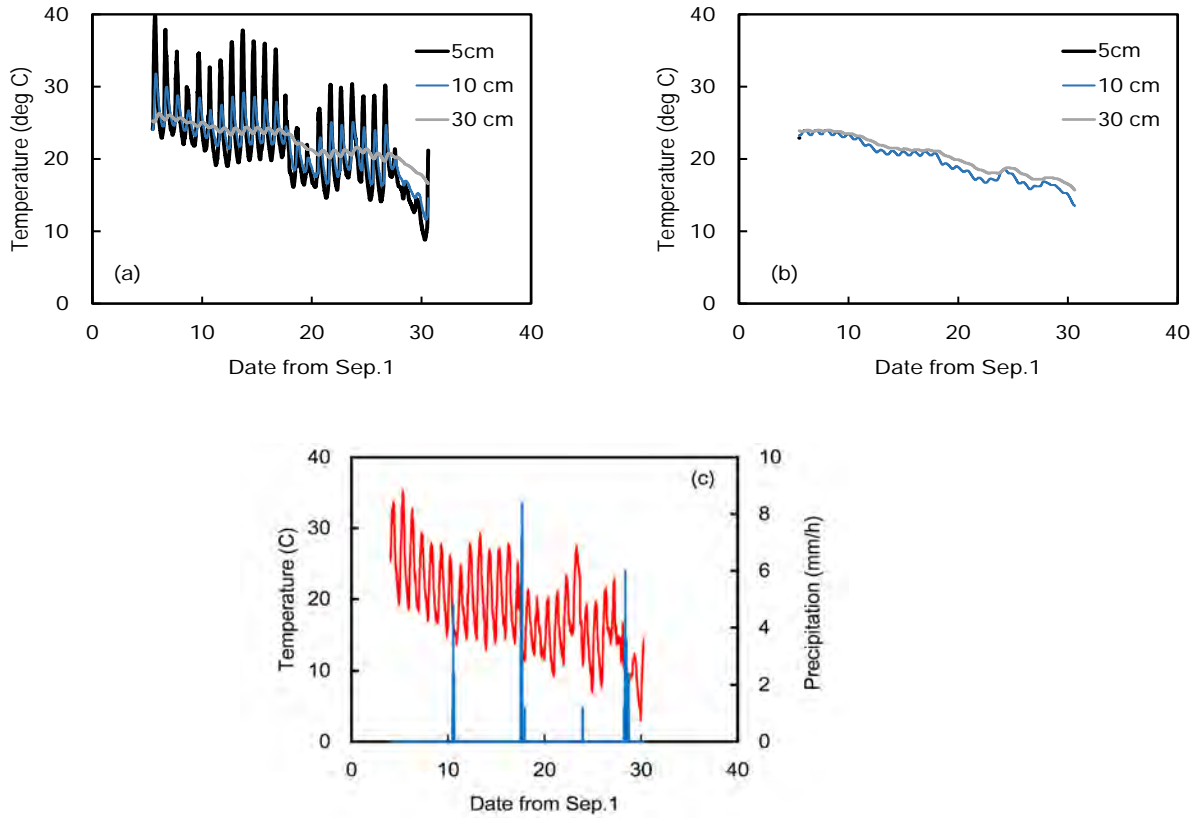


Figure 6. Monitored soil temperatures at (a) sunny site and (b) shady site, and (c) air temperature and precipitation in September, 2014.

Table 1. Parameters estimated for equation (2) and (3)

	$\theta_r$	$\theta_s$	$\alpha$	$n$	$K_s$ (cm/d)	$l$
Well-weathered rock	0.044	0.377	0.013	1.48	233	5
Low-weathered rock	0.08	0.377	0.19	1.56	2	-2.5

## II -3 -3 Water and heat flow calculations

For the rain event on 18 September (Fig. 6), water and heat flow at the base of the Üzümlü church (sunny site) was analyzed by calculated equation (2) (3) with parameters shown in Table 1. HYDRUS1D code was used for the calculation. We assumed a one-dimensional vertical soil (rock) profile with a depth of 1 m, which consists of an upper 5 cm of well-weathered layer and 95 cm of a low-weathered (hard) layer (Table 1). For the upper 25 cm, the initial matric potential was set to  $h = -5000$  cm and  $h = -150$  cm for other depths. A free drainage boundary condition was applied to the bottom end. Then, water observed at the metrological station was infiltrated from the surface for four hours (93.4 mm/d, cumulative precipitation was 15.4 mm: Fig. 6). Calculation was correctly expressed as the observed soil water content (Fig. 9), while water content near the surface was overestimated at the early stage of the infiltration, and the peak water content at 10 cm depth was estimated too early.

However, water content at 5 cm depth was not changed by the rain event on 10 and 28 September (cumulative precipitations were 5 and 10 mm, respectively: Fig. 6). It is considered that while some rain water would infiltrate into the soil, a certain amount of water would also run off the soil surface. This runoff causes erosion of the rock surface directly, so that an estimation of the amount of runoff water and its intensity must be made. For the detailed analysis of the water and heat environment of the whole rock structure of Üzümlü church and the assessment of the validity of a surface sealant material, further investigation of soil layered structure, hydraulic conductivity for the deeper layer, and evaporation with wind speed and direction based on long-term monitoring would be needed.

içeriği ve matris potansiyel arasında gözlenen ve Şekil 4'te gösterilen ilişki ile laboratuvar ölçümleri arasında uyum söz konusuydu.

## II -3 -3 Su ve ısı akışı hesaplamaları

18 Eylül'de yağın yağmura ilişkin (Şekil 6), Üzümlü Kilisesi'nin (güneşli kısım) temelindeki su ve ısı akışı, hesaplanan eşitlik (2) (3) ve Tablo 1'de gösterilen parametreler kullanılarak analiz edildi. Hesaplama için HYDRUS1D kodu kullanıldı. 5 cm'lik çok aşınmış bir üst tabaka ve 95 cm'lik az aşınmış (sert) bir tabakadan oluşan 1 m'lik derinliğe sahip bir tek boyutlu dikey toprak (kaya) profili alındı (Tablo 1). Üstteki 25 cm için ilk matris potansiyel  $h = -5000$  cm, diğer derinlikler için  $h = -150$  cm olarak belirlendi. En alta bir serbest drenaj sınır koşulu uygulandı. Daha sonra, metroloji istasyonunda incelenen su dört saat boyunca yüzeyden içeri sızdırıldı (93.4 mm/g, toplam yağış 15.4 mm idi: Şekil 6). Yüzey yakınındaki su içeriği sızdırmanın başlarında değerinden fazla ve 10 cm derinlikte en üst su içeriği zamanından çok önce tahmin edilirken, hesaplama, doğru bir şekilde, gözlenen toprak su içeriği olarak ifade edildi (Şekil 9).

Bununla birlikte, 5 cm derinlikteki su içeriği 10 ve 28 Eylül tarihlerinde yağın yağmurlardan (toplam yağış sırasıyla 5 ve 10 mm idi: Şekil 6) etkilenmedi. Yağmur suyunun bir kısmı toprağa sızarken, belirli bir miktar suyun toprak yüzeyinde akıp gittiği de göz önünde bulunduruldu. Bu yüzeysel akış kaya yüzeyi üzerinde doğrudan erozyona neden olmaktadır, bu nedenle akan suyun miktarına ve şiddetine ilişkin bir değerlendirme yapılmalıdır. Üzümlü Kilisesi'nin kaya yapısının su ve ısı koşullarının detaylı analizi ve bir yüzey dolgu malzemesinin sağlamlığının değerlendirilmesi için, tabakalı toprak yapısının, daha derin tabakalara ilişkin hidrolik iletkenliğin ve rüzgar hızına ve yönüne bağlı buharlaşmanın uzun vadeli gözleme dayanılarak araştırılması gerekmektedir.

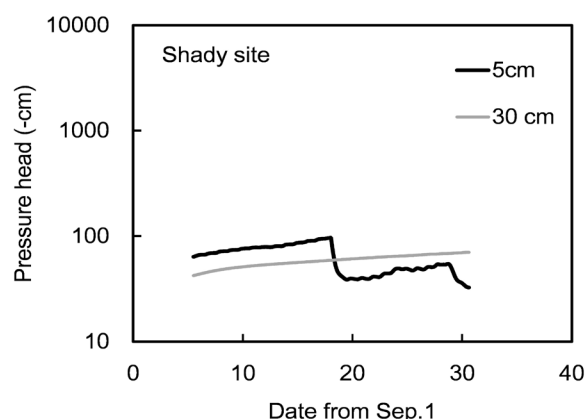
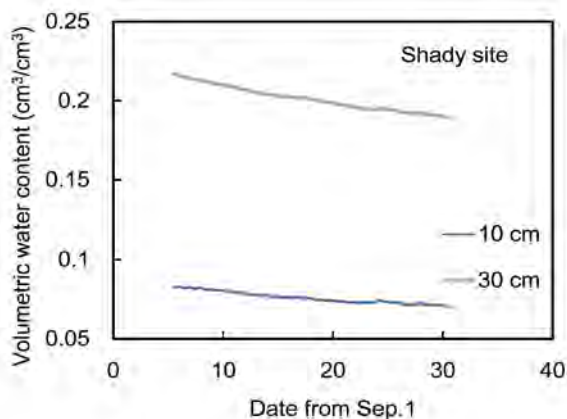
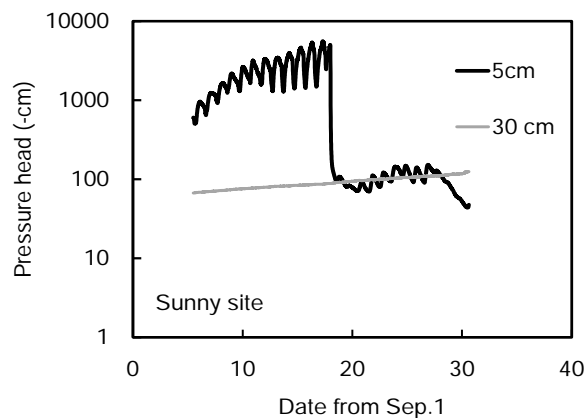
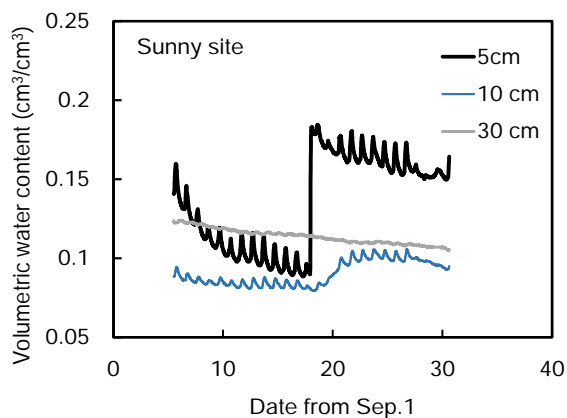


Figure 7. Monitored soil water content and matric potential at sunny and shady site.

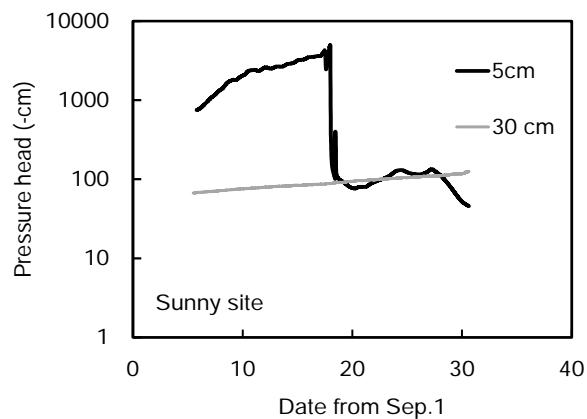
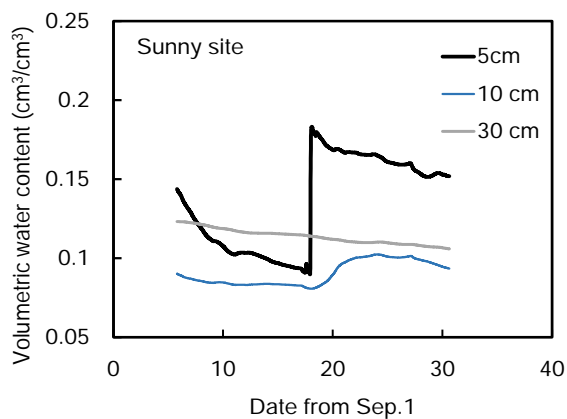


Figure 8. Corrected soil water content and matric potential at sunny site.

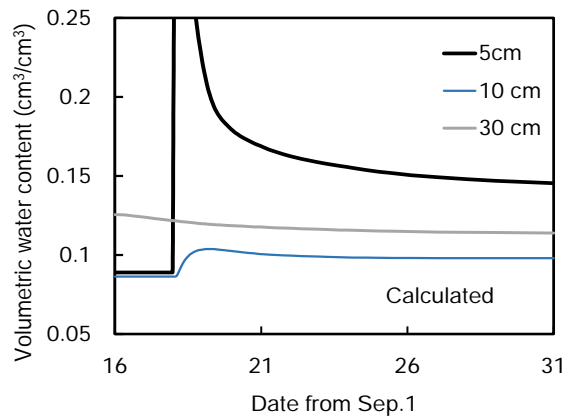
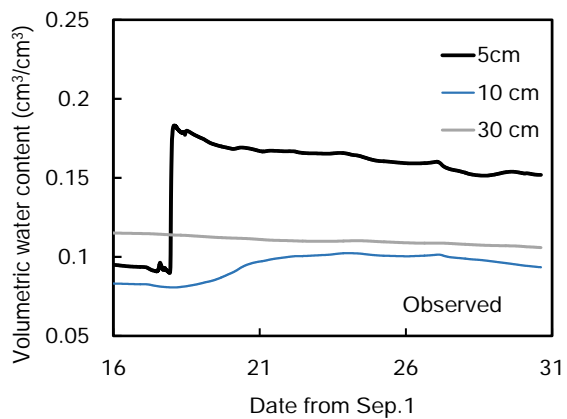


Figure 9. Comparison of observed and calculated soil water content at sunny site after the rain on 18 September, 2014.

## II -4 Unconfined compression strength by needle penetration test

### İğne penetrasyon testi ile serbest basınç dayanımının belirlenmesi

Piao Chunzu, HYTEC Inc.

#### Introduction

In order to study the weathering condition and rock strength of Üzümlü Church, we tested unconfined compression strength by needle penetration around the church (figure 1): west side, north side, south side and east side (figures 2, 3).

For mechanical testing of soft rocks, Schmidt hammer test, elastic wave velocity measurement, point load test on rocks such as needle penetration test and pick penetration test are known methods. In the case of Üzümlü's extremely soft rock which is affected by numbers of cracks and has a fine texture, the needle penetration test is the one of most accurate test methods.

#### II -4 -1.1 Procedures of measurement:

1. 10 points were chosen on each side. The test points were random but the height was kept at 1m from the ground level.
2. The penetration force (N) was measured when the penetration depth (mm) reached 10mm, or the penetration depth (mm) was measured when the penetration force (N) reached 100N.
3. The gradient NP was calculated by penetration force (N) / penetration depth (mm) = penetration force(N)/penetration depth(mm)
4. The unconfined compression strength ( $q_u$ ) is calculated according to the following regression formula:

#### Giriş

Üzümlü Kilisesi'ndeki ayrışma koşulları ve kaya dayanımı hakkında bilgi edinmek için, kilise çevresinde iğne penetrasyon testi (Şekil 1) ile serbest basınç dayanımını ölçtük: batısında, kuzeyinde, güneyinde ve doğusunda (şekiller 2 ve 3).

Yumuşak kayalarla ilgili mekanik testler arasında, Schmidt çekici testi, elastik dalga hızı ölçümü, kayalar üzerinde iğne penetrasyon testi ve pick (uç/sivri uç) penetrasyon testi gibi nokta yük testleri bilinen yöntemlerdendir. Üzümlü'nün, pek çok çatlağın ve kendi ince formunun etkisi altındaki son derece yumuşak kaya yapısı söz konusu olduğunda, iğne penetrasyon testi diğerleri arasında en hassas ölçüm yöntemlerinden biridir.

#### II -4 -1.1 Ölçüm işlemleri:

1. Her tarafta 10'ar nokta belirlendi. Test noktaları rastgele seçildi ancak yerden yükseklik hepsinde 1 m tutuldu.
2. Penetrasyon kuvveti (N) penetrasyon derinliği (mm) 10 mm'ye ulaştığında ya da penetrasyon derinliği (mm), penetrasyon kuvveti (N) 100 N'ye ulaştığında ölçüldü.
3. NP Eğimi penetrasyon kuvveti (N)/penetrasyon derinliği (mm) ile ölçüldü = penetration force (N)/penetration depth (mm)
4. Serbest basınç dayanımı ( $q_u$ ), aşağıdaki regresyon formülüne göre hesaplandı:

$$\text{Log}q_u = 0.978 \log NP + 2.621$$

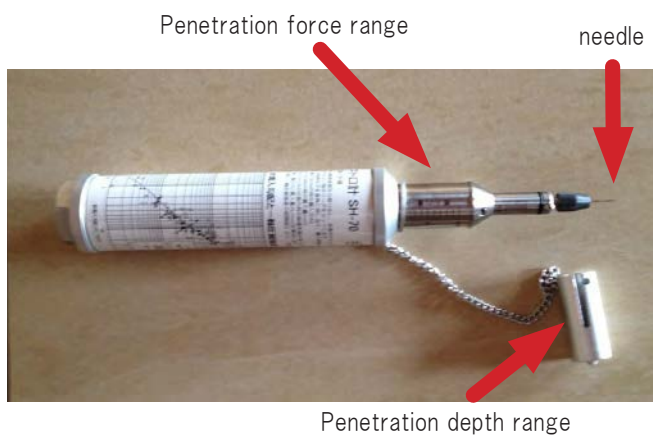


Figure 1. needle penetration test measuring



Figure 2. measuring conditions



Figure 3. each side conditions of the church

## II -4 -1.2

As a result, we confirmed that the north side was higher and the west side was lower in intensity than the other sides. However, each side was highly variable in intensity. Because the test points were chosen randomly, it was not possible to grasp the influence of the gravel particles inside the foundation, tuff rock. It was not clear which side suffered heavier weathering conditions. In order to assess this in detail, further in-situ testing is required.

## II -4 -2 Geological investigation

In order to study the geological environment around the Üzümlü Church, we have carried out a geological reconnaissance within the range of 1km around the church. The area is a big catchment basin, from east to west, the ground level showing a trend from high to low. Around the area, there are two representative directions of major faults, which are caused by tectonic movement. They form a network showing two sets of parallel lineaments that control the geological formation. One runs almost parallel to the riverbed in front of the church, and the other crosses the riverbed at about N80W. The faulting and jointing govern the form of the church (Fig.4, Fig.5, Fig.6). The movement of water flow was seen throughout the rock formations.

In fact, we have confirmed that a large crack passes completely through to the other side of the church's foundation, and also detected the presence of free lime crystals which formed inside the crack due to water flow.

## II -4 -1.2

Sonuç olarak, diğerlerine kıyasla kuzey tarafının yoğunluğunun daha yüksek ve batı tarafınıninkinin daha düşük olduğunu saptadık. Bununla birlikte, tarafların her biri yoğunluk bakımından oldukça değişkendi. Test noktaları rastgele seçilmiş olduğundan, temeldeki tuf kaya içindeki çakıl etkisini kavramak mümkün değildi. Hangi tarafın daha çok aşındığı açık değildi. Bunu daha ayrıntılı bir şekilde değerlendirmek için daha fazla yerinde inceleme yapılması gerekmektedir.

## II -4 -2 Jeolojik inceleme

Üzümlü Kilisesi'ni çevreleyen jeolojik yapıyı incelemek amacıyla, kiliseyi merkeze alan 1 kilometrelik alan içinde jeolojik keşif gerçekleştirdik. Bölge, doğudan batıya gidildikçe, zemin seviyesinin yüksekten alçağa doğru bir eğilim gösterdiği büyük bir havzadır. Bölgede, tektonik hareketten kaynaklanan büyük fayların iki temsili yönü bulunmakta. Bunlar, jeolojik oluşumu düzenleyen iki paralel hattı gösteren bir ağ oluşturmaktadırlar. Bunlardan biri, kilisenin önündeki nehir yatağına neredeyse paralel uzanmakta iken; diğeri, nehir yatağının karşısında, yaklaşık 80 derece kuzeybatısında (N80W) yer almakta. Faylanma ve birleşme, kilisenin yapısını etkilemektedir (Şekil 4, Şekil 5, Şekil 6). Nem de dahil olmak üzere suyun akış hareketi kaya formasyonunun her tarafında görülmektedir.

Öyle ki, çatlağın kilisenin temelini diğer tarafına geçmiş olduğunu tespit ettik. Buna ek olarak, su akıntısından kaynaklanan, çatlakların içerisinde oluşmuş doğal kireç kristallerinin varlığını saptadık.



East side

	Penetration depth(mm)	Penetration force(N)	Gradient (N/mm)	$q_u$ (KN/m <sup>2</sup> )
1	10	55	5.5	2,213
2	7	100	14	5,520
3	7	100	14	5,520
4	5	100	20	7,823
5	10	80	8	2,622
6	10	100	10	3,972
7	7	100	14	5,520
8	8	100	12.5	4,941
9	10	95	9.5	3,778
10	7	100	14	5,520
			average	4,743

North side

	Penetration depth(mm)	Penetration force(N)	Gradient (N/mm)	$q_u$ (KN/m <sup>2</sup> )
1	10	100	10	3,972
2	10	80	8	2,622
3	8	100	12.5	4,941
4	10	60	6	2,410
5	3	100	33	12,767
6	4	100	25	9,731
7	7	100	14	5,520
8	9	100	11	4,360
9	5	100	20	7,823
10	10	90	9	3,583
			average	5,773

South side

	Penetration depth(mm)	Penetration force(N)	Gradient (N/mm)	$q_u$ (KN/m <sup>2</sup> )
1	10	95	9.5	3,778
2	7	100	14	5,520
3	6	100	17	6,674
4	5	100	20	7,823
5	5	100	20	7,823
6	10	55	5.5	2,213
7	10	100	10	3,972
8	10	95	9.5	3,778
9	9	100	11	4,360
10	8	100	12.5	4,941
			average	5,088

West side

	Penetration depth(mm)	Penetration force(N)	Gradient (N/mm)	$q_u$ (KN/m <sup>2</sup> )
1	10	30	3	1,224
2	10	30	3	1,224
3	10	100	10	3,972
4	10	60	6	2,410
5	8	100	12.5	4,941
6	5	100	20	7,823
7	10	90	9	3,583
8	7	100	14	5,520
9	9	100	11	4,360
10	8	100	12.5	4,941
			average	4,000

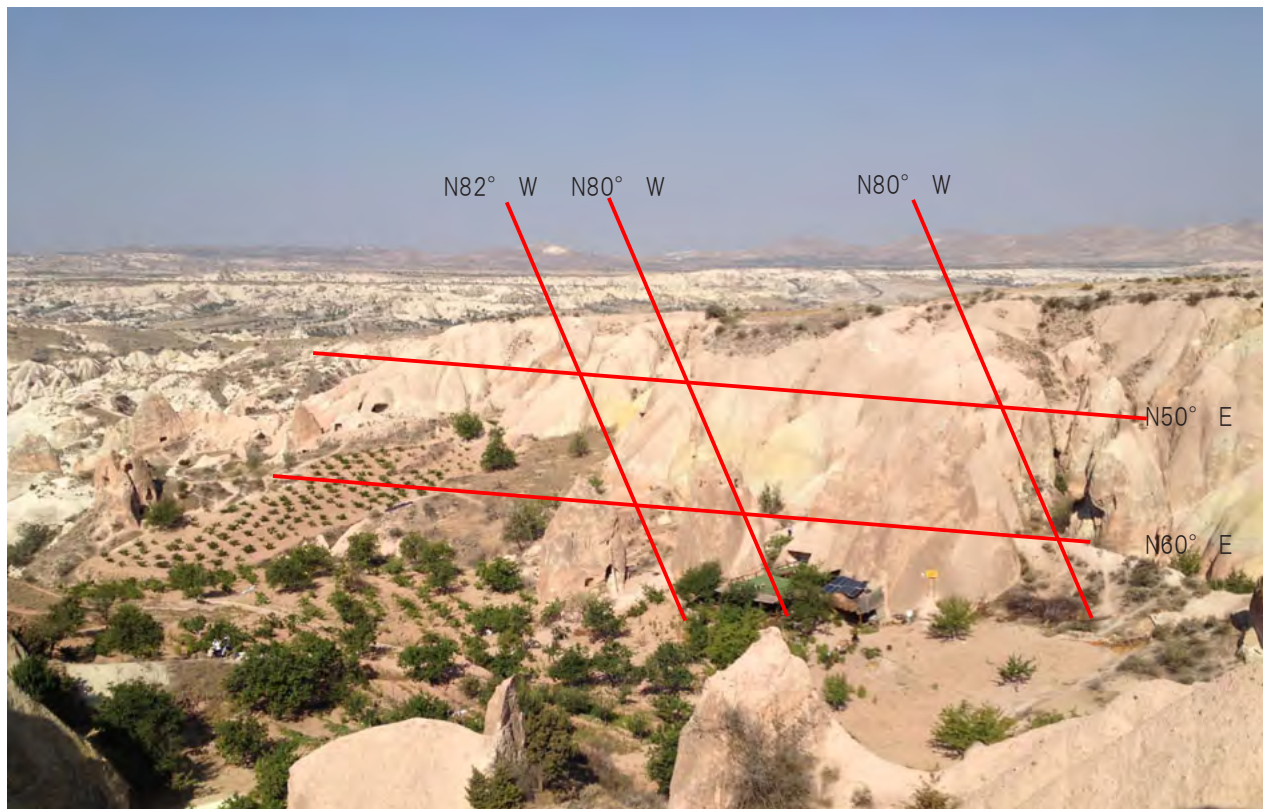


Figure 4. the lineament conditions around church



Figure 5. the rock surface caused by fault (winery)

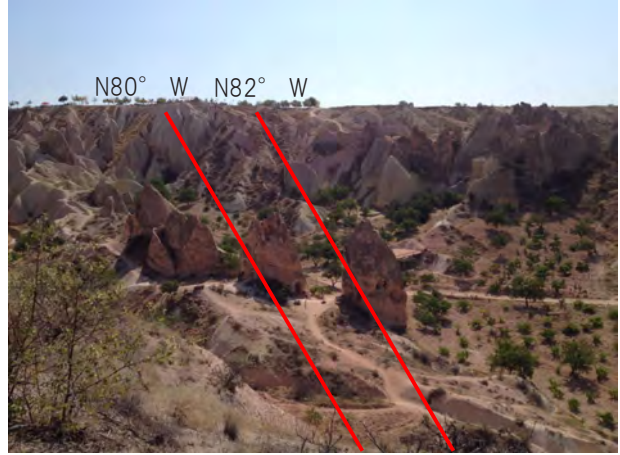


Figure 6. the direction of lineament



Figure 7. the rock surface caused by fault (north side of church)



The crack passes completely through to the other side of the church's foundation, and free lime detected inside of the crack indicates water flow.

## II -5 Preliminary Aging tests (outdoor environment) of consolidants for tuff rock samples

### Tüf Kaya Örnekleri İçin Taşların Başlangıç Düzeyinde Yıpranma Testi (dış çevre)

Katsuhiko Sano, D & D Corporation  
Kazushige Mizukoshi, D & D Corporation

#### II -5 -1 Objectives

In order to evaluate the effectiveness and durability of consolidation/stone surface treatment agents (Permeate) for tuff rocks from Cappadocia, Turkey, a series of outdoor exposure test was carried out.

#### II -5 -2 Experiment

##### II -5 -2.1 Sample preparation (rock samples)

Tuff rock was cut and prepared as 6 blocks, Each dimensions was controlled between 5 x 10 cm.

##### II -5 -2.2 Coating treatment

One sample was left untreated as a control.

Another sample was coated with 150g/m<sup>2</sup> of Permeate HS-360 (D&D corp.).

The remaining four rock samples were coated with 150g/m<sup>2</sup> of derivatives of Permeate HS-360 (D&D corp.), provisionally named Permeate Prototype 1401, 1402, 1403, 1404.

All samples were cured at room temperature for one week.

Resin: Silan type (1 solution)

Curing process: moisture, hydrolysis

Curing time: appx. 24 hrs at room temperature(23°C 50%RH)

Characteristics: does not create a layer on the porous surface.

It penetrates and hardens at few mm in depth.

##### II -5 -2.3 Outdoor exposure

The samples were exposed outdoors. They were placed directly on an asphalt pavement, on the north side of a parking lot without any roofing. The condition of these samples was observed after two weeks, four weeks, two months and three months, to check their appearance and physical changes.

#### II -5 -1 Hedefler

Türkiye'nin Kapadokya bölgesinde bulunan tüf kayalarının, konsolidasyon/taş yüzeyi iyileştirme maddelerinin etkililik ve dayanıklılığını değerlendirmek için bir dizi dış etken testi yapılmıştır.

#### II -5 -2 Deney

##### II -5 -2.1 Numune Hazırlama (Kaya Örnekleri)

Tüf kayaları kesilip 6'şar bloklar halinde hazırlandı. Her birinin boyutları 5 ila 10cm arasında düzenlendi.

##### II -5 -2.2 Kaplama İşlemi

Bir örnek kontrol amacıyla hiçbir işleme uğramadan bırakıldı.

Bir diğer örnek 150g/m<sup>2</sup> ölçüsünde Permeate HS-360 (D&D corp.) ile kaplandı.

Kalan 4 kaya, geçici olarak Permeate prototipi 1401, 1402, 1403, 1404 diye adlandırılan, 150/m<sup>2</sup>lik Permeate HS-360 (D&D corp.) derivasyonu ile kaplandı. Bütün örnekler bir hafta boyunca, oda sıcaklığında bakıma alındı.

Permeate'in Teknik Bilgileri aşağıdaki şekildedir:

Resim: Silan Çeşidi (1 çözelti)

İyileştirme metodu: nem, hidroliz

İyileşme süreci: 24 saat oda sıcaklığında ( 23°C, 50% RH)

Özellikler: Gözenekli yüzey üzerinde tabaka yaratmaz. İçine nüfuz eder ve birkaç mm derinliğinde sertleştirir.

##### II -5 -2.3 Dış Etken

Bu örnekler dış çevreye bırakıldı. Yer seviyesinde (direkt asfalt üzerine ), çatısız park alanının kuzey kısmına yerleştirildi. Örneklerin durumları, görünüşleri ve fiziksel değişimlerini kontrol etmek üzere periyodik olarak(2 hafta, 4 hafta, 2 ay, 3 ay sonra şeklinde) gözlemlendi.

## II -5 -3 Results

Since duration of exposure test was in winter season, especially in the first half of the period, there were numbers of days which dropped down below 0°C. It was believed to simulate of exposing in the winter-spring season of the Üzümlü church's environment, and to accelerate the freezing and thawing problem.

The control sample began to decay after 1 week of exposure, and after two weeks, it became fragile, and crumbled. It had deteriorated extremely quickly, and after 3 months of exposure, It had almost completely deteriorated.

The samples coated in the Permeate HS-360 materials initially appeared more saturated than the control. However, this effect disappeared after 1 week of exposure. After the full period of outdoor exposure, only the sample coated with Permeate HS-360 kept its shape.

The samples coated with the Permeate HS-360 prototype derivatives mostly kept their shapes, however severe cracks and surface deterioration were observed, especially at their corners.

The sample coated with Permeate HS-360 retained its water-repellent after three months of exposure, however, other samples lost their water-repellency.

## II -5 -4 Discussion

As a preliminary test in an outdoor environment, Permeate HS-360 showed the most reasonable effect. It did not produce excess saturation after a week of exposure in conditions similar to the winter-spring weather of Cappadocia region. In such an environment, with freezing and thawing, the Permeate HS-360 treated sample showed the best durability. None of the treated samples deteriorated completely after 3 months.

The Permeate prototypes showed relatively high effectiveness as surface consolidants for the tuff rocks, however, they lost their water-repellency at the end of aging test.

## II -5 -3 Sonuçlar

Yapılan testler süresi boyunca kış sezonuydu. Özellikle de ilk dönem, birçok gün hava 0°C'nin altındaydı. Üzümlü Kilisesi çevresinin kış-bahar sezonunda simüle uygulaması yapmaya, donma ve erime problemini hızlandırmaya inanıldı.

Kontrol hedefli örnekler 1 haftalık maruz kalma sonucunda çürümeye başladılar. İki hafta sonrasında kırılğan hale geldiler ve ufalandılar. Çok çabuk bozuldular ve üç ay sonrasında neredeyse bütün kaya örnekleri yok oldu.

Permeate HS-360 maddeleri ile kaplanan örnekler, başlangıçta kontrol örneklerine nazaran daha satüre göründü. Fakat bu etki bir hafta sonra kayboldu. Bütün test süresi boyunca, sadece Permeate HS-360 kaplanmış kaya örnekleri şekillerini korudu.

Bir diğer prototip Permeate kaplı kaya örnekleri tamamen kendi şekillerini korudular. Fakat czellikle köşelerinde belirgin çatlak ve yüzey aşınmaları gözlemlendi.

Su geçirmezlik özelliği sayesinde Permeate HS-360 kaplı örnekler üç aylık uygulama sonunda şekillerini korudular. Fakat diğer örnekler su geçirmezliklerini kaybettiler.

## II -5 -4 Tartışma

Açık havada yapılan başlangıç testi olarak, Permeate HS-360, en makul etkileri gösterdi. Kapadokya bölgesinin kış-bahar hava koşulları ile benzer koşullarda oluşturulan bir haftalık uygulama sonrasında, aşırı satürasyon üretmedi. Donma ve erime gibi çevresel koşullar altında Permeate HS-360 uygulanmış örnekler, diğerlerine nazaran en uzun süreli etkiyi gösterdi. Hiç bir uygulama yapılmayan örnekler üç ay sonra tamamen yok oldu.

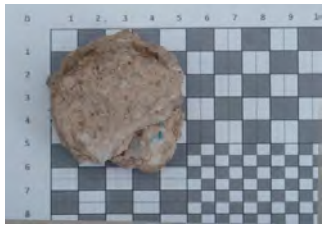
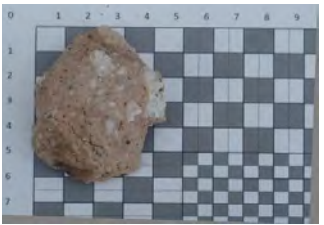
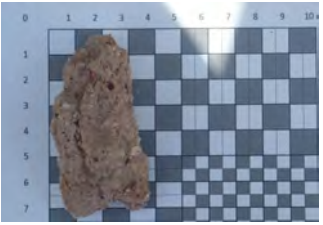
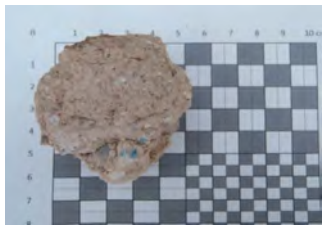
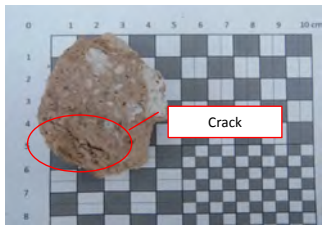
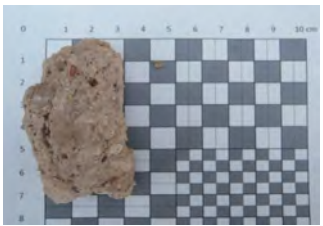
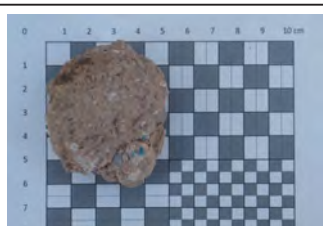
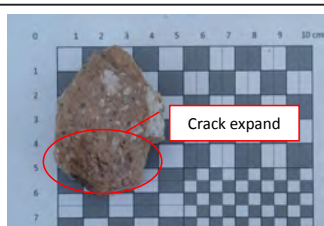
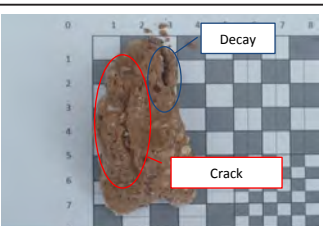

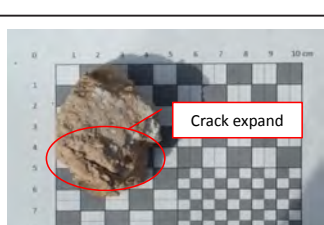
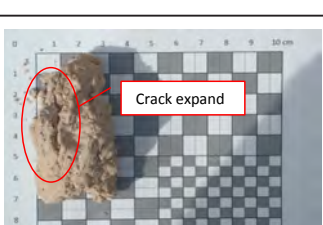
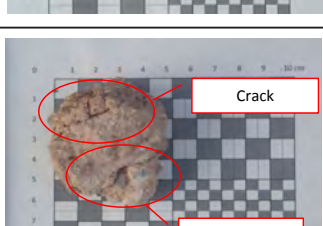
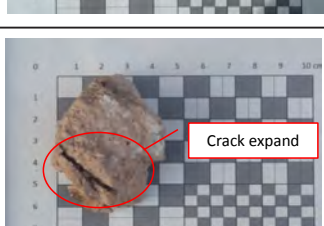
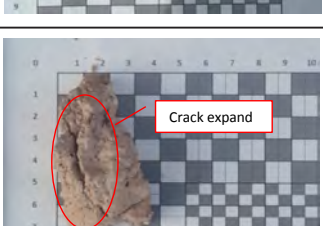
Permeate prototipleri, tuf kayalarının şeklini korumak için sağlamlaştırıcı olarak oldukça yüksek etki gösterdi. Fakat yıpranma testinin sonunda su geçirmez özelliklerini kaybettiler.


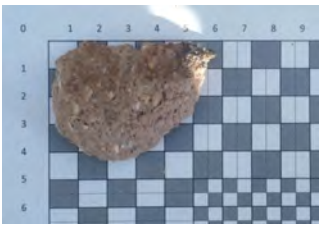
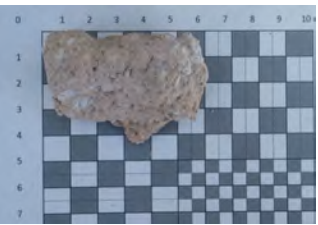

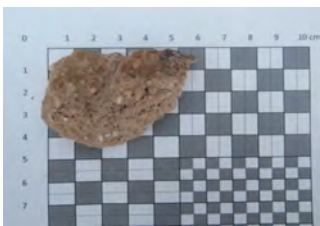


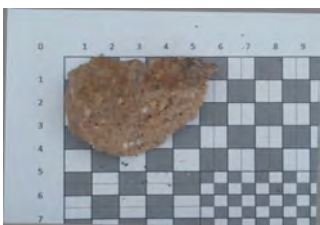

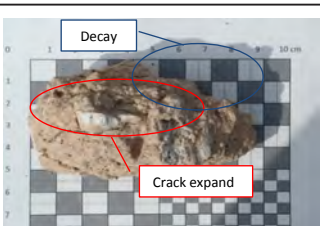

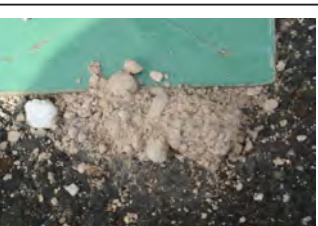
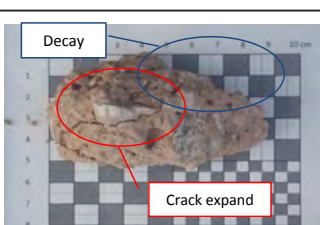


## II -5 -5 Future plans

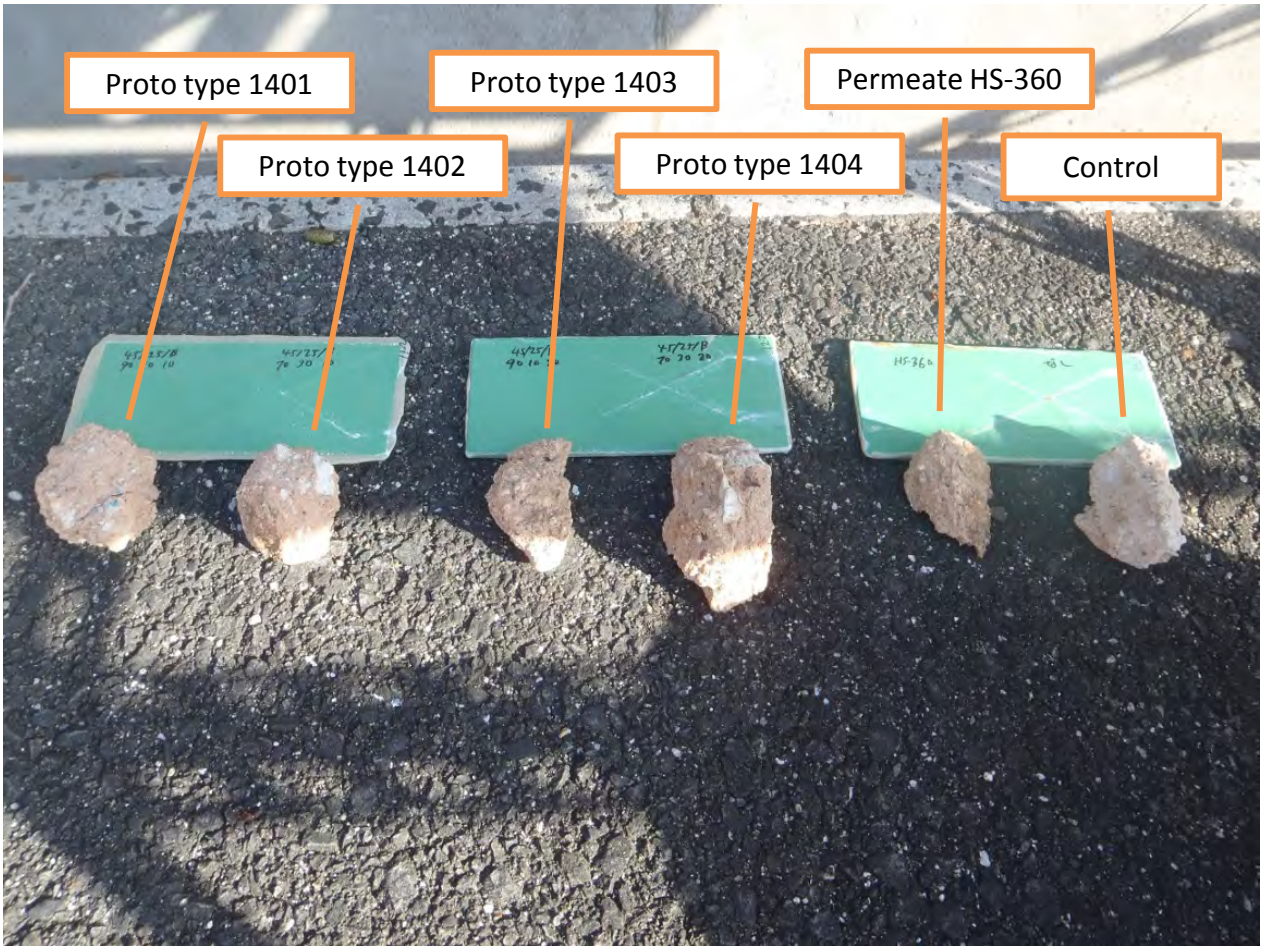
Further tests shall be carried out with rock samples from Red Valley of Cappadocia, with redefined environmental settings to simulate actual conditions in Cappadocia.

## II -5 -5 Gelecek Planlar

İlerdeki testler, gerçek Kapadokya koşullarını simüle etmek için yeniden belirlenmiş çevresel ortamlarda, Kapadokya Kızıl Vadiden alınan kaya örnekleri ile yapılacaktır.

	Proto type 1401	Proto type 1402	Proto type 1403
Before Exposure			
2 weeks Exposure			
4 weeks Exposure			
2 months Exposure			
3 months Exposure			

	Proto type 1404	Permeate HS-360	Control (non treatment)
Before Exposure			
2 weeks Exposure			
4 weeks Exposure			
2 months Exposure			
3 months Exposure			









III. Scientific analysis and Conservation for  
Üzümlü wall paintings





### III -1 Üzümlü Church Kızıl Valley, Cappadocia, Turkey

September 2014: Investigative campaign

### Üzümlü Kilisesi Kızıl Vadi, Kapadokya, Türkiye

Eylül 2014:Araştırma Kampanyası

Jennifer Porter, Wall painting conservator

#### Condition Assessment & Relevant

#### Observations of Original Technique

#### Introduction

As part of an initial campaign to study the materials, technique and current condition of the wall paintings in the church of Üzümlü, Cappadocia, Turkey, a general examination and condition survey were carried out. These studies led to the development of a visual glossary which catalogues and describes the most important deterioration phenomena observed, and also to the documentation of those deterioration phenomena through mapping. This report describes and synthesizes the information resulting from this work, and proposes a program for the conservation of the wall paintings.

The first section of the report includes some descriptions of the original technique of the paintings, where necessary for understanding the discussion of their current condition. This does not however constitute a full assessment of the original technique, which will be reported in more detail separately.

Since the examinations were carried out as part of a brief initial campaign, it should be kept in mind that the findings and conclusions reported herein can only be considered as preliminary until analysis is completed, and further examinations can be carried out. Additionally, a single scaffolding was available for use during the campaign, so examinations were restricted mainly to Chambers 1 and 2 of the church.

#### III -1 -2 Original Technique

#### III -1 -2.1 Architecture and paintings

The church is cut into a mound of volcanic rock, situated on the floor of the Kızıl Valley (fig. 1). A single doorway currently provides access to the interior. The painted church is composed of a succession of three principal chambers,

#### Durum Değerlendirmesi ve Orjinal Tekniklerin

#### Konuya İlişkin Gözlemlenmeleri

#### Giriş

Türkiye, Kapadokya'daki Üzümlü Kilisesi'ndeki duvar resimlerinin bugünkü durumunu, materyalleri ve teknikleri araştırmak için ilk çalışmaların bir parçası olarak, genel bir inceleme ve durum değerlendirmesi yapıldı. Bu çalışmalar listeleme, gözlemlenen fenomenlerdeki en önemli bozulmayı açıklama ve ayrıca haritalama yoluyla bu bozulmaların belgelendirilmesine olanak sağlamıştır. Bu rapor, çalışma sonucunda elde edilen bilgileri tanımlar ve sentezler. Ayrıca duvar resimlerinin korunması için bir program hedeflemektedir.

Raporun ilk bölümü, resimlerin günümüzdeki durumlarını anlamak için gerekli olan, bazı orijinal resim tekniklerinin betimlemelerini içermektedir. Fakat ayrı bir şekilde, daha detaylı rapor edilecek orijinal tekniklerin bütün değerlendirmesini oluşturmamaktadır.

Bu araştırmalar ilk çalışmanın özet parçası olarak uygulandığından, ileriki çalışmalar uygulanabildiğinde ve analizler tamamlanabilene kadar, rapor edilen bulguların ve sonuçların başlangıç niteliğinde olduğu unutulmamalıdır. Buna ek olarak, bu kampanya boyunca kullanmak için bir tek yapı iskelesi mevcuttu. Bu sebeple araştırmalar esas olarak kilisenin Oda 1 ve Oda 2'si ile sınırlıydı.

#### III -1 -2 Orjinal Teknik

#### III -1 -2.1 Mimari ve Resimler

Kilise, Kızıl Vadi topraklarında bulunan volkanik tüf, kaya tepesi şeklinde oyulmuştur(Resim1). Tek kapı içeriye giriş sağlamaktadır. Resimli kilise, merkezi doğu batı eksenine kurulmuş üç ana odadan oluşmaktadır. Ayrıca

laid out on a central east-west axis. There are also two side chambers, which are unpainted, and seem to have been excavated at a later date. Along the central axis, the chambers become increasingly elaborate in design as they progress towards the rear and most significant chamber, a trend which is also reflected in the increasing complexity and elaboration of the paintings themselves.

Chamber 1, the entrance chamber, is a relatively small space with a low, arched ceiling, its east and west walls taken up almost entirely by doorways. In this chamber, the painting is located only on the ceiling and is relatively simple, representing scrolling vines and clusters of grapes (fig. 2). The ceiling of Chamber 2 is much higher, and also vaulted, but the walls are completely painted. In the upper registers, saints and Biblical figures are represented, while the east wall contains a Crucifixion, and the ceiling is decorated with a more elaborate depiction of scrolling grape vines surrounded by a decorative border (figs. 3 & 4). At dado level, decorative arches are portrayed. The third and easternmost chamber (Chamber 3) presumably would have contained the altar, and is consequently more elaborate than the first two: the ceiling was shaped into a dome, and the chamber itself is also circular, with a number of niches cut at regular intervals into the walls and dome. The dome is painted in a detailed geometric scallop pattern, with the Virgin Mary and Child depicted in the eastern side of the dome, flanked by angels (fig. 5).

The physical evidence clearly indicates that the two unpainted side chambers were later modifications of the church, since their entrances are cut through the painted scheme. These chambers were excavated at an unknown later date, and for an unknown purpose, though fires appear to have been made in one of them, due to extensive blackening of the walls in this area. It appears that the doorway between Chambers 1 and 2 may also have been slightly enlarged at some point, and in Chamber 3 the floor level is about 0.5 m lower than the others, which may also be due to a later modification. At some point a door was cut into the south wall in Chamber 3, but has since been closed with a masonry construction. A window is cut in the south side of the dome, above this door, and currently remains open.

boyanmamış ve sonraki tarihlerde oyulmuş olduğu tahmin edilen iki yan oda vardır. Ana eksen boyunca arka taraflara ve en önemli odaya ilerledikçe, odalar tasarım olarak gittikçe ayrıntılı bir hal almaktadır. Ayrıca resimlerin de gittikçe karmaşıktığını ve ayrıntılı bir hal aldığı yansıtan bir durum söz konusudur.

Oda 1, yani giriş odası tamamen kapıyla kapanmış, doğu-batı duvarları, kavisli ve alçak tavanıyla oldukça küçük bir alandır. Bu odada resimler sadece tavana bulunmaktadır. Üzüm salkımı ve asma betimlemeleriyle oldukça sadedir (Resim 2). Oda 2'nin tavanı daha yüksek ve tonozludur (kubbeli), ama duvarlar tamamen resimlidir. Doğu duvarları İsa'nın çarmıha gerilmesini resmederken, üst kısımda havariler, azizler ve İncil'le ilgili figürler betimlenmiştir. Ayrıca tavana, dekoratif bir sınırla çevrelenen üzüm asmalarının tasviri daha ayrıntılıdır (Resim 3 ve 4). Taban taşı seviyesinde dekoratif kavisler resmedilmiştir. Üçüncü ve en doğudaki oda (Oda 3) 'da büyük olasılıkla sunak bulunmaktaydı ve bunun sonucu olarak ilk ikisine göre daha ayrıntılıydı. Tavana kubbe şekli verilmişti. Ayrıca odanın kendisi de, duvarlara ve kubbeye düzenli aralıklarla kesilmiş, birkaç oyuğun da bulunduğu daire şeklinde bir odadır. Kubbenin doğu tarafında tasvir edilen, her iki yanında Melekler olan Meryem Ana ve çocuğu ile kubbe, detaylı geometrik deniz kabuğu deseniyle boyanmıştır. (Resim 5)

Fiziksel kanıtlar boyasız iki yan odanın, Kilisenin sonraki modifikasyonu olduğunu açıkça göstermektedir. Çünkü odaların girişleri boyalı şemalar boyunca kesilmiştir. Bu odalar daha sonraki bilinmeyen bir tarihte bilinmeyen bir sebeple kazılmış. Bu bölgedeki duvarların yoğun siyahlıklarına bağlı olarak, bunlardan birinin içerisinde yangın olduğu görülmektedir. Oda 1 ve 2 arasındaki kapı bir noktaya kadar biraz genişletilmiş gibi görünmektedir ve Oda 3'de yer seviyesi diğerlerine göre 0.5m daha alçaktır ve bunun da daha sonraki modifikasyona bağlı olabileceği düşünülmektedir. Belirli bir noktada Oda 3'deki güney duvarına bir kapı oyulmuştur. Fakat taştan bir yapı ile kapatılmıştır. Bu kapının üzerinde kubbenin güney tarafına bir pencere açılmıştır ve günümüzde de açık olarak kalmıştır.



Figure 1. Üzümlü church



Figure 2. The paintings on the vaulted ceiling of Chamber 1



Figure 3. Detail of the paintings on the upper south wall of Chamber 2



Figure 4. Paintings on the east wall of Chamber 2



Figure 5. Virgin and Child on the east wall of Chamber 3

### III -1 -2.2 Stone support

The church was excavated directly from a volcanic tuff formation. Tuff is formed from volcanic ash flow, and therefore generally has fine grained matrices with inclusions of other products of the volcanic eruption which were incorporated into the ash flow. The Cappadocia tuffs are generally quite soft, beige to pinkish in color, with inclusions of materials such as pumice, volcanic glass and quartz, and also contains a significant proportion of clays (Urguler 2009, Ulusay et al. 2006). This contributes to the softness of the stone and ease with which it can be excavated, but also makes it particularly susceptible to erosion.

A great deal of care seems to have been taken in the excavation of the walls of Chambers 1-3 in preparation for painting, leaving them quite flat and regular. On the other hand, the excavation of the side chambers appears to have been carried out in a much more rapid fashion, leaving the wall planar but with marked by deep cuts (fig. 6). These walls are completely bare, with no evidence that they were plastered at any point in the past. These observations support the idea that the side chambers were later modifications, since the tool marks which are observed in the walls of these chambers is very different from the main chambers.

### III -1 -2.3 Plaster layers

A single very thin (~2-5 mm) and bright white layer of plaster covers the walls in Chambers 1-3 (fig. 7). Generally it appears to contain very little aggregate, though in some areas sandy inclusions were observed (mainly in the dado level plaster layers and in Chamber 1). However, this sandy material may have originated from the stone itself, and been drawn into the plaster during application, rather than being a deliberate addition to the mix. This question could perhaps be better resolved by further examination.

A very thin ground (~1-2 mm) of what appears to be similar material was applied on top of the plaster layer. This layer is bright white, but sometimes appears to have a slightly yellowish tone, and does not appear to contain any aggregate (fig. 7).

Both layers appear to have been applied in a quite liquid state: it is often possible to discern brush strokes in both, and no other tool mark types were observed. No joins were

### III -1 -2.2 Taş Desteği

Kilise direkt volkanik tuf oluşumundan kazılmıştır. Tuf, volkanik kül akıntısından oluşmuştur. Bu yüzden genellikle kül akıntısının içinde bulunan diğer volkanik patlama maddelerinin içeriği ve taneli matrislere sahiptir. Kapadokya tüfleri genellikle oldukça yumuşak, ponza, volkanik cam ve kuvars içeriği ile bejden pembemsi renge doğrudur ve ayrıca önemli miktarda kil barındırmaktadır (Urguler 2009, Ulusay et al.2006). Bu özellikler taşların yumuşak olmasının katkı sağlamakta ve kazınabilmesini kolaylaştırmaktadır. Fakat aynı zamanda aşınmaya da neden olmaktadır.

Oda 1 ve 3'ün duvarlarının kazınmasında büyük ölçüde özen gösterildiği, boya hazırlığında düzgün ve düzenli bir şekilde bırakıldıklarından anlaşılmaktadır. Diğer bir yandan ,yan odaların kazılımı sırasında, duvarı derin oyuklarla işaretleyip ardından yüzeysel bir şekilde bırakarak, daha seri bir tarz uygulandığı görülmektedir(Resim 6). Bu duvarların geçmişte hiçbir noktasının sıvandığına dair kanıt olmamakla birlikte duvarlar tamamen sadedir. Bu gözlemler, yan odaların sonradan değiştirildiği düşüncesini desteklemektedir. Çünkü bu odaların duvarlarında incelenen alet izleri ana odadakinden çok farklıdır.

### III -1 -2.3 Sıva Tabaka

Çok ince (~2-5 mm) ve beyaz sıva tabakası Oda 1 ve 3'ün duvarlarını kaplamaktadır (Resim 7). Bazı bölgelerde kumlu olduğu gözlemlenmesine rağmen, genellikle çok az çakıl içerdiği görülmüştür ( özellikle taban taşı seviyesi sıva tabakasında ve Oda 1'de). Fakat bu kumlu materyal karışıma kasıtlı bir eklemekten ziyade, taşın orijinalinde bulunup ,uygulama boyunca sıvanın içine karıştırılmış olabilir. Bu soru ilerleyen araştırmalarla daha iyi çözümlenebilecektir.

Benzer bir materyal gibi görünen çok ince toprak (~1-2 mm) sıva tabakasının üstüne uygulanmıştır. Bu tabak açık beyaz, zaman zaman sarımsı tonlardadır ve çakıl içermemektedir (Resim 7).

Her iki tabakaya da oldukça sıvı olarak uygulandığı görülmektedir. Her ikisinde de fırça izlerini ayırt etmek mümkündür ve başka bir alet izi gözlemlenmiştir. Mimari yapı kenarları dışında (kapılar, köşeler, camlar vb. ) tasarım da hiçbir eklenti mevcut değildir.





Figure 6. Excavation tool marks in the walls of the side chamber



Figure 7. The lower white plaster layer, and overlying thin white ground. Brush strokes can be seen in both layers, indicating that they were applied as quite liquid preparations

visible within the scheme, except at the edges of architectural elements (windows, corners, doorways etc).

Because of the absence of aggregate in the plaster layers, their bright white color, and thin and liquid application, it is assumed that the plasters are gypsum-based. Additionally, where the lower plaster layer has undergone mechanical damage, it has deformed in a way which suggests that it is a soft and somewhat compressible material, which is not a property typical of lime plasters (fig. 8). Plasters at comparable sites throughout Cappadocia have been identified as lime or gypsum based, sometimes in combination (in separate layers or mixed in a single layer) (Pelosi et al. 2013, Schwartzbaum 1986), so the presence of a gypsum plaster at Üzümlü would not be unusual. The specific composition and application of the plaster (little to no aggregate; applied in thin, liquid layers by brush) may be less common, since it seems that many plasters were prepared with the addition of plant fibers (Pelosi et al. 2013). however there is a huge variety in the materials and quality of painting technology throughout the region, including some examples which are painted directly onto the rock, or others where the rock was prepared with a simple coating of whitewash, then painted (Schwartzbaum 1986).

Açık beyaz renk, ince -sıvı uygulama ve sıva tabakasında çakılın olmayışı sebebiyle, sıvaların alçıtaşı bazlı olduğu sanılmaktadır. Buna ek olarak, alt tabakanın mekanik hasara tabi tutulduğu yerde deformeler oluştu. Bu da kullanılan sıvanın, tipik kireç sıvasının özelliği olmayan,yumuşak ve sıkıştırılabilir madde olduğu nu gösterdi. Kapadokya boyunca karşılaştırılabilecek bölgelerdeki sıvaların kireç ve alçıtaşı bazlı,zaman zaman bileşimli (ayrı tabakalarda yada bir tabakada karışmış şekilde)(Polesi et al.2013) olduğu saptanmıştır. Bu sebeple Üzümlüdeki alçıtaşı bazlı sıvanın varlığı olağan dışı bir durum değildir.Özel karışım ve sıva uygulaması ( çakılsız olana biraz ince bir şekilde uygulayarak ve sıvı tabakaya fırçayla uygulayarak)genel bir durum olabilir.Çünkü bir çok sıvanın bitki liflerinin eklenmesiyle hazırlandığı düşünülmektedir(Pelosi et al. 2013). Fakat bölge boyunca boyama teknoloji kalitesi ve materyallerindeki çeşitlilik çok geniştir. Direkt kayanın boyandığı yada kayaların basit bir badana kaplama ile hazırlanıp sonradan boyanması gibi örnekler vardır(Schwartzbaum 1986).



Figure 8. Where damaged through impact, the plaster appears fractured but compressed, suggesting that it is quite a soft material

### III -1 -2.4 Paint layer

Incisions, snapped lines, and underdrawing were used to set out the scheme, and the paint layer was then applied directly to the ground (fig. 9 & 10). The palette appears quite limited upon first inspection, made up of predominantly red, yellow, black, white and a very restricted use of a green pigment. However, the pigments seem to have been blended in some cases to obtain variations of color, or perhaps a variety of materials was used for similar colors – there appear to be two yellows, one quite bright and lemony, the other a bit duller and more golden; and a variety of reds, from a deep purple-red tone to brick red, but also paler shades of pink and purple (fig. 10). This type of pigment mixing has been reported in other Cappadocian paintings, including at least one example where organic and mineral pigments were combined to obtain a specific tone or effect (Pelosi et al. 2013).

The paints often appear to have been applied in quite liquid, medium-rich preparations, resulting in some areas in thin, glaze-like effects (though this appearance may in part be due to deterioration, as discussed further below) (fig. 11). The smearing of layers in some areas, either due to mechanical action, dry or in the presence of water, also indicates that the paint layers were originally applied a secco, and further supports the hypothesis that the plaster layers are gypsum-based (fig. 12). Though Cappadocian paintings have often been reported as true frescoes (ex. Schwartzbaum 1986), there is also ample evidence that organic (often proteinaceous) binders were commonly used (Pelosi et al. 2013, Andaloro 2008).

### III -1 -2.4 Boya Tabakası

Oyuklar, kırık çizgileri ve altçizgiler tasarımı göstermek için kullanılmış ve boya tabakası sonradan direkt toprağa uygulanmıştır (Resim 9 ve 10). İlk bakışta kullanılan boyaların oldukça kısıtlı olduğu görülmektedir. Ağırlıklı olarak kırmızı, sarı, siyah, beyaz ve çok sınırlı olarak yeşil pigment kullanımının olduğu görülmektedir. Fakat, pigmentlerin bazı durumlarda çeşitli renkleri elde edebilmek için karıştırıldığı düşünülmektedir ya da belkide benzer renkler için çeşitli renkler kullanılmış olabilir. Örneğin iki çeşit sarı görülmektedir. Bunlardan bir tanesi açık ve limon sarısı şeklindedir. Bir diğeri ise biraz mat ve altın sarısı, koyu mor-kırmızı tonlarından kiremit rengine doğru çeşitli kırmızı tonları, soluk pembe ve mor gölgeler bulunmaktadır (Resim 10). Bu tarzda bir karışım belirli ton ve efektleri elde etmek için karıştırılan organik ve mineral pigmentlerin bulunduğu, en az bir örneği de içine alan diğer Kapadokya resim örneklerinde rapor edilmiştir (Pelosi et al. 2013).

Boyaların bazı bölgelerde ince, şeffaf efektler bırakan orta değerinde ve oldukça akıcı şekilde uygulandığı görülmektedir (Fakat bu görüntü kısmen, aşağıda belirtildiği gibi, bozulmaya bağlı olabilir) (Resim 11). Mekanik eylem, kuruma yada suyun varlığına bağlı olarak bazı bölgelerdeki katman lekeli boya tabakasına “a secco” uygulandığını göstermektedir ve sıva tabakasının alçı taşı (aktözlü) olduğu hipotezini desteklemektedir (Resim 12). Kapadokya resimleri gerçek freskler olarak rapor edilmesine rağmen (Örn. Schwartzbaum 1986), genel olarak organik (genellikle proteinli) bağlayıcıların kullanıldığına dair yeterli kanıt vardır (Pelosi et al. 2013, Andaloro 2008).



Figure 9. A hole is visible at the center of this medallion, where a compass point was pressed into the plaster for laying out the circular outline



Figure 10. Underdrawing in red pigment is visible in the lower third of this detail; the range of paint colors is also displayed, with greenish, pink, purple, red, yellow and blackish blue hues in evidence



Figure 11. The lighter purplish paint appears to have been applied as a medium rich, transparent wash layer



Figure 12. Smearing of the paint layers suggests that the pigments are bound with an organic medium

### III -1 -2.5 External factors

The entrance to the church is currently closed by an ill-fitted metal door, composed of widely-spaced metal bars (Fig. 13). It seems that this door is generally kept locked, but when open, visitation to the church is often unaccompanied and unsupervised.

A house and café have recently<sup>1</sup> been built directly adjacent to the church, on its south side, and the surrounding valley floor has been converted into gardens and an orchard with an irrigation system, and a storage shed, toilet facilities and swimming pool have also been built, and a running water system presumably installed. Flower pots and planters have been arranged at various points around the church. The compound is used as a home, but also as a café for tourists. Food, drinks and crafts are offered for sale, and sometimes overnight stays for groups.

<sup>1</sup>The exact date is unknown, but could probably be determined.

### III -1 -2.5 Dış Faktörler

Kiliseye giriş geniş aralıklı metal çubuklardan yapılmış, kötü şekilde takılmış metal bir kapı tarafından kapatılmıştır. Görünüşe göre kapı genellikle kilitli kalmaktadır. Fakat açıldığında, kiliseye ziyaretler genellikle yalnız ve denetimsiz olmaktadır.

Son dönemde kilisenin güney cephesinin hemen bitişiğine bir ev ve bir kafe inşa edilmiş, etrafındaki alan bahçe ve sulama sistemi olan bir bostana çevrilmiştir. Ayrıca bir depolama sundurması, tuvalet ve yüzme havuzu da inşa edilmiştir. Buna ek olarak muhtemelen bir şebeke su sistemi de bulunmaktadır. Çiçek saksıları ve bitkiler kilisenin etrafında çeşitli bölgelere yerleştirilmiştir. Bitişikteki yer ev olarak, aynı zamanda turistler için kafe olarak da kullanılmaktadır. Yiyecekler, içecekler ve el yapımı eşyalar satılmakta ve zaman zaman gruplar gece burada konaklamaktadırlar.

<sup>1</sup>Kesin tarihi bilinmemektedir. Fakat büyük olasılıkla belirlenebilir.



Figure 13. Metal door which secures the entrance to the church

### III -1 -3 Deterioration

The following discussion addresses the phenomena defined in the visual glossary of deterioration. The glossary was created in order to facilitate identification and establish consistent naming of phenomena. In order to build the glossary, a visual examination of the paintings was carried out, followed by a categorization, description and photographing of the phenomena observed. Thus, the glossary was created based on an observation of the particular material characteristics and deterioration phenomena affecting the paintings, rather than following a standardized condition glossary, which can often force the conservator to fit observed phenomena to a pre-determined definition, often resulting in the loss of important information.

In a few cases, it was felt that phenomena would be too difficult to map, or that their mapping might not be useful, in which case the phenomena are described and discussed here, but not listed in the visual glossary.

The discussion is limited to the assessment of the painted interior of the church (Chambers 1-3); external factors and the two side chambers are mentioned only when relevant to a discussion of the paintings.

#### III -1 -3.1 External factors

As is common at sites throughout Cappadocia, the Üzümlü tuff formation exhibits significant ongoing external deterioration, driven mainly by wind and water erosion, manifesting as powdering and spalling of the stone. Structural cracking is also a major threat to the preservation of the church: the rock formation is located on a fault line, whose activity has resulted over time in the cracking of the structure roughly down the axis of the church (east-west) (see fig. 1). The tectonic activity, and thus the movement of the church structure, is ongoing.

#### III -1 -3.2 Deterioration of the interior rock substrate

Despite the significant ongoing deterioration on the exterior of the church, the interior stone generally appears to be in good and stable condition. While water is one of the driving factors in exterior deterioration, there is very little evidence of water-driven deterioration on the interior of the church, with the exception of a few instances of infiltration. Importantly,

### III -1 -3 Bozulmalar

Aşağıdaki tartışma, bozulmaların görsel sözlüğünde belirtilen olaylara değinmektedir. Sözlük teşhisleri kolaylaştırmak ve kalıcı fenomen isimlerini belirlemek için oluşturuldu. Sözlüğü oluşturmak için, sınıflandırma, gözlemlenen olayların fotoğrafları ve açıklamalarının olduğu görsel resim incelemesi yapılmıştır. Bu sebeple sözlük, önemli bilgilerin kaybolmasına sebep olan, genellikle çalışmayı yapan kişiyi önceden gözlemlenip belirlenmiş durumlara uymaya zorlayan standart sözlüklere uymaktan ziyade belirli malzeme özelliklerinin incelenmesi ve resimlere etki eden bozulmalar esas alınarak oluşturulmuştur.

Birkaç durumda olayların haritalaştırılmasının zor olabileceği ya da haritalamanın faydalı olmayacağı düşünüldü. Böyle bir durumda da fenomenler bu yazıda açıklanmış, Fakat görsel sözlükte listelenmemiştir.

Tartışma kilisenin iç kısmındaki resimlerin değerlendirmesi ile sınırlıdır (Oda 1-3). Dış faktörler ve iki yan odadan resim ile ilgili olduğu zaman bahsedilmiştir.

#### III -1 -3.1 Dış Faktörler

Bütün Kapadokya bölgesinde yaygın olduğu gibi Üzümlü tuff oluşumu, rüzgar ve su erozyon sebebiyle oluşan ufalanma ve dökülmelerin çok önemli dış bozulmalar olduğunu açığa çıkarmıştır. Yapısal kırılmalar kilisenin korunmasında ana tehdit unsurunu oluşturmaktadır. Kaya yapısı zamanla kilisenin eksen yapısında çatlamlara sebep olan fay hattı üzerinde konumlanmıştır (doğu-batı)<sup>2</sup> (bkz. resim 1). Tektonik aktivite ve bundan kaynaklanan kilise yapısının bozulmaları hala devam etmektedir.

#### III -1 -3.2 İçteki tas alt tabakasının bozulması

Kilisenin dışında devam eden belirgin bozulmaya rağmen, içteki kayanın genel olarak iyi ve stabil bir durumda olduğu görülmektedir. Şu, dış bozulmanın itici faktörlerinden biri iken, bir kaç infiltrasyon örneği dışında, kilisenin içinin bozulmasını tetiklediğini gösteren çok az kanıt var. Bu, içte çok az tuz aktivitesi olduğu anlamına gelmektedir.

Halen, civardaki ev ve duvarlarla ilgili aktivitenin iç ortamda

this means that there is very little salt activity on the interior. Currently, the activity associated with the nearby house and compound does not seem to have caused any change in the interior environment, but this should perhaps be monitored.

Structural movement has manifested as large cracks on the surface of the stone and paintings on the interior of the church, running east-west along the length of the ceiling in Chambers 1-3, but also perpendicularly across Chamber 2, and at the corners of the east wall in this chamber (fig. 14). Currently these cracks do not appear to have permitted any water infiltration, though as structural movement continues this could become a problem. Indeed, such structural failures have eventually resulted in water infiltration and significant deterioration of painted interiors at other sites in the region (Andaloro 2014, Schwartzbaum 1986, UNESCO 1985).

Some spalling of the stone on the interior of the church was observed around doorways, where extensive excavation was carried out, but this phenomenon seems to be very limited, and for the moment there is very little evidence that it has directly affected the painting (fig. 15).

In some losses where the stone substrate has been revealed, a dark brownish-black material has been deposited (Fig. 16). The origin and nature of this material remains uncertain for the moment, but it is hypothesized that it may be of biological origin.

herhangi bir değişikliğe neden olmadığı görülüyor ancak bu gözlemlenmelidir.

Yapısal hareketler, kilisenin içindeki taş ve resimlerin yüzeyinde, 1 ve 3 No'lu odalarda doğu-batı yönünde tavan boyunca uzanan çatlaklar olarak ortaya çıkar. Aynı zamanda 2 No'lu odayı ve bu odadaki doğu duvarının köşelerini dik olarak geçer (Resim 14). Şu anda bu çatlaklar herhangi bir su sızıntısına izin verecek gibi görünmese de, yapısal hareketler devam ederse bu bir sorun haline gelebilir. Aslında, bunun gibi yapısal bozukluklar sonunda su sızıntısı diğer bölgelerin iç boyamalarındaki ciddi bozulmalar ile sonuçlanır (Andaloro 2014, Schwartzbaum 1986, UNESCO 1985).

Kilisenin iç taşlarındaki bazı kavlaklar kapsamlı bir kazının yapıldığı kapı çevrelerinde gözlemlendi. Ancak, bu olay çok sınırlı gibi görünüyor ve resmi doğrudan etkilediğine dair çok az kanıt var (Resim15).

Taş alt tabakanın ortaya çıktığı bazı hasarlı yerlerde koyu kahverengi-siyahımsı bir madde birikmiştir (Resim 16). Bu maddenin kökeni ve yapısı şu an için belirsizdir ancak biyolojik kökenli olduğu varsayımında bulunmaktadır.





Figure 14. A structural crack can be seen running through the plaster and paint layers on the ceiling of Chamber 2, from east to west



Figure 15. Spalling of the stone was observed in some areas

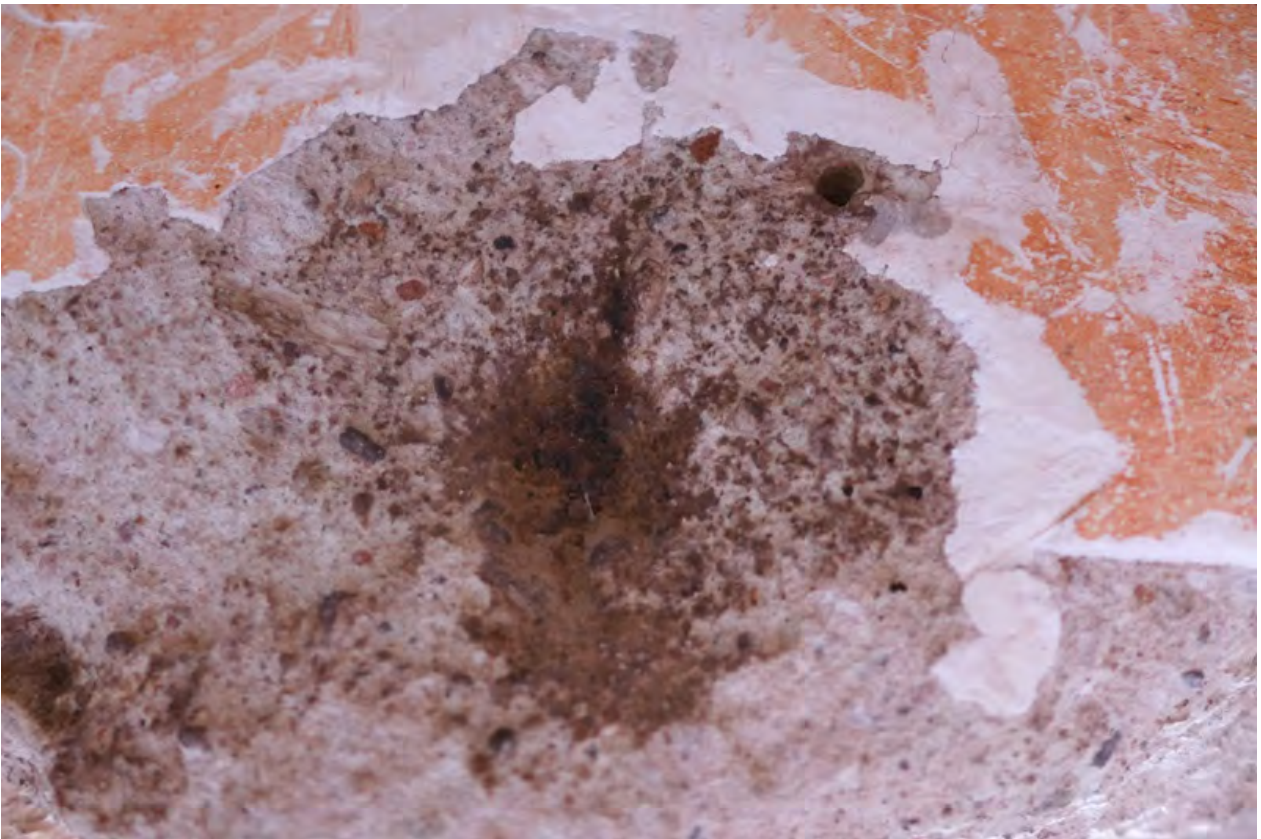


Figure 16. A blackish brown material is deposited in some areas of exposed stone substrate. This may have a biological origin

### III -1 -3.3 Deterioration of the plaster layers

In general the plaster layers are very stable, and most observed deterioration phenomena can be attributed to mechanical damage caused by structural movement, human, or animal activity.

No powdering of the plaster layers was observed, and very little delamination, either between plaster layers or between the plaster and rock. Where delamination has occurred, it almost always appears to be associated with areas of mechanical damage (fig. 17 & 18). However, delamination was assessed by visual observation alone, since the plaster layers are thin and could therefore be quite delicate, and some paint layers also appear susceptible to mechanical action. Tapping or other forms of assessment were not carried out, and consequently detachment may be more extensive than expected in some areas. This will need to be assessed in subsequent campaigns.

Where cracking of the plaster layers occurs, it is usually associated with the overall structural cracking. In some areas, further cracking has radiated from a structural crack, or has been exacerbated by human or animal activity.

Human activity in the church over centuries has resulted in the most extensive deterioration phenomena, starting with the modifications to the structure which resulted in the destruction of portions of the scheme. Additionally, the paintings have been extensively graffitied over time, usually by incising words or figures into the plaster layers. The graffiti is generally restricted to areas which could be reached by a person standing at ground level, and so generally do not occur above a height of 1.5-2 m. This vandalism has continued up until relatively recently, and probably still continues, as evidenced by the presence of a phone number cut into one area of the painting (fig. 19). However, it is important to note that a large number of the graffiti are historically significant (ex. Greek inscriptions, images of horses and monks, exact dates as yet unknown) (fig. 20 & 21), and therefore their preservation must be taken into account when planning a conservation program for the paintings.

The paintings have also suffered from other types of extensive and deliberate human-inflicted damage, often directed at specific iconographic elements, possibly driven

### III -1 -3.3 Alçı Tabakalarının Bozulması

Genelde alçı tabakaları sağlam. En çok gözlenen bozulma olayı, yapısal hareketler, insan ve hayvan hareketlerinin neden olduğu mekanik hasarlara dayandırılabilir.

Alçı tabakalarının tozlaşması gözlenmemiştir. Hem alçı tabakalarının arasında hem de alçı ve taş arasında çok az soyulma gözlenmiştir. Soyulmanın meydana geldiği yerde, bunun hemen hemen her zaman bölgedeki mekanik hasarla ilgili olduğu görülmektedir (Resim 17, 18). Bununla birlikte, alçı (sıva) tabakaları ince ve oldukça hassas olduğundan ve bazı boya tabakaları da mekanik harekete duyarlı görüldüğünden soyulmalar yalnızca gözlenerek değerlendirildi. Vurma ve diğer değerlendirme şekilleri uygulanmadı. Dolayısıyla, ayırma bazı bölgelerde beklenenden daha kapsamlı olabilir. Bunun daha sonraki seferlerde değerlendirilmesi gerekecektir.

Alçı tabakalarının çatladığı yer genelde bütünüyle yapısal çatlama bağlıdır. Bazı bölgelerde, daha ileri çatlamlar yapısal bir çatlaktan yayılmış ya da insan ve hayvan hareketlerine bağlı olarak kötülemiştir.

Kilisedeki yüzyıllarca süren insan hareketleri yapıdaki sema bölümlerinin tahrip olmasıyla sonuçlanan değişikliklerle başlamış ve en kapsamlı bozulma olayıyla sonuçlanmıştır. Ayrıca, zamanla bazı resimlerin üzerine, genellikle sözcük ve şekillerin alçı tabakalarının üzerine kazınmasıyla duvar yazıları yazılmış. Duvar yazıları genellikle zemin seviyesinde duran bir kişi tarafından erişilebilecek bölgelerle sınırlıdır. Bu yüzden genelde 1.5-2 metreden yüksekte değildir. Bu vandalizm yakın zamana kadar kısmen devam etmiş ve resmin bir yerine yazılan telefon numarasıyla varlığını kanıtladığı üzere, belki de hala devam etmekte (Resim 19). Öte yandan, çok sayıdaki duvar yazısının tarihsel olarak önemli olduğuna dikkat etmek gerekir (Örnek: Yunanca yazılar, at ve rahip resimleri, şu ana kadar bilinmeyen kesin tarihler)( Resim 20, 21). Bu yüzden, resimler için bir koruma programı planlanırken, bunların korunması dikkate alınmalıdır.

Resimler genellikle belirli ikonografik unsurlardan, muhtemelen putkiran ya da dini inanışlardaki diğer farklılıklardan türemiş öteki tip kasıtlı, insan kaynaklı hasara da uğramış.(Resim22). Vandalizm, çizme, vurma, kazıma

by iconoclasm or other differences in religious belief (fig. 22). The vandalism was inflicted by scratching, hitting, scraping and gouging (fig. 23 & 24). Generally, the damage cuts through the paint layer and into the plaster layers, but sometimes has caused the loss of all three layers, revealing the bare stone beneath. In some cases, impact has caused the compaction, deformation and cracking of the paint and plaster layers, but the stratigraphy remains intact (fig. 25). Like the graffiti, human-inflicted damage occurs mainly in the lower 1.5-2 m of the painting, but does extend to the height of the ceiling in some areas, in which cases it appears that sticks, rocks or other implements were used.

It appears that both bats and birds have inhabited the church at some point, and have also caused damage and deterioration of the plaster layers, generally in the form of mechanical damage (scratching, cracking, removal of plaster), but also through chemical deterioration, from deposited excrement or saliva etc (fig. 2).

Small holes (approximately 5 mm Ø) occur in clusters in a few areas of the painting (fig. 26). Their origin is unclear (possibly human or animal), but compaction and breaking of the plaster layer was noted within them, suggesting that they may have been caused by impact.

Ongoing damage through mechanical action is likely facilitated by the ill-fitted door securing the entrance to the church, which it is possible to climb around in order to enter the church (see fig. 13). The door's widely-spaced metal bars also cannot prevent animals from entering the church, though signs of recent habitation were not observed. Though it seems that the church most often remains locked, when opened, visitation is unaccompanied and unsupervised (as is the case with many of the churches in the region), increasing the chance of further vandalism and damage.

ve oyma şeklinde gerçekleşmiş (Resim 23, 24). Genelde hasar boya tabakasını ve sıva tabakalarını içe doğru kesiyor. Fakat bazen, çıplak taşın altını açığa çıkararak 3 tabakanın da kaybına neden olmuştur. Bazı durumlarda vurma, kompaksiyona, boya ve alçı tabakalarındaki deformasyon ve kırılmaya neden olur fakat stratigrafi bozulmadan kalır (Resim 25). Duvar yazıları gibi resmin, çoğunlukla 1.5-2 m seviyesinde insan kaynaklı hasar meydana gelir. Fakat bu taş, sopa ve diğer gereçlerin kullanıldığı bazı yerlerde tavan seviyesine yükselir.

Genelde mekanik hasar ve bozulma (alçının kazınması, parçalanması ve kavlatılması ) ve diski, tükürük vs. nin birikmesiyle oluşan kimyasal bozulmaya yol açan yarasa ve kuşların kilisenin bazı noktalarını kendilerine mesken edindikleri görülüyor (Resim 2).

Resmin bazı yerlerindeki öbelerde küçük delikler (yaklaşık 5mm Ø) oluşur (Resim 26). Sebebi bilinmiyor (insan ya da hayvan kaynaklı) fakat kompaksiyon ve kırılma, darbe etkisiyle oluşturduğu düşünülen alçı tabakalarının içinde görülmüştür.

Mekanik hareketle devam eden hasarı büyük olasılıkla, tırmanarak girmenin kolay olduğu, kiliseye girişi güvenlik altına alan, kötü takılmış kilit kolaylaştırıyor (Resim 13). Kapıların geniş aralıklı metal kalıpları hayvanların kiliseye girmesini engelleyemiyor olmasına rağmen son zamanlarda yerleşim belirtileri gözlenmedi. Buna karşın, kilisenin genelde kilitli olduğu görülüyor. Açık olduğu zamanlarda ise ziyaretler, daha fazla vandalizm ve hasarı artıracak şekilde refakatsiz ve denetimsiz olarak gerçekleşiyor (bölgedeki diğer pek çok kilisede olduğu gibi).



Figure 17. Area of delamination associated with mechanical damage



Figure 18. Area of delamination associated with structural cracking

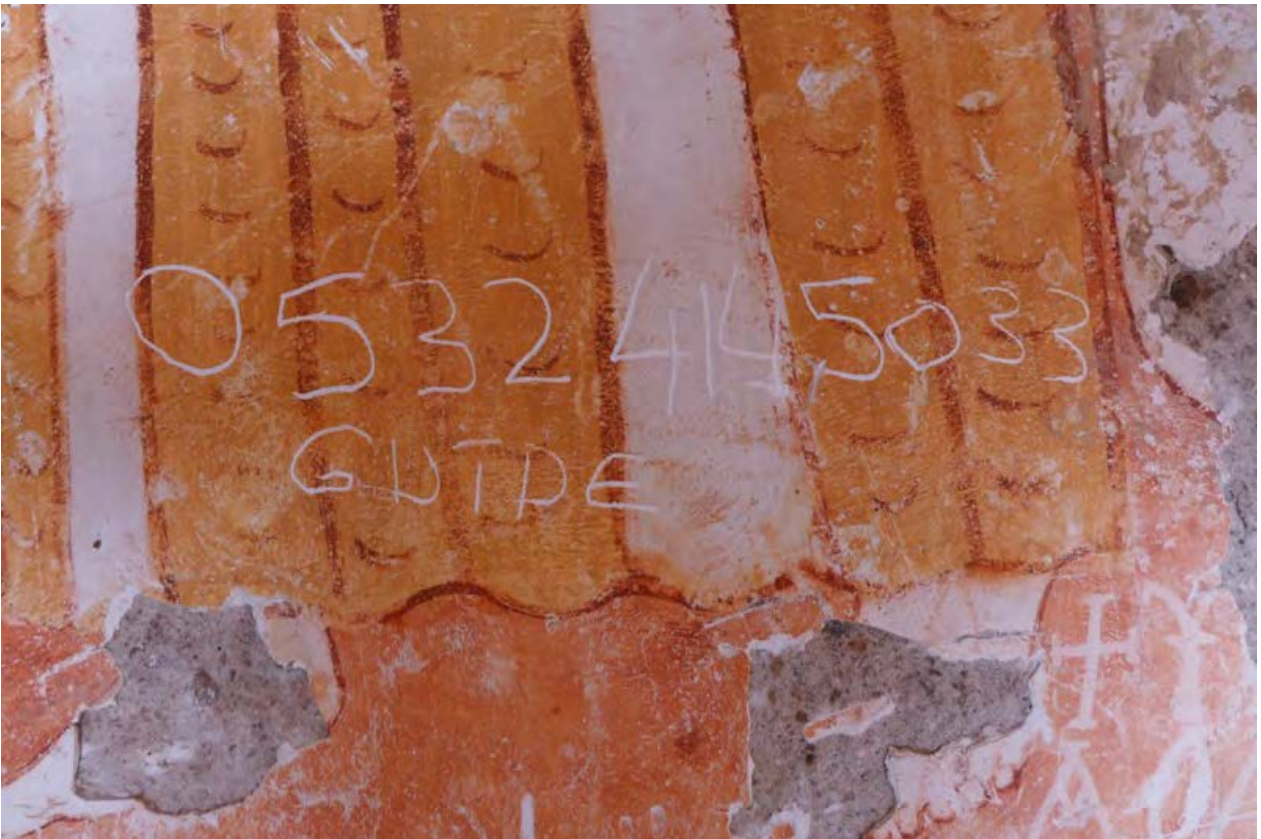


Figure 19. Modern graffiti



Figure 20. Historic graffiti depicting horses



Figure 21. Historic Greek inscriptions



Figure 22. Example of vandalism directed at specific iconographic elements



Figure 23. Damage caused by gouging

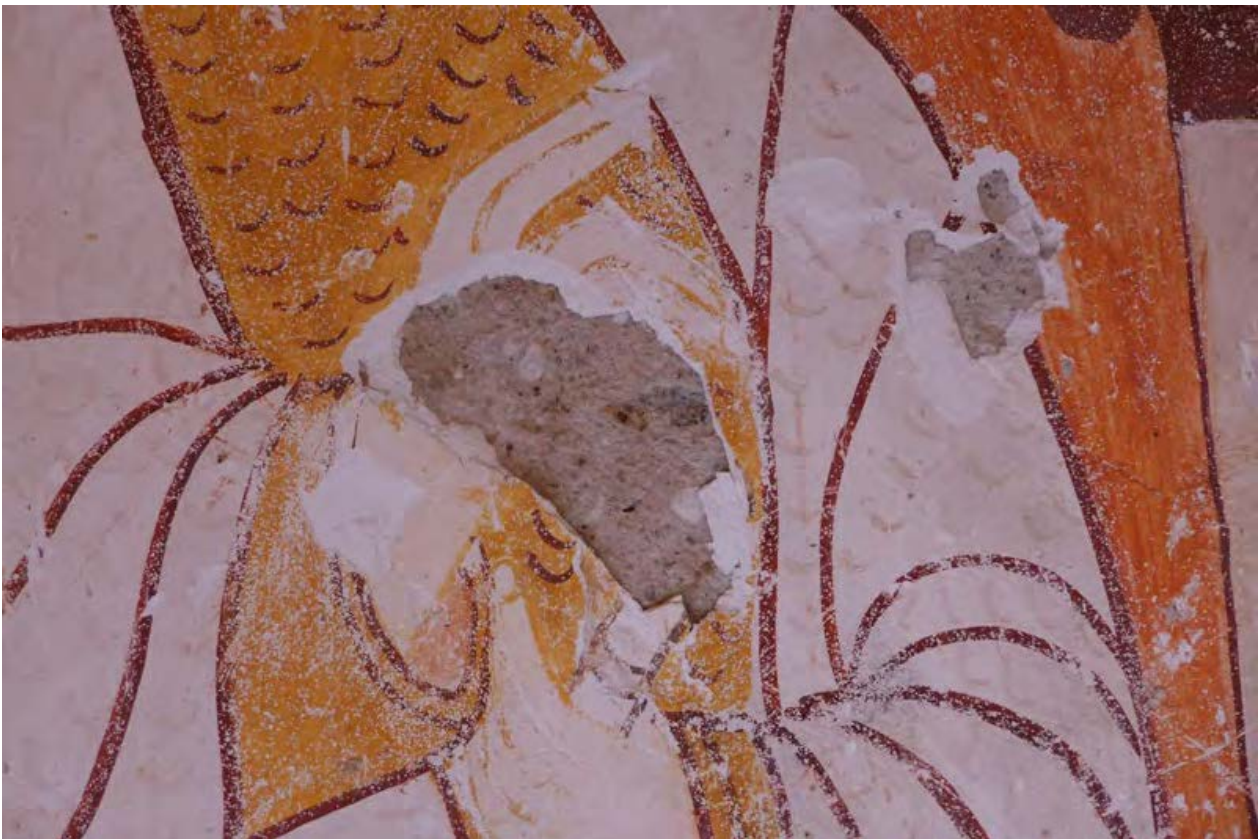


Figure 24. Damage caused by impact





Figure 25. The painting stratigraphy has remained intact despite impact damage



Figure 26. Small and homogenous holes were observed in the plaster layer. Their origin is unknown

### III -1 -3.4 Deterioration of the paint layer

No powdering or flaking of the paint layers was observed, though they do appear to be friable, based on smearing observed in various locations. There are also areas of preferential loss, the mechanism of which is as yet unexplained, and may vary from area to area (fig. 27). It also does not affect paint layers in the same way across the painting, further confounding explanation. Loss could be due to chemical or physical changes within the paint layer, possibly a failure of the binder. The process is not yet clear, and will need to be investigated further. Preferential loss of paint layers has also been observed in other sites (Andaloro 2008), but further work would have to be done to determine if there are consistent patterns or causes between sites.

### III -1 -3.4 Boya Tabakalarının Bozulması

Boya tabakalarında toz haline gelme ya da pul pul dökülme gözlenmemesine rağmen bazı yerlerde karalamalara dayalı ufalanma gözlemlendi. Mekanizması henüz açıklanamayan ve bölgeden bölgeye farklılık gösteren öncelikli kayıp alanlar bulunmaktadır (Resim 27). Daha kafa karıştırıcı yorum ise, yine resim boyunca, aynı şekilde boya tabakalarını etkilemediğidir. Kayıp, boya tabakalarındaki kimyasal ya da fiziksel değişikliklerden, belki de bağlayıcı maddenin yetersizliğinden kaynaklanıyor olabilir. Süreç henüz net değil ve daha da incelenmesi gerekmektedir. Başka bir bölgede de boya tabakasının öncelikli kaybı gözlenmiştir (Andaloro 2008). Fakat, bölgeler arasında tutarlı örnekler ya da nedenler olup olmadığını belirlemek için daha fazla çalışma yapmak gerekmektedir.

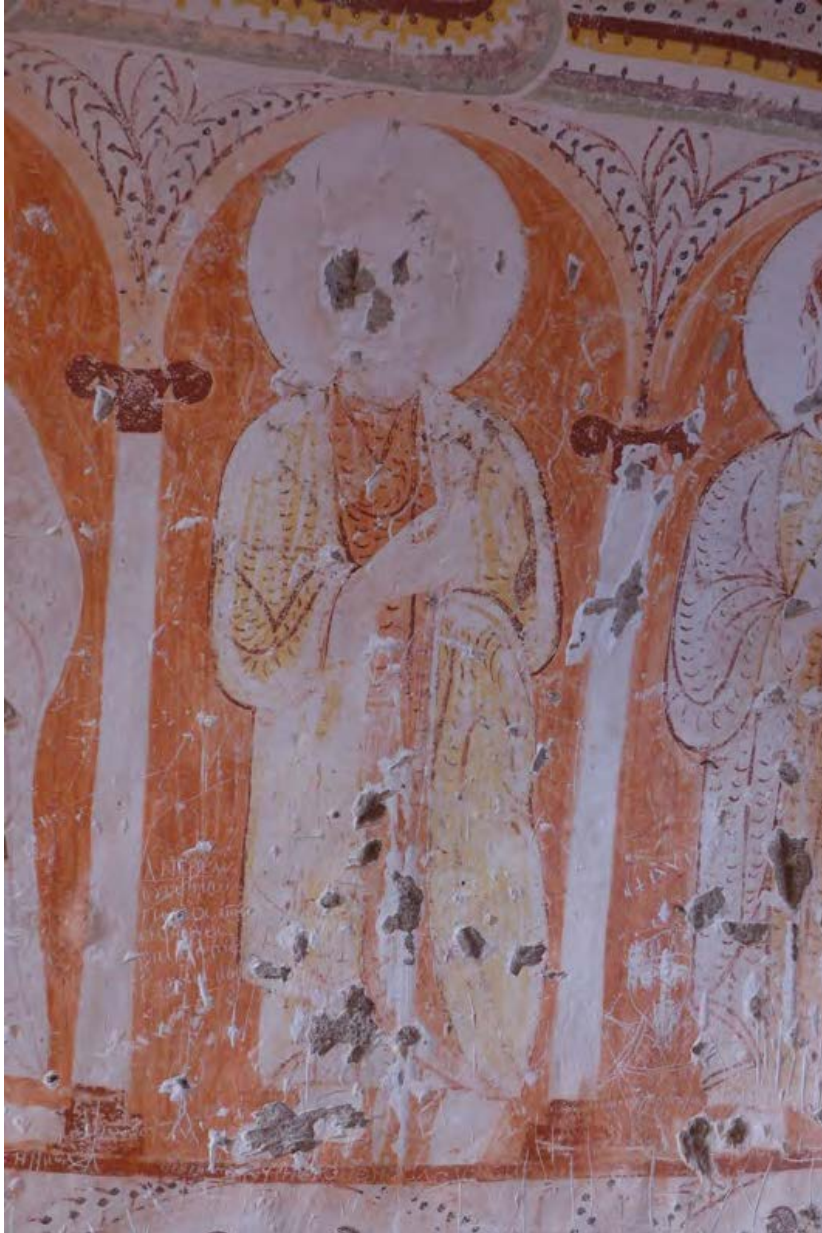


Figure 27. Some paint layers in the face and robe of the figure have been completely lost, while others remain



Figure 28. The paint layer in the halo appears to have altered to a grayish white hue



Figure 29. The pink paint layer appears to have altered to a purple black



Figure 30. Superficial graffiti (in blue)



Figure 31. Graffiti created by smearing the original paint layers



Figure 32. Earthen material used in bird nest construction deposited on the surface of the painting



Figure 33. Remains of earthen nest material, and loss of the paint layer where it has been removed



Figure 34. Grey veil which seems to be of biological origin



Figure 35. Circular microlosses of the paint layer, and black spotting in adjacent areas

Pigment alteration was also observed, mainly as a shift from pink to grey, white to grey, and red to grey (fig. 28 & 29). Alteration of some type may also explain the current appearance of some of the other paint layers, but this cannot be understood without further examination and/or analysis.

The paint layers have suffered the same mechanical damage as that described above for the plaster layers. The paint layers have additionally suffered from superficial graffiti (fig. 30), and smearing, a condition which has been exploited in a number of instances for the writing of graffiti (fig. 31).

The presence of animals has affected the paint layers through the deposition of material on the surface (ex. mud from nests, excreta), and the loss of paint when these materials have been removed (fig. 32 & 33). Contact with the animals has also resulted in the loss of paint layers in the form of scratching and other types of mechanical damage. Animals appear to have roosted mainly in Chamber 2.

A number of phenomena were also observed which currently have are not fully understood. The first is a grey veil, often associated with black spotting (fig. 34), both of which seem to be of biological origin. These phenomena occur in particular areas of the painting, predominantly in Chambers 2 and 3, and at first viewing may appear to be the result of smoke deposition, though closer examination eliminates this hypothesis. A possibly related phenomenon is that of microlosses in the paint layer, generally circular and of approximately 0.5-2 mm Ø, which reveal the underlying ground layer (fig. 35). This phenomenon has been loosely associated with the grey veil and spots, mainly because they often manifest in similar locations, but this relationship has yet to be proven.

### III -1 -4 Conclusions

Based on the observations made during this initial investigative campaign, it would appear that the most significant and ongoing deterioration affecting the wall paintings in the church of Üzümlü are the external threats posed by structural cracking and erosion, and mechanical damage caused by humans and animals. Since in some cases plaster detachment appears related to cracking, it may also be considered ongoing. Decohesion and loss of specific paint layers, and microbiological activity are not yet

Ağırlıklı olarak, pembeden griye, beyazdan griye ve kırmızıdan griye dönüşen pigment değişikliği gözlenmiştir (Resim 28&29). Bazı tip değişimler, diğer bazı boya tabakalarının mevcut görünümünü de açıklayabilir fakat bu, daha ileri tetkik ve analizler yapılmadan anlaşılamaz.

Yukarıda alçı tabakalarındaki tarifte olduğu gibi, boya tabakaları da aynı mekanik hasara uğramıştır. Boya tabakaları buna ek olarak, çok sayıda grafiti örneği ile istismar edilmiş yüzeysel duvar yazısı (Şekil 30) ve karalama olayına maruz kalmıştır (Resim 1 31).

Hayvanların varlığı, yüzeydeki materyal çökmesi (Or: Yuvaların çamuru, dışkı) ve bu materyallerin kaldırılması sonucu boyanın kaybı yoluyla boya tabakasını etkilemiştir (Şekil 32, 33). Hayvanlarla temas da, kazıma ve diğer mekanik hasar tipleri şeklinde boya tabakalarının kaybıyla sonuçlanır. Hayvanların genelde 2 No'lu odada tünedikleri görüldü.

Şu anda henüz tamamen anlaşılamayan bir dizi olay da gözlemlendi. Birincisi, sıklıkla siyah lekelenmelerin eşlik ettiği gri perdedir (Şekil 34). Bunların her ikisi de biyolojik kökenli gibidir. Bu olaylar ağırlıklı olarak 2 ve 3 No'lu odalarda, resmin belirli yerlerinde meydana geliyor. Yakından inceleme, bu tezi ortadan kaldırırsa da, bu olay ilk bakışta duman birikmesi sonucu oluşmuş gibi görünüyor. Büyük olasılıkla ilişkili bir olay da, boya tabakasındaki genellikle dairesel ve yaklaşık 0.5-2 mm Ø olan ve alttaki yer tabakasını açığa çıkaran mikro zararlar (Resim 35). Çoğunlukla benzer yerlerde sıkça ortaya çıktığından, bu olgu, gri perde ve noktalarla kabaca ilişkilidir. Fakat bu ilişki henüz kanıtlanamamıştır.

### III -1 -4 Sonuçlar

İlk inceleme seferlerinde yapılan gözlemlere dayanarak, Üzümlü Kilisesi duvar resimlerindeki en önemli ve devam eden bozulmanın, yapısal çatlamlar, erozyon ile insan ve hayvanların sebep olduğu mekanik hasarların ortaya çıkardığı dış tehditler olduğu görülmektedir. Bazı durumlarda, çatlama ile alakalı alçı kopmaları görülmekte ve bunun devam ettiği düşünülmektedir. Ayrılma, spesifik boya tabakalarının kaybı ve mikrobiyolojik aktivite henüz tamamıyla anlaşılmış değildir. Şu an için, bu bozulmanın devam edip etmeyeceğine

fully understood; for the moment, there is no evidence that these deterioration are ongoing, but this will need further examination and analysis to ascertain.

The same deterioration phenomena were identified by UNESCO in 1985 as the principle threats to the preservation of the rock cut churches in the Cappadocia region as a whole, and subsequent studies have consistently reported identical deterioration at sites throughout the region (Schwartzbaum 1986; Andaloro 2008 & 2014; Rovella 2014). Thus, a study and treatment of these phenomena and their causes at Üzümlü would be of great relevance to sites throughout the area.

The following actions are suggested for inclusion in a program for the conservation of the wall paintings:

Preventive interventions:

- Continuing mechanical damage should be controlled through the installation of a well-fitted door with a narrower grid. This would prevent the entrance of humans and animals, greatly reducing the incidence of damage, though the visitation policy still leaves the paintings in danger of some amount of ongoing vandalism;
- There is unfortunately little which can be done to limit the structural failure of the church, since it is caused by the movement of the underlying fault line. However, cracking should certainly be monitored, and external cracks filled and maintained as necessary to prevent water infiltration to the church interior;
- Controlling or reducing ongoing external erosion is of course also fundamental to the long term preservation of the paintings, but is the subject of a separate report.

Remedial interventions:

- The stabilization of some areas of detached or cracked plaster is recommended in order to prevent their loss over time. Partial treatment with fills, edge repairs and grouting should be applied only to the extent deemed necessary to ensure the paintings' stability, i.e. this should be designed as a partial treatment only, limiting the intervention to the minimum necessary to secure the paintings.
- Modern graffiti should be toned down in order to increase

dair bir kanıt yok. Fakat, bunu ortaya çıkartmak için daha fazla inceleme ve analize ihtiyaç var.

Aynı bozulma olayı 1985'te UNESCO tarafından bir bütün halinde Kapadokya bölgesindeki kaya kiliselerinin korunmasının başlıca tehdidi olarak tanımlandı ve sonraki çalışmalar da sürekli bölge genelindeki mekanlarda aynı bozulmayı rapor etmiştir (Schwartzbaum 1986; Andaloro 2008&2014; Rovella 2014). Bu sebeple, bu olayın Üzümlüdeki nedenleri,ile ilgili bir çalışma ve değerlendirmesi bölge genelindeki mekanlar için çok uygun olacaktır.

Aşağıdaki eylemlerin duvar resimlerinin korunması programına dahil edilmesi önerilir.

Önleyici Müdahaleler

- Süreğen mekanik hasarlar, tam oturan, dar parmaklıklı bir kapı monte edilerek kontrol altına alınabilir. Bu, insanların ve hayvanların girişini önleyerek, hasar etkisini oldukça azaltır. Yine de, ziyaret politikası, resimleri halen devam eden bir miktar vandalizm tehlikesine maruz bırakmaktadır.
- Alttaki fay hattının neden olduğu hareketlerden dolayı, ne yazık ki kilisenin yapısal çöküşünü sınırlamak için yapılabilecek çok az şey var. Bununla birlikte, çatlamlar kesinlikle gözlenmeli ve dış çatlaklar, kilisenin içine su girmesini engellemek için gerektiği kadar doldurulmalı ve muhafaza edilmelidir.
- Süreğen dış erozyonun azaltılması ya da kontrol altında tutulması, resimlerin uzun süreli korunması için elbette esastır ancak bu, ayrı bir rapor konusudur.

İyileştirici Müdahaleler

- Bazı yerlerdeki ayrılmış veya çatlamış alçıların sabitlenmesi, zamanla kaybolmalarını önlemek için önerilir. Dolgu, kenar onarımı ve alçı ile yapılacak kısmi muamele, resmin sağlamlığını garantilemek için sadece gereken ölçüde uygulanmalıdır. Bu, resmi korumak için gerekli minimum müdahale ile sınırlandırılarak, yalnızca kısmi bir işlem olarak tasarlanmalıdır.
- Resimlerin görünebilirliği için modern duvar yazılarının rengi açılmalı ve mümkünse daha fazla duvar yazısı yazılması engellenmelidir. Tarihi duvar yazıları dokunulmadan



the legibility of the paintings, and possibly also limit the incidence of further graffiti. Historic graffiti should be left untouched.

Further study:

- Ideally, the following phenomena should be studied further in order to determine their causes and mechanisms (where possible), assess whether the deterioration is active, and consider the need for passive or remedial interventions:

- Paint layer microloss;
- Paint layer decohesion;
- Microbiological activity: grey veil and black spots;
- Loss of specific paint layers;
- Pigment alteration.

- The extent of plaster detachment should be more thoroughly assessed, in order to plan remedial treatments;
- Simple monitoring systems should be set up for the detection and evaluation of ongoing deterioration, including cracking and structural movement;
- A study of the historic inscriptions should be undertaken by an appropriate scholar, in order to understand their significance, and extract any information relating to the history of the church.

### III –1 –5 References

#### III –1 –5 Kaynakça

- Andaloro, M. 2008. Project for the rock paintings in Cappadocia: the Church of the Forty Martyrs at Şahinefendi, *Araştırma Sonuçları Toplantısı (26-30 May 2008, Ankara)*, T.C. Kultur ve Turizm Bakanlığı Yayınları, Ankara, **26**, 2008, 187-200.
- Andaloro, M., T. Pignatale and G. Verdiani 2014. 'The Church of Meryem Ana in Göreme, Cappadocia: Correct documentation for a meaningful heritage at risk', *Conference on Cultural Heritage and New Technologies*, Vienna, Austria, November 1113, 2013.
- Erguler, Z. A. 2009. Field-based experimental determination of the weathering rates of the Cappadocian tuffs. *Engineering Geology*, **105(3)**, 186-199.
- Pelosi, C., G. Agresti, M. Andaloro, P. Pogliani, U. Santamaria 2013. 'The rock hewn wall paintings in Cappadocia (Turkey). Characterization of the constituent materials and a chronological overview', *e-Preservation Science*, 2013, **10**, 99-108.
- Rovella, N., M. Andaloro, G. M. Crisci, M. F. La Russa, C. Pelosi, P. Pogliani, S. A. Ruffolo 2014. 'Cappadocian rupestrian churches and conservative strategies: from the lab to the archeological site', *VIII Congresso Nazionale di Archeometria Scienze e Beni Culturali: stato dell'arte e prospettive*, Bologna, Italy, **5-7** February 2014.
- Schwartzbaum, P. 1986. 'Conservation of the mural paintings in the rock cut churches of Göreme', in *Tokali Kilise: 10th Century Metropolitan Art in Byzantine Cappadocia*, A. J. Wharton Ed., Dumbarton Oaks, Appendix I.

kalmalıdır.

#### İlerideki Çalışmalar

- En uygunu, sebepleri ve mekanizmasının (nerede mümkün olduğu) saptanması, bozulmanın aktif olup olmadığının değerlendirilmesi ve pasif, iyileştirici önlemlerin düşünülmesi için aşağıdaki olayların daha çok araştırılması olacaktır.

- Mikro boya tabakası kayıpları
- Boya tabakası ayrılmaları
- Mikrobiyolojik hareketler; gri perde ve siyah lekeler
- Spesifik boya tabakalarının kaybı
- Pigment değişikliği

- Sıva ayırma ölçüsü iyileştirici işlemin planlanması için iyice değerlendirilmelidir.

- Çatlama ve yapısal hareketleri de içeren süreğen bozulmanın tespiti ve değerlendirilmesi için basit izleme sistemi hazırlanmalıdır.

- Tarihi yazılarla ilgili çalışma, değerinin anlaşılması ve kilisenin tarihiyle alakalı bütün bilgilerin açıklanabilmesi için konunun uzmanı bir bilim adamı tarafından üstlenilmelidir

Ulusay, R., C. Gokceoglu, T. Topal, H. Sonmez, E. Tuncay, Z. A. Erguler & O. Kasmer 2006. Assessment of environmental and engineering geological problems for the possible re-use of an abandoned rock-hewn settlement in Urgüp (Cappadocia), Turkey. *Environmental Geology*, **50(4)**, 473-494.

UNESCO 1985. *Structural conservation of Göreme. Göreme, land of fairy chimneys*. Ministry of Culture and Tourism, Turkey. General Directorate of Antiquities and Museums.

### III -2 Rock and wall painting samples from Üzümlü Church (2014) Üzümlü Kilisesi'nden kaya ve duvar resmi örnekleri (2014)

Yoko Taniguchi, University of Tsukuba

#### Introduction

In total 5 tuff rock samples and 12 samples of other material (1 sample was separated from the sample UZM\_05 and given another number UZM\_013: in total 13) were obtained for further scientific testing and analysis in and around Üzümlü church during the 2014 campaign. Details of locations and information of each sample are shown in the table below. For the painting samples, most of them were chosen from the areas where unexplained discolouration and/or alteration phenomena were observed.

#### III -2 -1

Under the permission from the Ministry of Culture and Tourism, the samples were transported to Japan for detailed scientific investigations.

#### Giriş

2014 kampanyası boyunca, daha detaylı bilimsel deney ve analiz için, Üzümlü Kilisesi'nin içinde ve çevresinde toplam 5 tuf kaya örneği ve 12 duvar resmi örneği (örneklerden biri UZM\_05'ten ayrıldı ve kendisine UZM\_013 şeklinde başka bir numara verildi: toplamda 13) toplandı. Her örneğin yeri ve özellikleri ile ilgili ayrıntılar aşağıdaki tabloda gösterilmektedir. Resim örneklerinin çoğu, renkte solma ve/veya değişme gözlediğimiz alanlardan seçildi.

#### III -2 -1

Örnekler, Kültür ve Turizm Bakanlığı'nın izni ile, detaylı bilimsel inceleme için Japonya'ya gönderildiler.

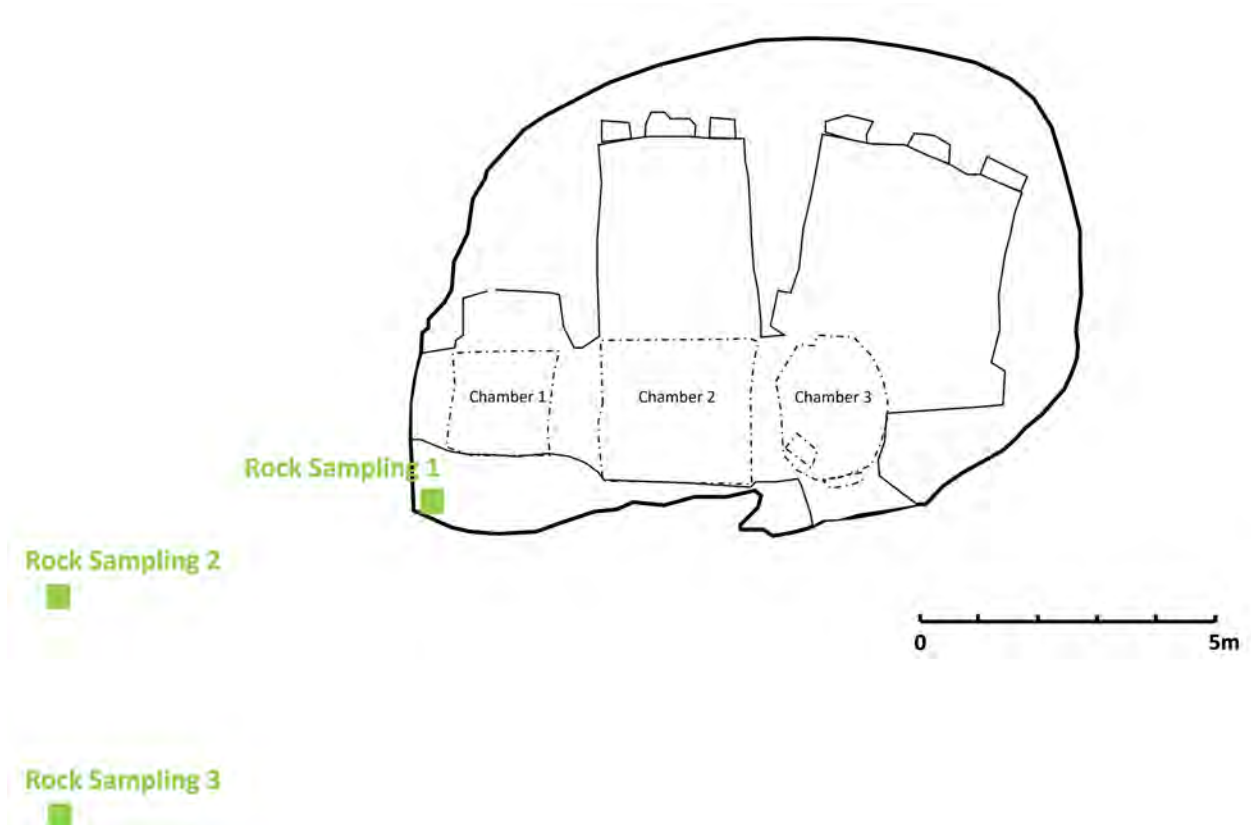


Figure 1. Location of rock samples (in green)

Table 1. List of rock samples and their GIS information




UZM_R01	UZM_R02	UZM_R03
N38°39.152 W34°51.618	N38°39.151 W34°51.612	N38°39.145 W34°51.617
		



Figure 2. Paint sample locations in chamber 3



Figure 3. Painting sample location at the entrance of Chamber 1

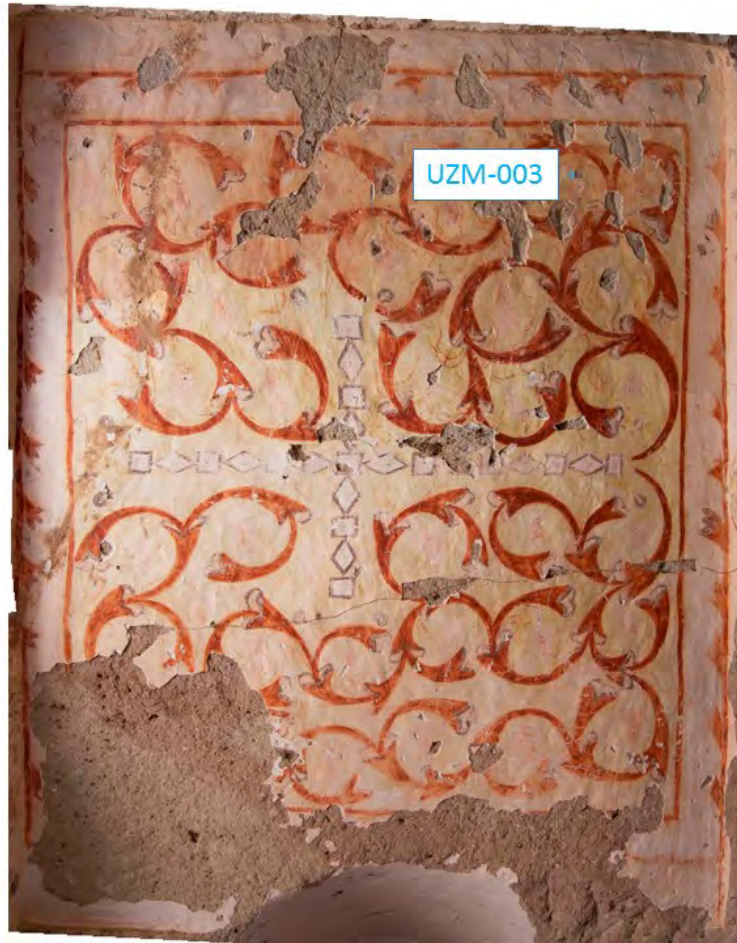


Figure 4. Paint sample location in Chamber 1

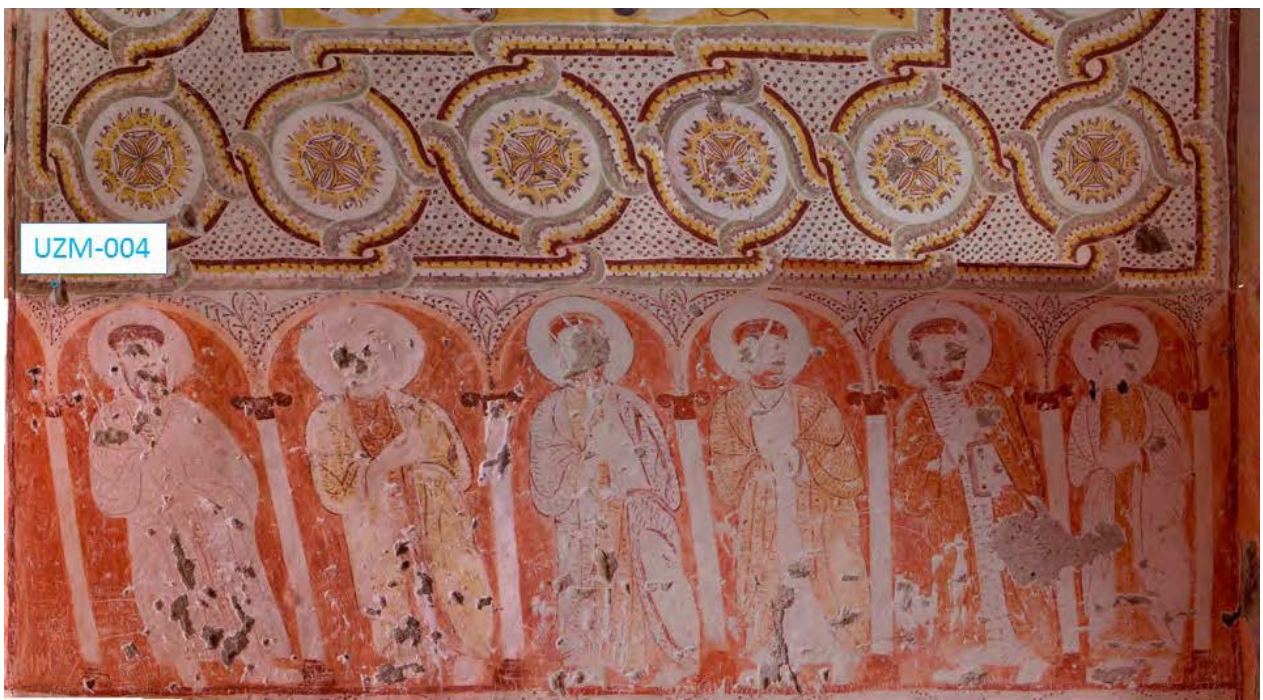


Figure 5. Paint sample location in Chamber 2, east wall.



Figure 6. Paint sample location in Chamber 2, west wall.



Figure 7. Paint sample location in Chamber 2, south wall.












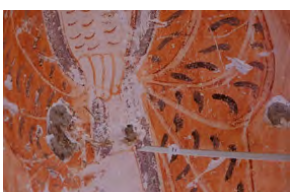


Figure 8. Paint sample location in Chamber 2, ceiling.



Figure 9. Paint sample location in Chamber 2, north wall.



Table 2. List and description of wall painting samples

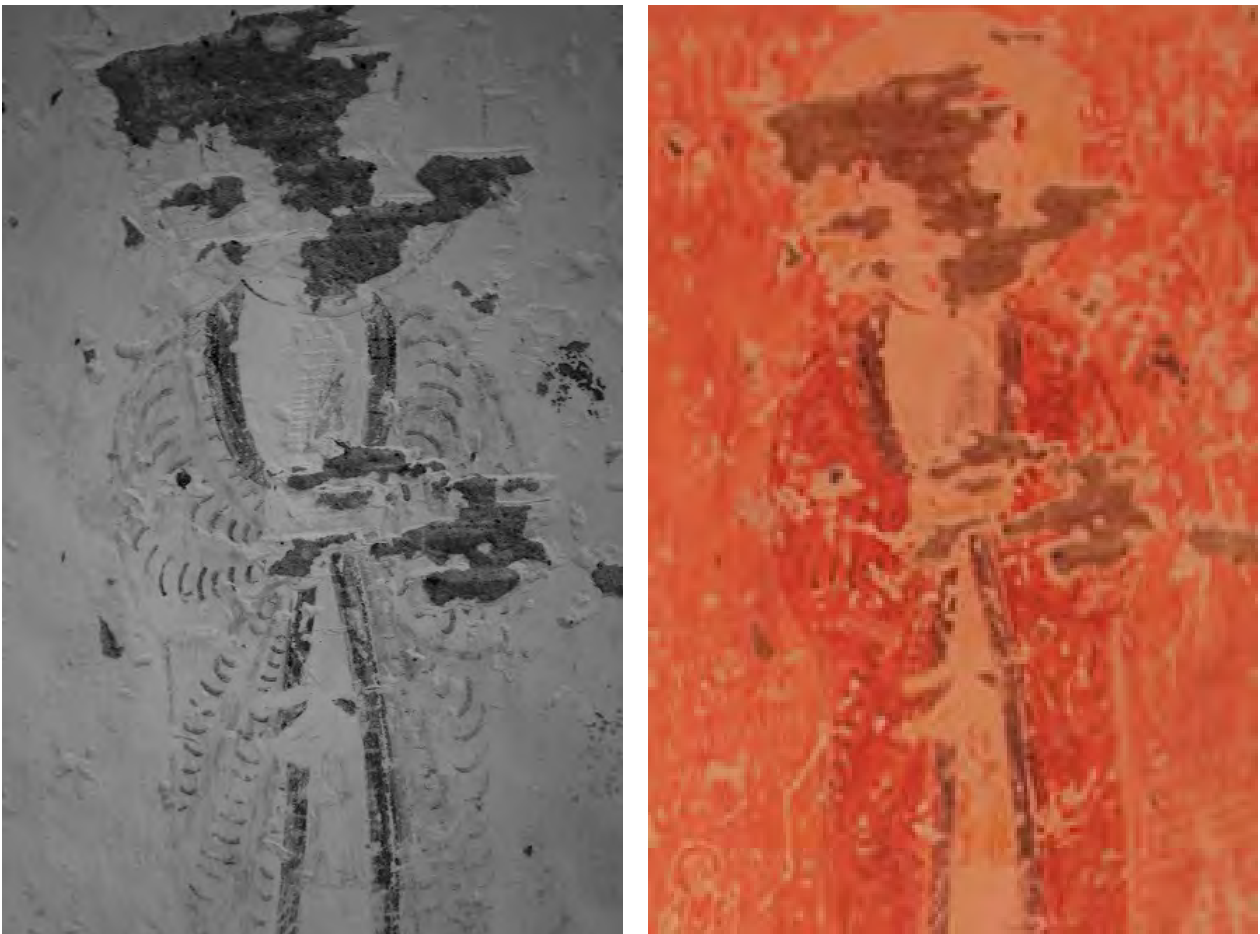
Number and Photograph	Descriptions	Number and Photograph	Descriptions
UZH_001 	Chamber 3: Dome-top area White ground Identification of white, and crystalline conditions	UZH_007 	Chamber 2: Vaulted ceiling Red background Identification of colour. Particle size
UZH_002 	Chamber 1: Entrance north White ground Identification of white, and weathering state	UZH_008 	Chamber 2: Vaulted ceiling north Green Identification of green
UZH_003 	Chamber 1: Vaulted ceiling Reddish colour Identification of red. Loss of red colour (binding media, loss of cohesion)	UZH_009 	Chamber 2: Vaulted ceiling north, nimbus of saint Gray alteration Identification of altered (from yellow?) colour
UZH_004 	Chamber 2: Vaulted ceiling (south) Pink Identification of colour, UV fluorescence	UZH_010 	Chamber 2: West Pale pink background Identification of colour, particle size
UZH_005 UZH_013 	Chamber 2: Vaulted ceiling Darkened red Identification of colour, UV fluorescence, darkening alteration White layer was separately numbered as UZH_013	UZH_011 	Chamber 3: North Red with white ground Identification of binder (ELISA, GCMS)
UZH_006 	Chamber 2: East Gray Identification of bird deposits (or nest)	UZH_012 	Chamber 3: North Red with white ground Identification of binder (ELISA, GCMS)



Photographs: 365nm-UV exited fluorescence visible photograph (left), and visible photograph (right) showing strong pinkish fluorescence of pale pink painted area with darkened alteration phenomena.



Microphotographs: (from left) 3rd chamber, main niche, greenish shade (3234), 3rd chamber, flower (3224), 2nd chamber, flower petal, altered (blackened) pink area (3208) [1.5mm in the long side]



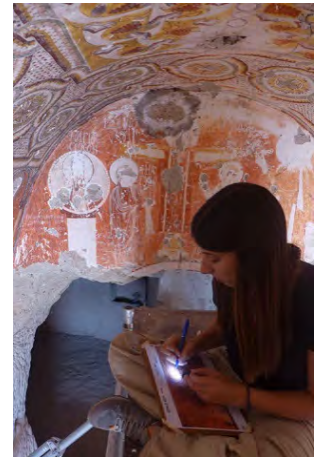
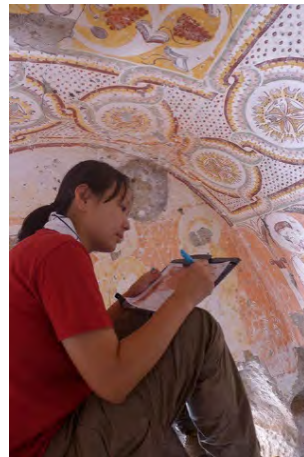
Photographs: Infrared photograph (left) of the 2nd chamber, east wall, showing IR transmits in the particular reddish colourants not on the robe's rim dark red areas.

Visible micro photographs and microphotographs of wall painting surfaces were obtained using a digital camera-attached microscope (@Microadvance) for detailed observation. Particular metal-based pigment alterations probably caused by exposure to outdoor environment were observed. Infra-red and Ultra-violet photographs (365nm excitement wavelength) were also taken to assess specific types of painting materials.

For further detailed laboratory testing including identification of alteration products of pigments, morphological information of plaster layer with XRD, FTIR and SEM, possible organic remains as binding media using ELISA, GC/MS, and nanoLC-ESI-MS/MS techniques, in total 12 minute samples were taken after careful in-situ examination and documentation.

Daha ayrıntılı inceleme yapabilmek için, duvar resimlerinin yüzeylerine ilişkin gözle görülebilen mikro fotoğraflar ve mikro-fotoğraflar dijital kameralı mikroskop (@Microadvance) kullanılarak elde edildi. Olasılıkla dış ortama maruz kalmaktan kaynaklanan birtakım metal-bazlı pigment değişiklikleri gözlemlendi. Belirli birtakım boyama malzemelerini değerlendirmek için kızılötesi ve morötesi (uyarıma dalga boyu 365nm) fotoğraflar da çekildi.

Pigmentlerdeki değişikliklerin belirlenmesini, XRD, FTIR ve SEM teknikleri ile sıva tabakası hakkında ve ELISA ve nano LC-ESI-MS/MS tekniklerini kullanarak da bağlayıcı medyumlar gibi olası organik kalıntıları hakkında morfolojik bilgi edinmeyi de kapsayan daha ayrıntılı laboratuvar testlerinde incelenmek üzere, yerinde yapılan dikkatli incelemeler ve belgelemeler sonucunda, toplamda 12 örnek alındı.



Photographs: Discussion for condition assessment (left) and creation of maps (centre, right).



Photographs: Careful minute sampling from plaster and paint layers which shows particular deterioration.

### III -3 Stratigraphic and elemental analyses of Üzümlü wall paintings

#### Üzümlü duvar resimlerinin stratigrafik ve ögesel analizi

Yoshiko Shimadzu, National Museum of Japanese History  
Natsuko Kugiya, Visiting researcher of National Research Institute  
for Cultural Properties, Tokyo  
Yoko Taniguchi, University of Tsukuba

##### III -3 -1 Analytical methods

All painting samples (see the sample description page) were examined with an optical microscope (Olympus BX51) and were selected for further analyses based on the purposes of sampling. An X-ray diffractometer (XRD) (PANalytical X'Pert Pro) was used for the identification of the white ground. The samples UZM\_003, 004, 005, 007, 008, 009, 010, and 011 were embedded with a polyester resin for cross-sectional examinations [McCrone 1979; Plesters 1956]. The cross-sections were examined with the optical microscope (BX51) under visible and UV-light. Scanning electron microscope (SEM) (Hitachi High-Technologies Corporation, S-3700N) was used for observing crystal morphology and stratigraphy of the paints and ground. For elemental analysis, an energy dispersive X-ray spectrometer (EDS) (OXFORD X-Max) attached to the SEM was used.

##### III -3 -2 Examinations of the samples

**UZM\_001** is a white ground sample taken from the dome of Chamber 3. No examination was performed at this moment (to be tested with XRD).

**UZM\_002** is also a white ground sample taken from a wall close to the entrance of Chamber 1. The wall is heavily deteriorated and the surface looks yellow. The sample was analysed by XRD (see below).

**UZM\_003** was taken from a reddish surface area of Chamber 1. There appear to have been grape images in this area (similar to the area where UZM007 was taken). The paint which depicted the grapes has mostly been lost, possibly due to water-related reasons. A few red particles were observed on the surface of the unembedded sample (Figure 1) which might indicate the original colour of the grapes. In the cross-section, only a few iron containing particles were observed at the top part of the ground layer (Figures 2, 3). The reason for the loss of grape paint layer is unclear for the time being. It

##### III -3 -1 Analitik yöntemler

Tüm resim örnekleri (bkz örnek açıklama sayfası) optik mikroskop (Olympus BX51) ile incelendi ve örneklem oluşturmanın amacına uygun olarak daha ileri analizlerde kullanılmak üzere hazırlandı. Beyaz zeminin özelliklerini belirlemek amacıyla bir X-ray difraktometre (XRD) (PANalytical X'Pert Pro) kullanıldı. Örneklerden UZM\_003, 004, 005, 007, 008, 009, 010 ve 011 kesitsel araştırmalar [McCrone 1979; Plesters 1956] için polyester reçineye batırıldı. Kesitler optik mikroskopta (BX51) hem normal ışık altında hem de UV-ışık altında incelendi. Resimlerin ve zeminin kristal morfolojisini ve stratigrafisini gözlemede Taramalı elektron mikroskobu (SEM) (Hitachi High-Technologies Corporation, S-3700N) kullanıldı. Ögesel analiz için SEM'e eklenmiş enerji dağılımlı X-ray spektrometre (EDS) (OXFORD X-Max) kullanıldı.

##### III -3 -2 Örneklerin incelenmesi

**UZM\_001**, Oda 3'teki kubbe tavandan alınan bir beyaz zemin örneğidir. Şu ana kadar üzerinde hiçbir incelemede bulunulmamıştır (XRD ile test edilecektir).

**UZM\_002** de Oda 1'in girişine yakın bir duvardan alınan bir beyaz zemin örneğidir. Duvar ciddi ölçüde bozulmuştur ve yüzeyi sarı görünmektedir. Örnek XRD ile analiz edilmiştir (aşağıya bakınız).

**UZM\_003**, Oda 1'deki kırmızımsı yüzeyden alındı. Daha önceleri bu alanda üzüm figürleri olduğunu düşünmekteyiz (UZM007'nin alındığı alanda olduğu gibi). Üzümleri betimleyen resim muhtemelen su ile ilgili nedenlerden ötürü büyük ölçüde kaybolmuş. Reçineye batırılmamış örneğin yüzeyinde üzümlerin özgün rengine işaret edebilecek birkaç kırmızı parçacık gözlemlendi (Şekil 1). Kesitte, zemin tabakasının üst kısmında sadece birkaç demir içeren parçacık gözlemlendi (Şekiller 2, 3). Şu an için üzüm figürlerinin kaybolma nedeni bilinmiyor. Bu konu organik incelemenin sonuçlarına göre

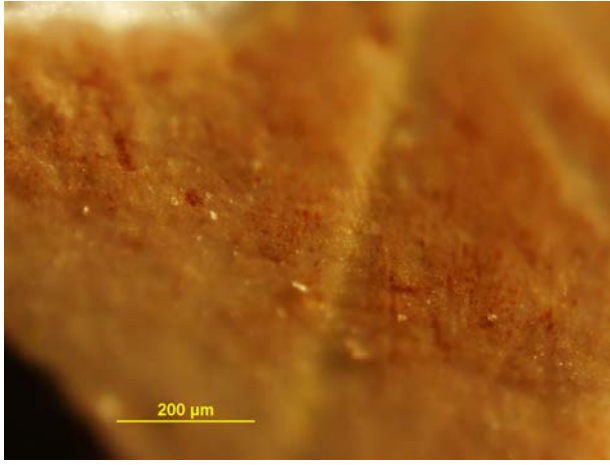


Figure 1. Light microscopic image of unembedded UZM\_003

A few red particles are dispersed on pink surface.

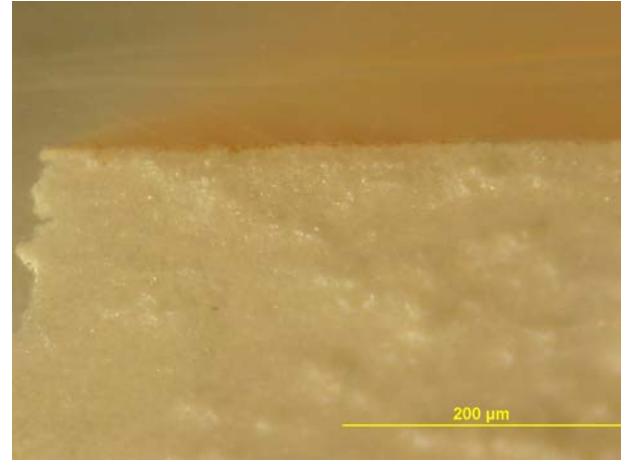


Figure 2. Light microscopic image of the cross-section UZM\_003

A very thin layer of red paint; small number of red particles are found at the surface of the white ground.

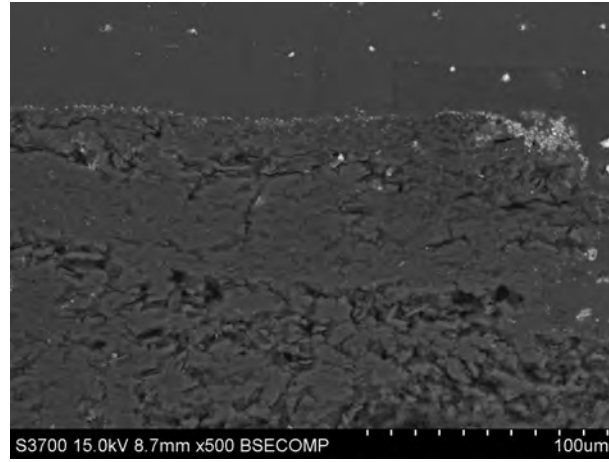


Figure 3. SEM-BSE image of the cross-section UZM\_003

shall be evaluated considering the results of organic analysis.

**UZM\_004** was taken from a pink line on the ceiling of Chamber 2. It shows a rough surface. Some black and red particles were observed, but not forming a paint layer (Figure 4). There were also many white or translucent particles on the surface. Some needle-shaped particles were observed under UV-light (Figure 5). The causes of the UV excited fluorescence were unclear.

In the cross-section of light microscopic image, the red particles were extremely fine and dispersed on the surface (Figure 6). The black particles were larger than the red particles. In the SEM-BSE images, the red and black particles were both found in the top layer which consists of lead (Pb), chlorine (Cl), calcium (Ca) and sulphur (S). The result indicated that the original red pigment was red lead (minium) and the black particles were a degradation product of red

değerlendirilecektir.

**UZM\_004**, Oda 2'nin tavanındaki pembe bir çizgiden alındı. Pürüzlü bir yüzeyi göstermekte. Bazı siyah ve kırmızı parçacıklar gözlemlendi ancak bunlar bir boya tabakası oluşturuyorlar (Şekil 4). Yüzey üzerinde beyaz ya da yarı saydam parçacıklar da bulunmaktaydı. UV-ışık altında kimi iğne-görünümlü parçacıklar gözlemlendi (Şekil 5). UV dalga boyunda uyarılmış floresans ışımının nedenleri bilinmiyor.

Işık mikroskobu görüntüsünün kesitinde, kırmızı parçacıklar yüzey üzerinde son derece ince ve dağınık gözükmekteydi (Şekil 6). Siyah parçacıklar kırmızılara kıyasla daha büyük görünüyordu. SEM-BSE görüntülerinde, kırmızı ve siyah parçacıkların ikisi de kurşun (Pb), klor (Cl), kalsiyum (Ca) ve sülfür (S) içeren aynı üst tabakada bulunmaktaydı. Sonuç gösterdi ki; orijinal kırmızı pigment kırmızı kurşundu (sülügen) ve siyah parçacıklar kırmızı kurşundan bozunmuş

lead. Considering the brightness in contrast in the SEM-BSE images, the number of red and black particles in the top layer were very small, and it suggested the white particles could be degradation/alteration product of red lead (Figure 7).

The darker area in the top layer contained calcium (Ca) and sulphur (S), which means that the ground and paint materials were somehow mixed. Brighter spots in the ground layer also contained lead (Pb) and chlorine (Cl) (Figure 8). Since there was no red or black particles in the ground layer, it suggested that decomposed red lead has somewhat impregnated into the ground layer. This could be related to a source of chlorine (Cl). A source of chlorine could be water soluble salts such as sodium chloride (NaCl).

**UZM\_005** is a darkened red paint sample from the ceiling of Chamber 2. Observation with the light microscope indeed reveals the presence of red and black particles. The surface was darkened while the red colour was preserved underneath the darkened particles (Figure 9). In the cross-section, however, this observation was not obvious probably because of that only surface particles were altered.

Moreover, in the SEM-BSE image the top layer was highly X-ray reflective that did not correspond to the locations of the red and black particles (Figure 10). As it was seen in UZM\_004, both black and white particles in the top layer were assumed to be alteration products of red lead. Based on the EDS analysis, a difference from UZM\_004 was the top layer which does not contain chlorine (Cl) and also no migration of lead (Pb), which was observed in UZM\_005. Reasons for the differences between two samples should be examined further in the future.

**UZM\_006** was taken from a grey coloured area possibly affected by birds' (presumably swallows) deposits (or nest). Examination has not yet been performed. XRD and/or FTIR analysis shall be carried out accordingly.

**UZM\_007** is a red paint sample taken from grape images depicted area on the ceiling of Chamber 2. The surface appeared darker than underlying material in the light microscopic image of the unembedded sample (Figure 11). However this difference was not obvious in the cross-section, and the light microscope and SEM-BSE examinations suggested that the dark surface was due to accretion of dirt

ürünlerdi. SEM-BSE görüntülerindeki kontrastın parlaklığı göz önünde tutulduğunda, üst tabakadaki kırmızı ve siyah parçacıkların çok küçük olduğu görüldü ve bu durum beyaz parçacıkların kırmızı kurşunun bozunmuş ürünleri olabileceğini akla getirdi (Şekil 7).

Üst tabakadaki koyu kısım kalsiyum (Ca) ve sülfür (S) içeriyordu ki bu zemin ile boya materyalinin bir şekilde karıştığı anlamına gelir. Zemin tabakasındaki daha parlak noktalar da kurşun (Pb) ve klor (Cl) içermekteydi (Şekil 8). Zeminde hiçbir kırmızı ve siyah parçacık olmaması, bozunmuş kırmızı kurşunun bir şekilde zemin tabakası tarafından emildiğini düşündürdü. Bu durum bir klor (Cl) kaynağı ile ilişkilendirilebilir. Bu klor kaynağı sodyum klorür (NaCl) gibi suda çözünebilir tuzlardan olabilir.

**UZM\_005**, Oda 2'nin tavanından alınan bir koyu kırmızı boya örneğidir. Işık mikroskobu ile yapılan gözlem gerçekten de kırmızı ve siyah parçacıkların varlığını ortaya çıkardı. Kırmızı renk kararan parçacıkların altında korunurken, yüzey kararmıştı (Şekil 9). Bununla birlikte, kesitte, muhtemelen yalnızca yüzeydeki parçacıklar değişime uğradığından, bu gözlem pek belirgin değildi.

Dahası, SEM-BSE görüntüsünde üst tabaka, yüksek X-ray yansıtıcılığından dolayı, kırmızı ve siyah parçacıkların yerleri ile örtüşmedi (Şekil 10). UZM\_004'te görüldüğü gibi, siyah ve beyaz parçacıkların ikisinin de kırmızı kurşunun değişime uğramış ürünleri olduğu varsayıldı. EDS analizine göre, UZM004'den farklı olarak üst tabaka klor (Cl) içermemekteydi ve UZM\_005'te gözlenen kurşun (Pb) geçişi UZM\_004'te yoktu. İki örnek arasındaki farklılıkların nedenleri ileride daha ayrıntılı olarak incelenecektir.

**UZM\_006**, muhtemelen kuşların (olasılıkla kırlangıçların) kalıntılarından (ya da yuvasından) etkilenmiş gri renkli bir alandan alındı. Henüz üzerinde herhangi bir incelemede bulunulmadı. XRD ve/veya FTIR analizi yapılabilir.

**UZM\_007**, Oda 2'nin tavanındaki üzüm figürlerinin betimlendiği bölümden alınan bir kırmızı boya örneğidir. Reçineye batırılmamış örneğin ışık mikroskobu görüntüsünde yüzey, alt kısmından daha koyu görüldü (Şekil 11). Ancak bu farklılık, kesitte ne ışık mikroskobu ne de SEM-BSE kullanıldığında belirgindi ve bu durum koyu yüzeyin kir birikmesinden kaynaklandığını düşündürdü (Şekil 12).

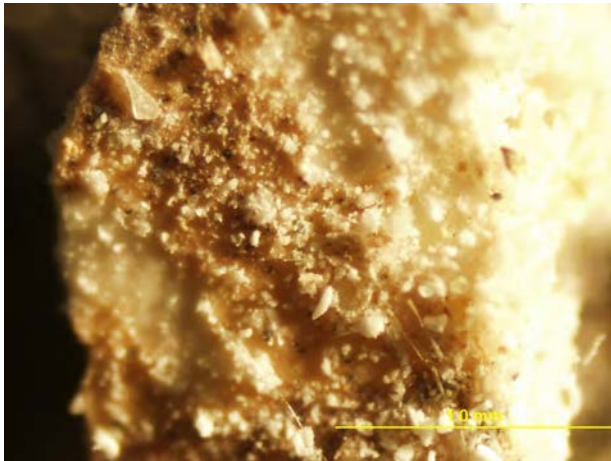


Figure 4. Light microscopic image of unembedded UZM\_004

Rough surface with red, black and white particles

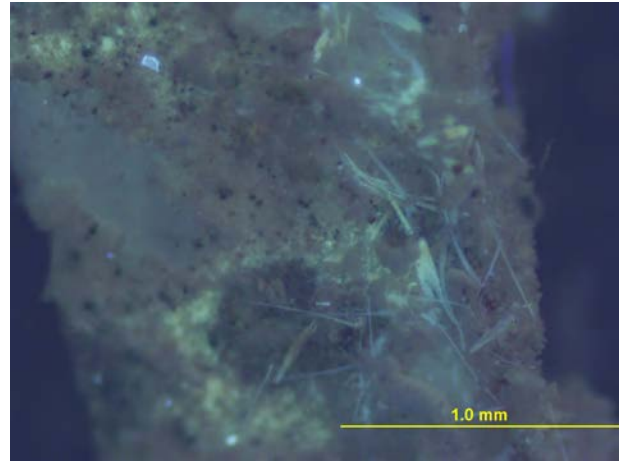


Figure 5. Light microscopic image of unembedded UZM\_004 under UV-light

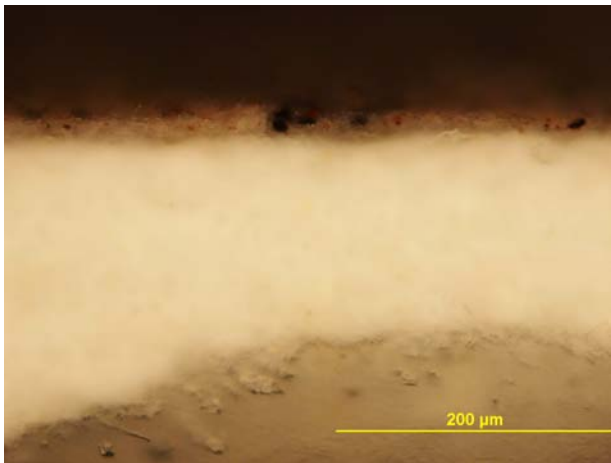


Figure 6. Light microscopic image of the cross-section UZM\_004

Fine red particles and relatively large size of black particles

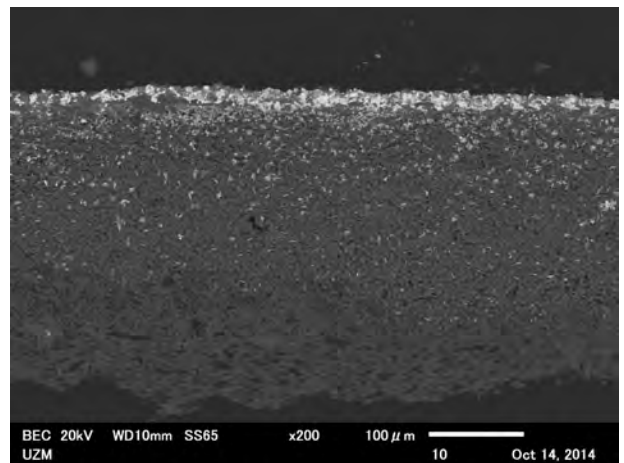
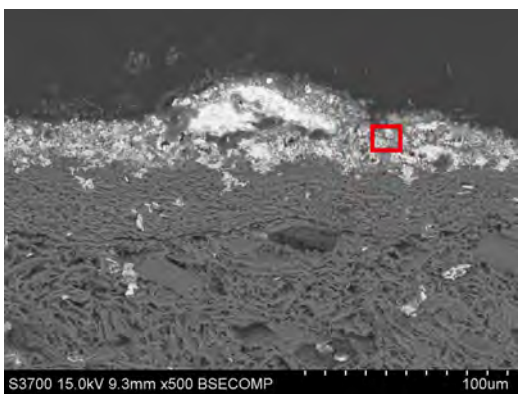
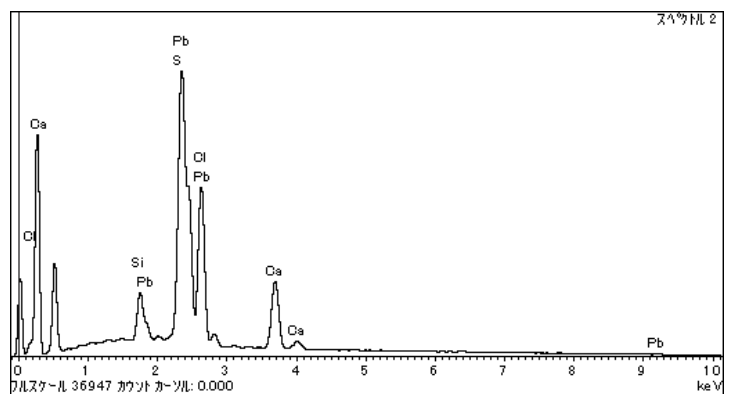


Figure 8. SEM-BSE image of cross-section of UZM\_004  
Bright spots containing Pb and Cl are spread in the white ground layer.



(a) SEM-BSE image with the analysed area indicated with the square.



(b) EDS spectrum

Figure 7. EDS area analysis result of the paint layer of UZM\_004

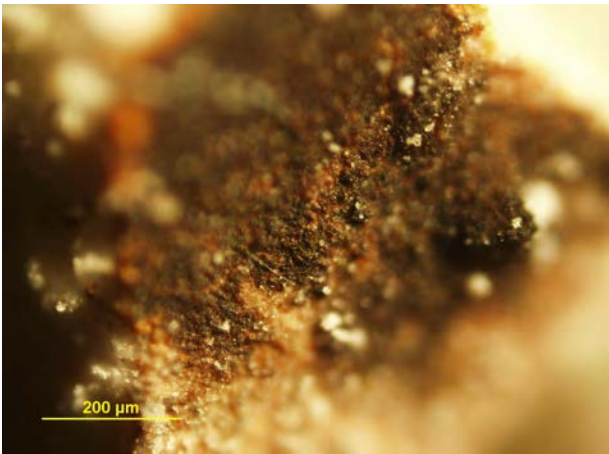


Figure 9. Light microscopic image of unembedded UZM\_005

The red particles are visible under the surface dark particles.

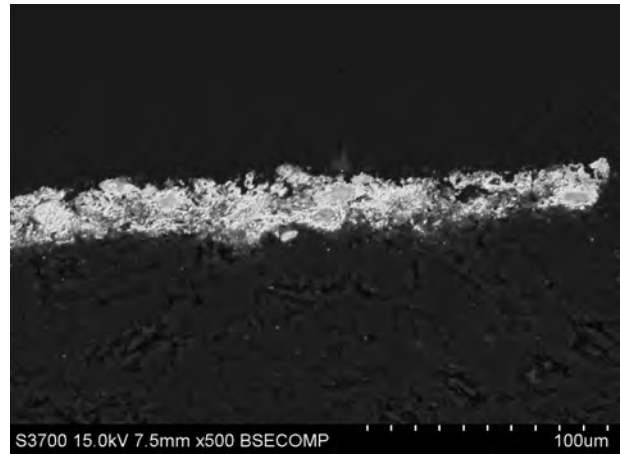


Figure 10. SEM-BSE image of cross-section of UZM\_005

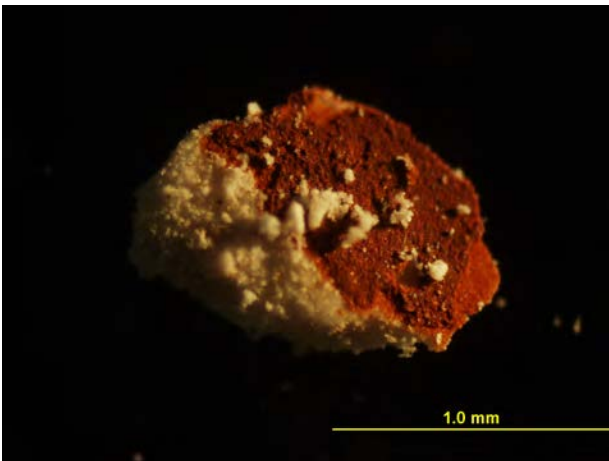


Figure 11. Light microscopic image of unembedded UZM\_007

Surface is darker than the red particles underneath.

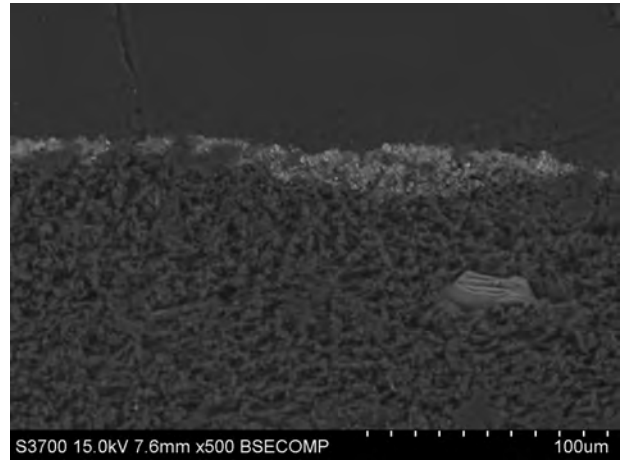
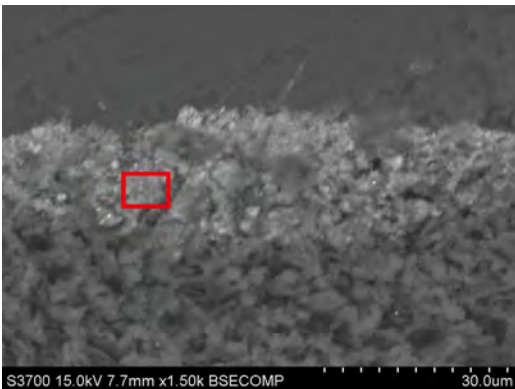
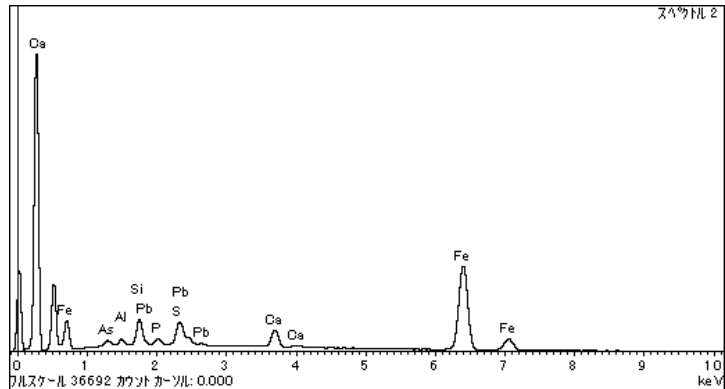


Figure 12. SEM-BSE image of cross-section of UZM\_007



(a) SEM-BSE image with the analysed area indicated with the square.



(b) EDS spectrum

Figure 13. EDS area analysis result of the paint layer of UZM\_007



(Figure 12). EDS analysis detected iron (Fe) with silicon (Si) in the red paint layer indicating the use of red ochre (Figure 13).

**UZM\_008** was taken from a green area on the ceiling of Chamber 2. In the light microscopic image the green colour was very pale and the top layer contains various types of particles shown under UV-light (Figures 14, 15). The top layer is distinguishable from the ground in the SEM-BSE images as the crystal structure was slightly different. EDS detected silicon (Si), aluminum (Al), magnesium (Mg), potassium (K), and iron (Fe) which are typical elemental compositions of green earth (Figure 16). In order to identify a type of green earth (glauconite or celadonite) further analysis with XRD and/or FTIR is required.

**UZM\_009** is a grey surface sample taken from a nimbus of saint painted on the ceiling of Chamber 2. According to the pictorial composition, the grey colour was incomprehensive (a nimbus would typically be painted in yellow or bright colour tones) therefore colour alteration was suspected in this area. Owing to the thinness of the surface layer, examination of the cross-section did not provide much information about the layer. Further analysis of the unembedded sample may be useful to find the causes of grey surface colour.

**UZM\_010** is a pale pink paint taken from the west wall of Chamber 2. The layer was extremely thin and only small numbers of red particles were dispersed on the ground (Figure 17). The red particles contain iron (Fe) detected with EDS indicating the use of red ochre, probably refined in a specific way.

**UZM\_011** was taken from a darkened red area of the west wall of Chamber 2. The surface condition was close to the UZM\_005. As expected, EDS detected lead (Pb) in the red paint layer. Again there was no difference observable between intact red particles and altered black particles in the SEM-BSE images. In this sample, delamination of the paint layer was clearly shown in the SEM-BSE image (Figure 18).

**UZM\_012** was taken for binding medium analysis with ELISA and MALDI methods, and UZM\_013 was used for identification of the ground material (see below).

EDS analizi kırmızı boya tabakasında kırmızı aşıboyası kullanıldığına işaret eden demir (Fe) ve silisyum (Si) saptadı (Şekil 13).

**UZM\_008**, Oda 2'nin tavanındaki yeşil bir alandan alındı. Işık mikroskobu görüntüsünde yeşil renk çok soluktu ve UV-ışık altında çeşitli parçacık türleri içeren üst tabaka ortaya çıktı (Şekiller 14, 15). Üst tabaka, kristal yapısı az da olsa farklı olduğundan SEM-BSE görüntülerinde zeminden ayırt edilebilmektedir. EDS, yeşil kumun karakteristik ögesel bileşim elemanları olan silisyum (Si), alüminyum (Al), magnezyum (Mg), potasyum (K) ve demir (Fe) elementlerinin varlığını saptadı (Şekil 16). Yeşil kumun (glaukonit ya da seladonit) bir türünü belirlemek amacıyla XRD ve/veya FTIR ile daha ileri incelemeler yapılması gerekmektedir.

**UZM\_009**, Oda 2'nin tavanına resmedilmiş bir azizin halesinden alınan bir gri yüzey örneğidir. Gri renk resmin kompozisyonuna uymamaktaydı (hale resmi olduğuna göre sarı ya da parlak renk tonları kullanılmış olmalıydı); bu nedenle, bu bölgede renk değişimi olduğundan şüphelenildi. Yüzey tabakasının inceliğinden ötürü, kesit üzerinde yapılan incelemeler tabaka hakkında daha fazla bilgi sağlamadı. Reçineye batırılmamış örnek üzerinde yapılacak daha ileri çözümlenmeler gri yüzey renginin nedenlerini bulmada yarar sağlayabilir.

**UZM\_010**, Oda 2'nin batı duvarından alınan açık pembe bir boya örneğidir. Tabaka son derece inceydi ve yalnız az miktarda kırmızı parçacık zemin üzerine dağılmıştı (Şekil 17). EDS ile, kırmızı aşıboyasının kullanımına işaret eden, muhtemelen belirli bir şekilde inceltilmiş demir (Fe) içeren kırmızı parçacıklar belirlendi.

**UZM\_011**, Oda 2'nin batı duvarındaki koyu kırmızı bir alandan alındı. Yüzey koşulları UZM\_005'inkine benziyordu. Beklendiği gibi, EDS kırmızı boya tabakasında kurşun (Pb) tespit etti. SEM-BSE görüntülerinde, bozulmamış kırmızı parçacıklarla değişime uğramış siyah parçacıklar arasında gözlenebilir bir farklılık bu kez de yoktu. Bu örnekte, boya tabakasındaki delaminasyon SEM-BSE görüntülerinde açık şekilde görülmekteydi (Şekil 18).

**UZM\_012**, ELISA ve MALDI yöntemleriyle bağlayıcı medyum analizi yapılmak üzere alındı; UZM\_013, zemin materyalinin belirlenmesinde kullanıldı (aşağıya bakınız).

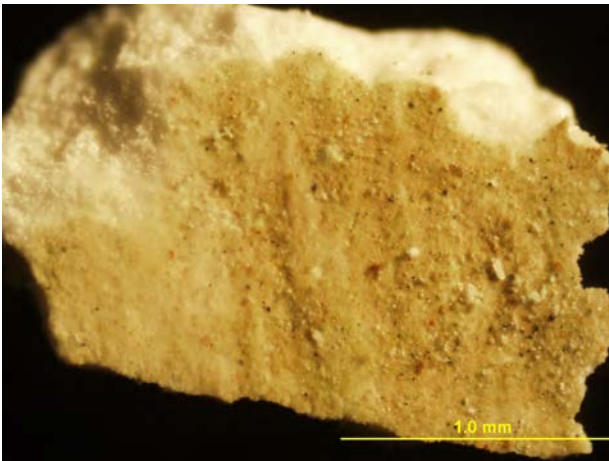


Figure 14. Light microscopic image of unembedded UZM\_008

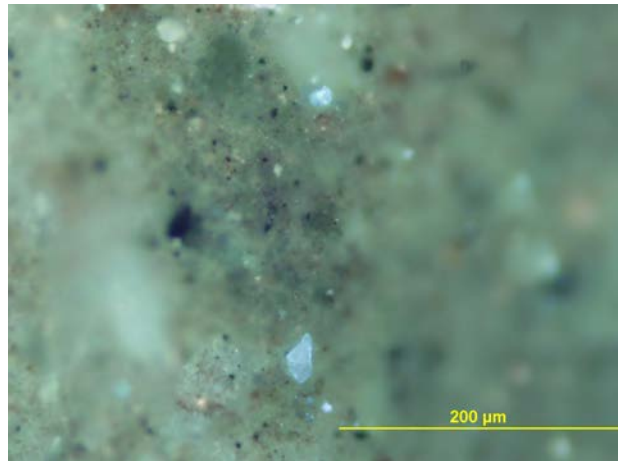
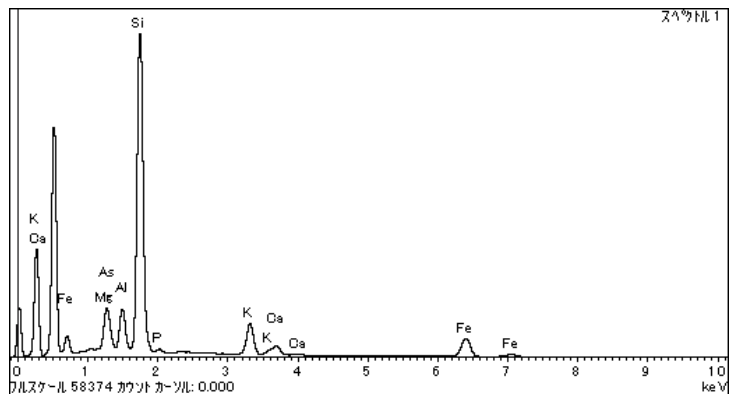


Figure 15. UV fluorescence light microscopic image of UZM\_008



(a) SEM-BSE image with the analysed area indicated with the square.



(b) EDS spectrum

Figure 16. EDS area analysis result of the paint layer of UZM\_008

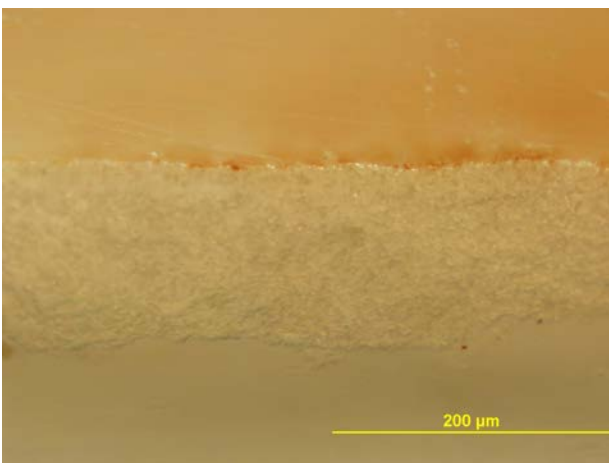


Figure 17. Light microscopic image of the cross-section UZM\_010 with the square.

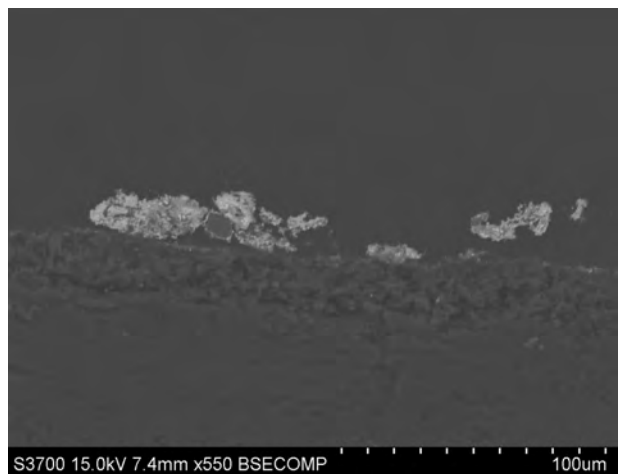
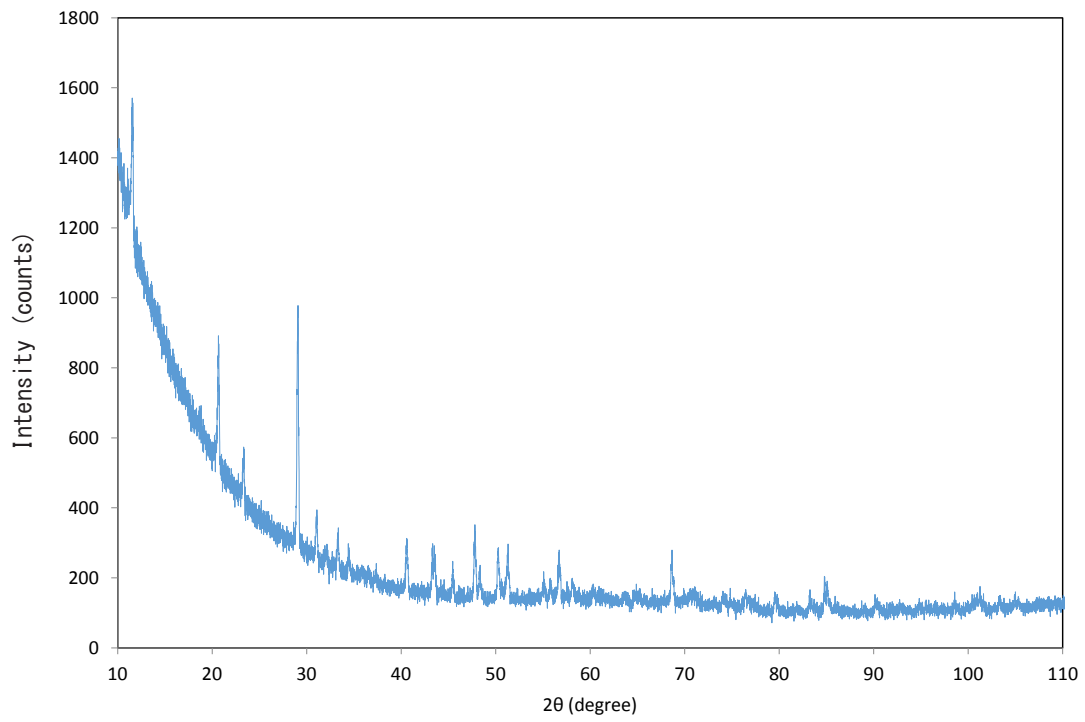
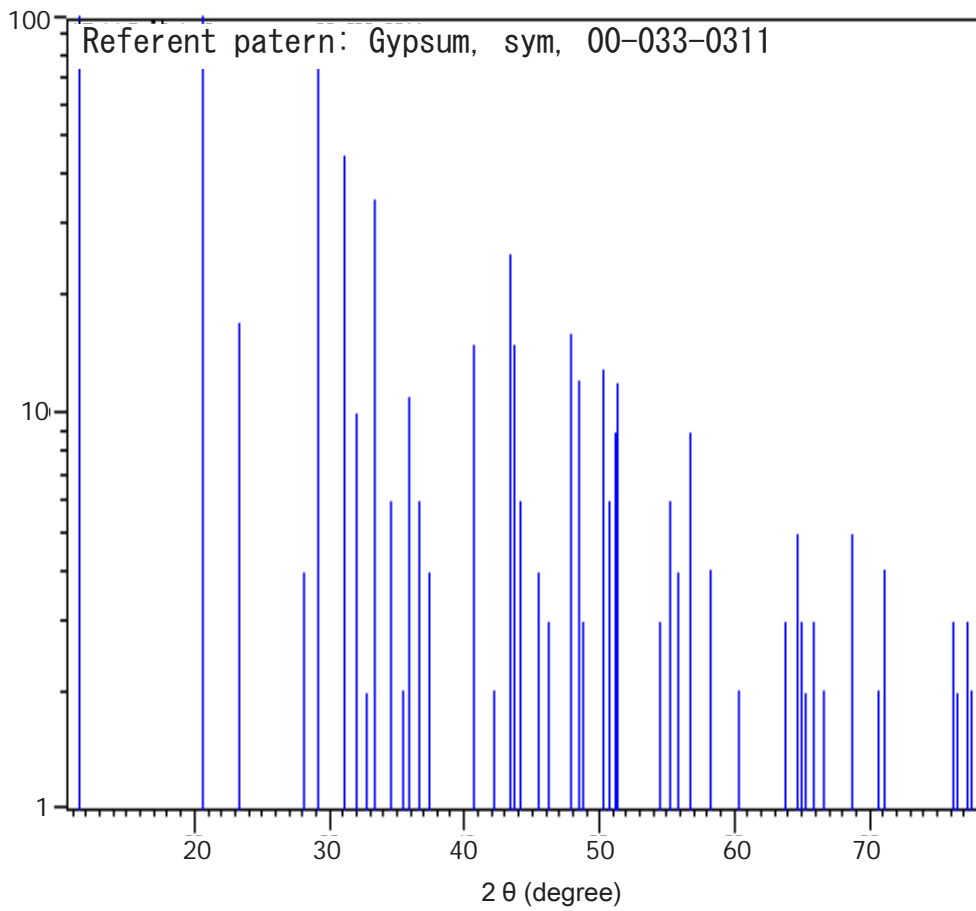


Figure 18. SEM-BSE image of cross-section UZM\_011



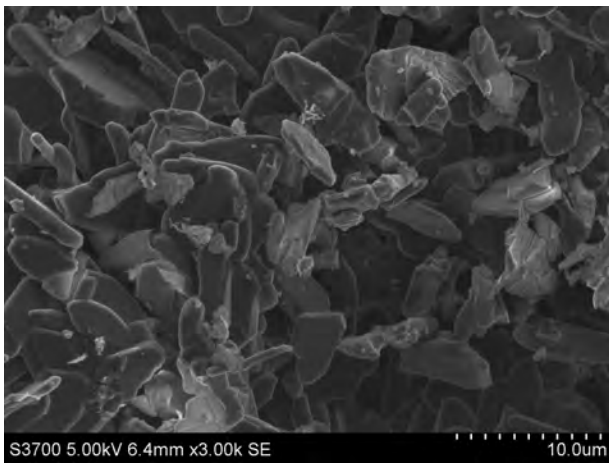
(a) UZM\_002

Intensity (%)

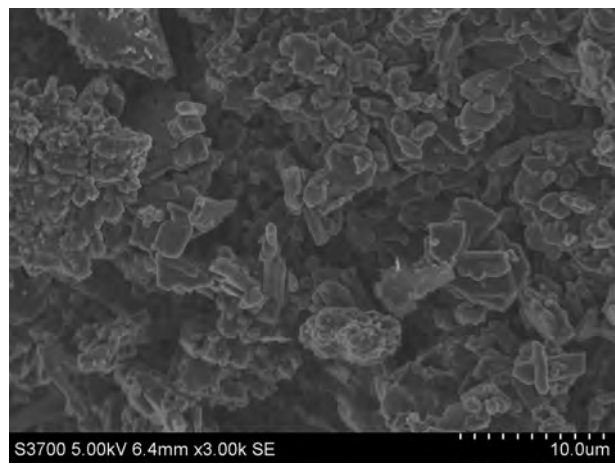


(b) gypsum reference

Figure 19. XRD diffractogramme of UZM\_002 white ground and a reference diffractogramme of gypsum [JCPDS: 00-033-0311]



(a) UZM\_002

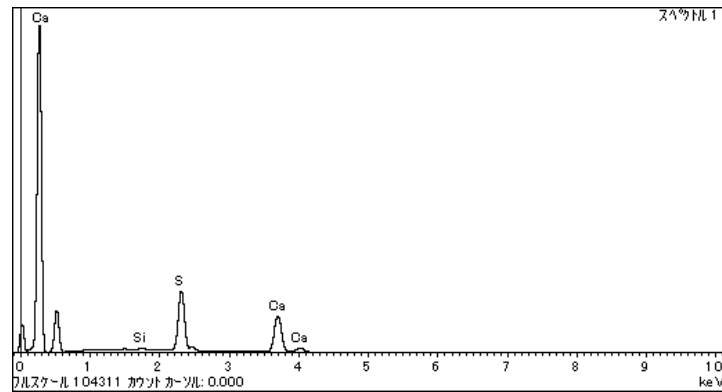


(b) UZM\_013

Figure 20. SE(secondary electron) images of UZM\_002 and UZM\_013 (both white ground samples) showing typical gypsum crystalline shapes (UZM\_013 might be a little degraded)



(a) SEM-BSE image with the analysed area indicated with the square.



(b) EDS spectrum

Figure 21. A representative EDS result of the white ground: UZM\_010

Table 1. Summary of examinations

sample ID	surface color	states of surface (LM)	thickness of top layer (SEM-BSE)	EDS detected elements in the top layer	note
UZM_003	reddish	small number of red particles on pale reddish orange surface	very thin	Fe, Si, Al	similar to 010
UZM_004	pink	pink color and rough texture	10-20um	Pb, Cl, Ca, S	
UZM_005	dark red	red and black particles	20um	Pb	
UZM_007	red	reddish brown surface on bright red	20um	Fe, Si	
UZM_008	green	dull off-white (beige)	<10um	Si, Al, Mg, K, Fe	
UZM_009	gray	gray	(no layer recognised)	(not analysed)	
UZM_010	pale pink	small number of red particles on pale reddish orange surface	very thin	Fe, Si, Al	similar to 003
UZM_011	dark red	red and black particles, rough texture	15um	Pb	

### III -3 -3 XRD analysis of the white ground

The samples UZM\_002 and UZM\_013, which were taken for identification of the white ground, were analyzed by the XRD. Gypsum was identified in both samples. The XRD diffractogramme is shown in Figure 19 (JCPDS: 00-033-0311). In addition, crystal structure of the two samples (unembedded) showed characteristic shapes of gypsum crystals (Figure 20). Detections of calcium (Ca) and sulphur (S) with EDS in the all samples supported the XRD results (Figure 21) as calcium sulphate hydrate; gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ).

### III -3 -4 Summary

At the Üzümlü church, gypsum was used as a ground in relatively thin layers. Various tones of red ochre and red lead were used as the main red colours, and green was painted with green earth (Table 1). Alteration of red lead was confirmed, while the causes of a grey colour where alteration was suspected remain unrevealed. Detailed studies of the causes of darkening and alterations shall be executed accordingly in the context of the micro-environment and examination of past historical events.

The stratigraphy of the paint layer is quite simple, and made up of a single paint layer (material-wise) on the gypsum ground. No clear evidence of repainting was seen in the samples.

### III -3 -3 Beyaz zeminde XRD analizi

Beyaz zeminin özelliklerini belirlemek üzere alınmış olan UZM\_002 ve UZM\_013 örnekleri XRD ile analiz edildi. Her iki örnekte de alçıtaşına rastlandı. XRD difraktogramı Şekil 19'da gösterilmektedir (JCPDS: 00-033-0311). Bununla birlikte, iki örneğin (reçineye batırılmamış) kristal yapıları alçıtaşı kristallerinin özgün şekillerini sergilemekteydi (Şekil 20). EDS ile tüm örneklerde kalsiyum (Ca) ve sülfür (S) tespit edilmesi; kalsiyum sülfat hidratin, alçıtaşının ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) saptandığı XRD sonuçlarını destekledi (Şekil 21).

### III -3 -4 Özet

Alçıtaşı, Üzümlü Kilisesi'nde görece ince bir biçimde zemin olarak kullanıldı. Ana kırmızı renkler olarak kırmızı aşıboyasının ve kırmızı kurşunun çeşitli tonları; yeşil için yeşil kum kullanıldı (Tablo 1). Değişim sonucu ortaya çıktığından şüphelenilen gri rengin nedenleri belirsizliğini korumayı sürdürürken, kırmızı kurşunun değişime uğradığı kanıtlandı. Kararmanın ve değişimin nedenlerine ilişkin ayrıntılı çalışmalar mikro-çevre ve tarihi olayların incelenmesi bağlamında gerçekleştirilecektir.

Alçıtaşı zemin üzerinde temelde yalnız bir boya tabakası (maddesel olarak) olduğundan, boya tabakasının stratigrafisi oldukça basitti. Örneklerde yeniden boyama konusunda hiçbir açık kanıt rastlanmadı.

### III -3 -5 References

#### III -3 -5 Kaynakça

- Mc Crone W. C. et al., 1979, The Particle Atlas V, 2nd edn, Ann Arbor Science Publishers Inc., Ann Arbor, Michigan.  
Plesters J., 1956, 'Cross-sections and chemical analysis of paint samples', *Studies in Conservation* 2, 110-157.

### III -4 ELISA (enzyme-linked immunosorbent assay) testiŒing for organic binding media of Üzümlü wall paintings

#### Üzümlü Duvar Resimlerinin Organik Bağlayıcı Ortamı İçin Yapılan ELISA (Enzim İliintili İmmun Testi) Denemesi

Miho Takashima, National Museum of Western Art

##### III -4 -1 ELISA

2 samples from the wall paintings were analyzed using an ELISA assay. One sample contained only ground layer (sample 1) and the other sample contained ground and a thin red paint layer (sample 2, photo 1). In Sample 2, it was difficult to separate the ground and paint layer, and so the two were analyzed together.

ELISA (enzyme-linked immunosorbent assay) is an antibody-based technique commonly used in biological and medical research. ELISA identifies animal glue, fish glue, egg, casein and plant gums in one paint sample. Moreover, detection limits of this assay are extremely low, in the nanogram level. This technique has been used for art works in recently and the procedure has been described in some publications<sup>(1,2,3)</sup>. The ELISA procedure used for this research was modified from the method used in the Getty Conservation Institute<sup>(1,2)</sup>.

##### III -4 -1 ELISA

Duvar resimlerinden alınan 2 numune ELISA testi kullanılarak incelendi. Numunelerden biri yalnızca toprak tabakası (Numune: 1), diğeri ise toprak ve ince kırmızı boya tabakası içeriordu (Numune: 2, Fotoğraf: 1). Numune 2’de, toprak ve boya tabakalarını birbirinden ayırmak zordu ve bu sebeple birlikte incelendiler.

ELISA (Enzim İliintili İmmun Testi) genellikle biyolojik ve tıbbi araştırmalarda kullanılan antikor bazlı bir tekniktir. ELISA bir boya numunesinin içindeki hayvan tutkalları, balık tutkalları, yumurtalar, kazein ve bitki sakızlarını tanımlamaktadır. Bundan başka, bu testin nanogram seviyesindeki algılama sınırları aşırı derecede düşüktür. Bu teknik, son zamanlarda sanat eserleri için kullanıldı ve bazı yayınlarda yöntemleri tanımlandı<sup>(1,2,3)</sup>. Bu inceleme için kullanılan ELISA yöntemleri Gaty Conversation Enstitüsü’nde kullanılan yöntemlerden modifiye edildi<sup>(1,2)</sup>.



Photo 1 Sample 2 contained ground and thin red paint layer (The scale on the ruler is millimeters)

### III -4 -2 Experimental

#### III -4 -2.1

Approximately 1 mg of each sample was placed in 1.5 mL micro-centrifuge tubes. 200 µL of elution buffer\* were added to each tube, and samples were allowed to dissolve for 3 days at room temperature (Photo 2a). 1 - 1.5 mg of standard of each paint reference material were placed into separate micro-centrifuge tubes: ovalbumin (as egg white), collagen I as glue from rabbit skin, from calf skin and from fish skin, casein, gum arabic and gum tragacanth. An appropriate volume of elution buffer was added to each tube to make 0.1 % (w/v) solutions and left for 3 days. 200 µL of elution buffer was also added into a micro-centrifuge tube as sterile "blank" tube (containing no protein), and left for 3 days.

#### III -4 -2.2

After 3 days, 800 µL of 100 mM sodium bicarbonate buffer\*\* were added to the samples, and 1,000 µL to the blank tube. The tubes were agitated, and left for 10 minutes. 20 µL of each standard solution was added to separate 1.5 mL micro-centrifuge tubes, and 80 µL of 100 mM sodium bicarbonate were added to each tube, agitated, and left for 10 minutes in the same manner as was done for the samples.

#### III -4 -2.3

Next, the ELISA plate was prepared (Photo 2b): 40 µL of 100 mM sodium bicarbonate buffer were added to each well in a 96-well polystyrene ELISA plate. Next, 4 dilutions of each sample were added to the plate, and standards were added for use with each antibody to verify the results of the assay. Dilutions were obtained by adding 40, 20, 10, 5 µL of eluents to each well. 40 µL of blank eluent solution were added to the blank wells, bicarbonate buffer to each well to bring the final volume to 80 µL (Figure 1).

The plate was then covered with Parafilm and put in a refrigerator at 4 °C for one night. After incubation, the contents of each well were emptied with a multi-channel pipette. Each well was washed 3 times using a multi-channel pipette with 300 µL of phosphate buffered saline (1×PBS). 300 µL of blocking buffer were added to the wells, and left to sit for 60 minutes at room temperature. Sea Block™ Blocking buffer\*\*\*) was used (diluted 1:10 v/v in 1×PBS) for antibodies except for plant gums antibody (#Jim13), in which case Blocker™ BSA\*\*\*\*) (diluted 1:5 v/v in 1×PBS) was

### III -4 -2 Deneysel

#### III -4 -2.1

1.5 mikro-santrifujluk tüplere konulan yaklaşık 1 mg.lık her bir numun , her tüpe elusyon tamponundan\*) 200µL eklenerek 3 gün oda sıcaklığında erimeye bırakıldı. (Photo 2a). Farklı mikro santrifujlere her boya referans materyali standartlarından 1 mg ila 1.5 mg: yumurta albümini (yumurta akı olarak), tavşan derisinden yapışkan olarak kolajen I, sığır ve balık derisi, kazein, akasya sakızı, kitre konuldu. %0.1 (w/v) çözeltilerini yapabilmek için her tüpe uygun hacimlerde elusyon tamponları konuldu ve 3 gün o halde bırakıldı. Yine, steril 'bos' bir tüp olan (protein içermeyen) bir mikro santrifuj tüpe 200µ elusyon tamponu eklenip 3 gün bekletildi.

#### III -4 -2.2

3 gün sonra, numunelere 800µL, bos tüpe 1,000 µL 100mM sodyum bikarbonat tamponu\*\*) eklenip çalkalandı. 10 dakika bekletildi. 1,5 mikro santrifujluk tüpleri ayırmak için, her standart çözeltiden 20µL konuldu. Her tüpe 100mM sodyum bikarbonat tamponundan 80µL konulup çalkalandı ve numuneler gibi 10 dakika bekletildi.

#### III -4 -2.3

ELISA plakasının hazırlanışı (Photo 2b): 96 kuyulu polistiren ELISA plakalarının her bir kuyusuna 40µL 100 mM sodyum bikarbonat tamponu eklendi. Sonra, tahlil sonuçlarını doğrulamak için, her numune ve antikor kullanımı standardına 4 dilusyon eklendi. Dilusyonlar her yuvaya 40, 20, 10 ve 5µL çözücü ekleyerek elde edildi. Bos yuvalara 40µL bos çözücü solüsyon eklenir. Nihai hacim 80 µL'ye ulaştırmak için her yuvaya bikarbonat tamponu eklendi. (Figure 1)

Plakaları para film ile kaplandı ve 1 gece 4°C ısıdaki buzdolabında bekletin. İnkube işleminden sonra çok kanallı bir pipet ile bütün kuyuların içini boşaltın. Her kuyuyu çok kanallı bir pipet kullanarak 300µL'lik fosfat tamponlu salin (1xPBS) ile 3'er kez yıkayın. 300µL bloke edici tampon ekleyin ve oda sıcaklığında 60 dakika bekletin. Blocker™ BSA\*\*\*\*) (1xPBS'de 1:5 v/v seyreltilmiş) kullanılması durumunda, bitki sakızı antikorları haricindeki antikorlar (#Jim13) için bloke edici tampon: Sea Block™ Bloking buffer\*\*\*) (1xPBS'de 1:10 v/v seyreltilmiş) kullanıldı.

used.

### III -4 -2.4

Next, the wells were emptied, and 80 µL of the diluted primary antibodies listed in Table 1 were added, and left to sit for 2 hours at room temperature. Antibodies were diluted by adding blocking buffers. The wells were washed 5 times with 300 µL of 1×PBS and 80 µL of secondary antibodies (Table 1) were added to each well and left to sit for 2 hours at room temperature. The plate was then washed 6 times with 1×PBS (crucial to remove any unbound secondary antibody).

80 µL of p-nitrophenyl phosphate (pNPP) \*\*\*\*\* were added, and after 30 minutes, the main wavelength at 405 nm (complementary wavelength at 630 nm) was read using an automated plate reader.

The sample was interpreted as positive (+) when absorbance readings of 3 out of 4 dilutions or all 4 dilutions were above the cut off value. The cut off value was  $A_{av} + 3SD$  ( $A_{av}$ : average absorbance of blanks, SD: standard deviation of blanks). This value was determined for each antibody in each assay. The ELISA assay was performed twice to verify the result of assay.

\*) Elution buffer: 5 mL of 1M tris (hydroxymethyl) aminomethane hydrochloride (tris -HCL), 1 mL of 0.5M ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA), 180 g urea, 25 mL of 20 % sodium dodecyl sulfate, and deionized H<sub>2</sub>O final volume 500 mL. EB pH adjusted to 7.4.

\*\*\*) 100 mM sodium bicarbonate buffer: 0.42 g of NaHCO<sub>3</sub> brought to a total of 50 mL with deionized H<sub>2</sub>O.

\*\*\*\*) Sea Block™ Blocking Buffer, #37527, Thermo Scientific

\*\*\*\*\*) Blocker™ BSA: Blocker™ BSA in PBS, #37525, Thermo Scientific

\*\*\*\*\*) 1-Step™ pNPP, Thermo Scientific

### III -4 -2.4

Daha sonra kuyuları boşaltıp Tablo 1’de listelenen seyreltilmiş birincil antikorlardan 80µL eklenir ve oda sıcaklığında 2 saat bekletilir. Bloke edici tampon eklendiğinde antikorlar seyrelir. Kuyuları boşaltın ve 300 µL 1xPBS ile 5 kez yıkandı. Her kuyuya ikincil antikorlardan (Tablo 1) 80 µL ekleyin ve oda sıcaklığında 2 saat bekletin. 1xPBS ile 6 kez yıkandı (bağlanmamış ikincil antikorları ayıklamak için çok önemli).

80 µL p-nitrofenilfosfat (pNPP) ekleyin\*\*\*\*\* ve 30 dakika sonra, otomatik bir plaka okuyucusu kullanarak 405 nm’de (630 nm’deki tamamlayıcı dalga boyu) ana dalga boyunu ölçüldü.

Soğurum değerleri 4 seyreltiden 3’u ya da 4 seyrelti de, Cut off degerinin üzerinde iken numune pozitif (+) olarak yorumlandı. Cut off değerleri :  $A_{av} + 3SD$  ( $A_{av}$ : Boşlukların ortalama soğurumu, SD: Boşlukların standart sapması). Bu değer her testte her bir antikor için belirlendi. Test sonuçlarını doğrulamak için ELISA testi iki kez yapıldı.

\*) Elusyon tamponu: 5mL 1M tris (hidroksi metil) aminometan hidroklorur (tris-HCL), 1mL 0.5M etilen diamin tetra asetik asit (EDTA), 180 g ure, 25 mL %20 sodyum dodesil sulfat, nihai hacmi 500 mL olan diyonize H<sub>2</sub>O. EB pH değeri 7.4 olarak ayarlanmış.

\*\*\*) 100 mM sodyum bikarbonat tamponu : 0.42 g NaHCO<sub>3</sub>, diyonize H<sub>2</sub>O ile 50 mL’lik bir totale getirili

\*\*\*\*) Sea Block™ Blocking Buffer, #37527, Thermo Scientific

\*\*\*\*\*) Blocker™ BSA : Blocker™ BSA in PBS, #37525, Thermo Scientific

\*\*\*\*\*) 1-Step™ pNPP, Thermo Scientific



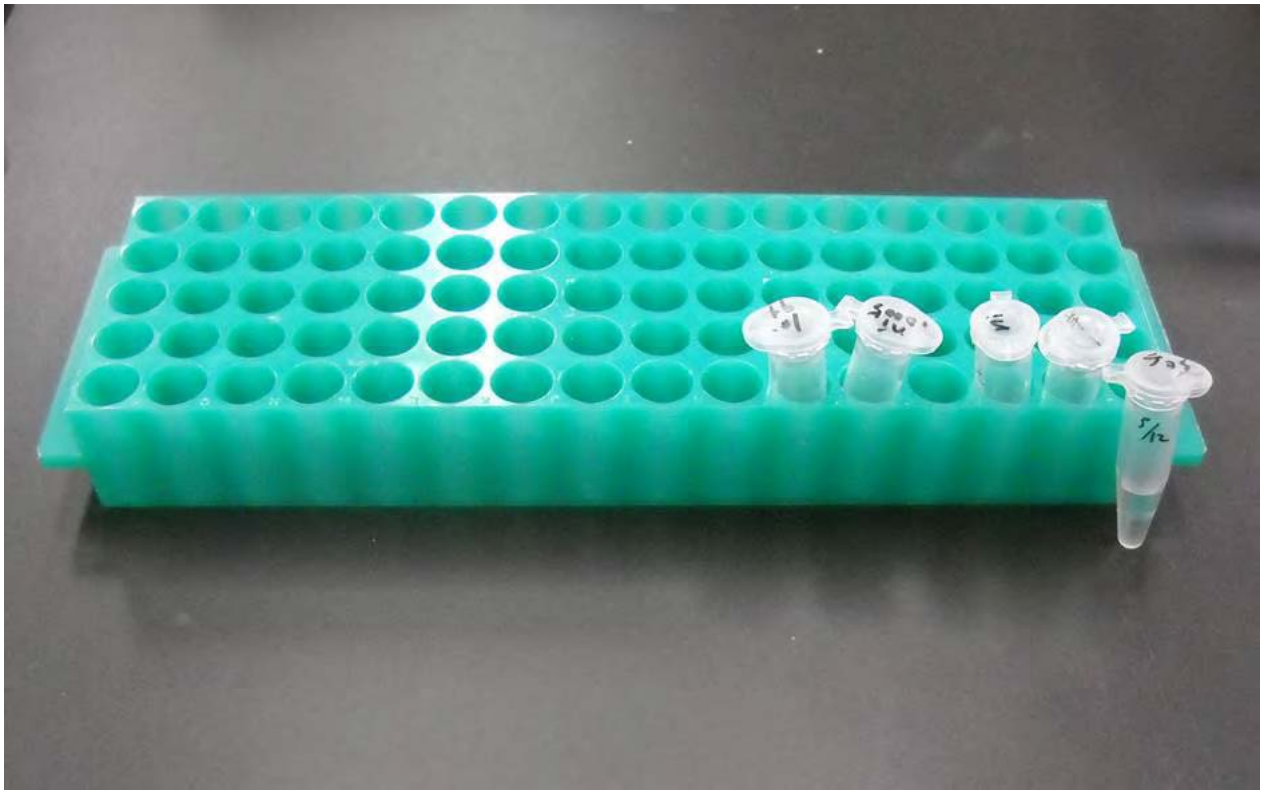


Photo 2a. Elution buffer were added to each tube and samples were allowed to dissolve.



Photo 2b. Sample eluent and bicarbonate buffer were added to each well in 96-well polystyrene ELISA plate with a multi-channel pipette.

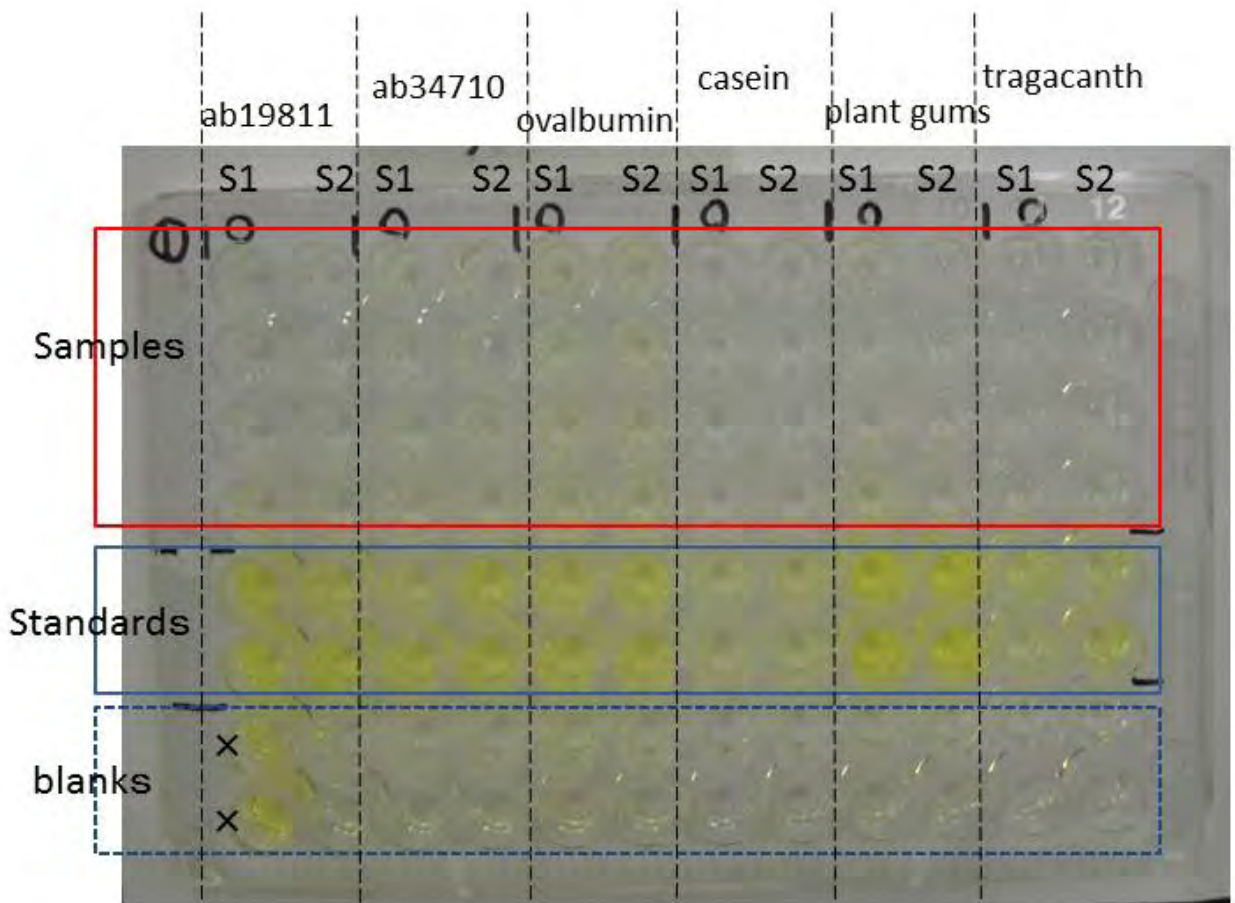


Figure 1. ELISA micro-plate. 4 dilutions for each sample and 4 dilutions for each standard, and 4 blanks were prepared for use with each antibody (S1 and S2 means sample 1 and 2). Standards turned yellow, while samples did not, meaning the antibodies did not recognize proteins.

### III -4 -3 Result

The results from the ELISA of the samples are shown in Figures 1 and 2. No collagen I (main component in glue), ovalbumin (main component in egg white), casein, plant gums (including gum tragacanth) were detected in sample 1 (ground), nor in sample 2 (red paint and ground). The ODs (Optical Densities) of each well were all below the cut off value. The samples contained no proteinaceous binder, or else the antibodies did not recognize proteins that were denatured by pigments, UV, and aging. As for the red paint layer of sample 2, dissolved protein in the elution buffer may be below detection limit for the antibodies, because it was very thin layer and seemed to dissolve little.

### Antibodies

Collagen I (#AB19811), Collagen I (#AB34710) and Goat IgG (#AB6742): abcam

Fish Collagen I (#T89171R) : Meridian Life Science, Inc.

Ovalbumin (#AB1225) and Rabbit IgG (#AP132A): Merck Millipore

Casein (#BS-0813R): Bioss Inc.

Plant gums (#JIM13) and Gum Tragacanth (#MAC265): Carbosorce, Complex Carbohydrate Research Center (University of Georgia)

Rat IgM (#A110-100AP) : Bethyl Laboratories, Inc.

Rat IgG (#A8438) : Sigma-Aldorich, Inc.

### III -4 -3 Sonuç

ELISA örneklerinin sonuçları Şekil 1 ve 2’de gösterilmiştir. Kollajen I’siz (yapıştırıcıdaki ana bileşen),ovalbumin ( yumurtanın beyazındaki ana bileşen),kazein, bitki sakızları, kitre örnek 1’de (toprak) saptanmış fakat 2’de (kırmızı boya ve toprak) saptanmamıştır. Her birinin OD (optik yoğunluk)’si eşik değerin altındaydı. Protein bağlayıcı ve antikor içermeyen örnekler,pigmentler,UV ve yıpranma sebebiyle,doğal yapısını yitirmiş proteinleri tanımadılar. Elüsyon tamponundaki çözünmüş toprak olan Kırmızı boya tabakalı örnek 2, antikorları algılama limitinin altındaydı. Çünkü çok ince bir tabakaydı ve çok az çözülecek gibiydi.

### III -4 -4 References

#### III -4 -4 Kaynakça

Joy Mazurek, Arlen Heginbotham, Michael R. Schilling, Giacomo Chiari, Antibody assay to characterize binding media in paint, *ICOM Committe for Conservation*, India, 2008, **2**, 678-685.

Joy Mazurek, Marie Svoboda, Jeffrey Maish, Kazuki Kawahara, Shunsuke Fukakusa, Takashi Nakazawa, Yoko Taniguchi, Characterization of Binding Media in Egyptian Romano Portraits using Enzime-Linked Immunosorbant Assay and Mass Speertometry, *e-Preservation Science*, 2014, **11**, 76-83.

Philip A. Klausmeyer, Rita P. Albertson, Madelyn R. Schmidt, Robert T. Woodland, Morwenna Blewett, Analysis and Treatment of a Painting by Kees Van Dongen: FTIR and ELISA as Complementary Techniques in the Analysis of Art Materials, *e-Preservation Science*, 2009, **6**, 151-162.

Table 1. Antibodies used in ELISA

Primary Antibody (catalog number)	Dilution used	Secondary Antibody (catalog number)	Dilution used	detectable binding media
Collagen I (#AB19811)	400	Goat IgG (#AB6742)	500	Animal glue
Collagen I (#AB34710)	200	Rabbit IgG (#AP132A)	500	Animal glue
Fish Collagen I (#T89171R)	100	Rabbit IgG (#AP132A)	500	Fish glue
Ovalbumin (#AB1225)	1000	Rabbit IgG (#AP132A)	500	Egg White
Casein (#BS-0813R)	400	Rabbit IgG (#AP132A)	500	Casein
Plant gums (#JIM13)	50	Rat IgM (#A110-100AP)	500	Plant gums
Gum tragacanth (#MAC265)	50	Rat IgG (#A8438)	500	Gum tragacanth

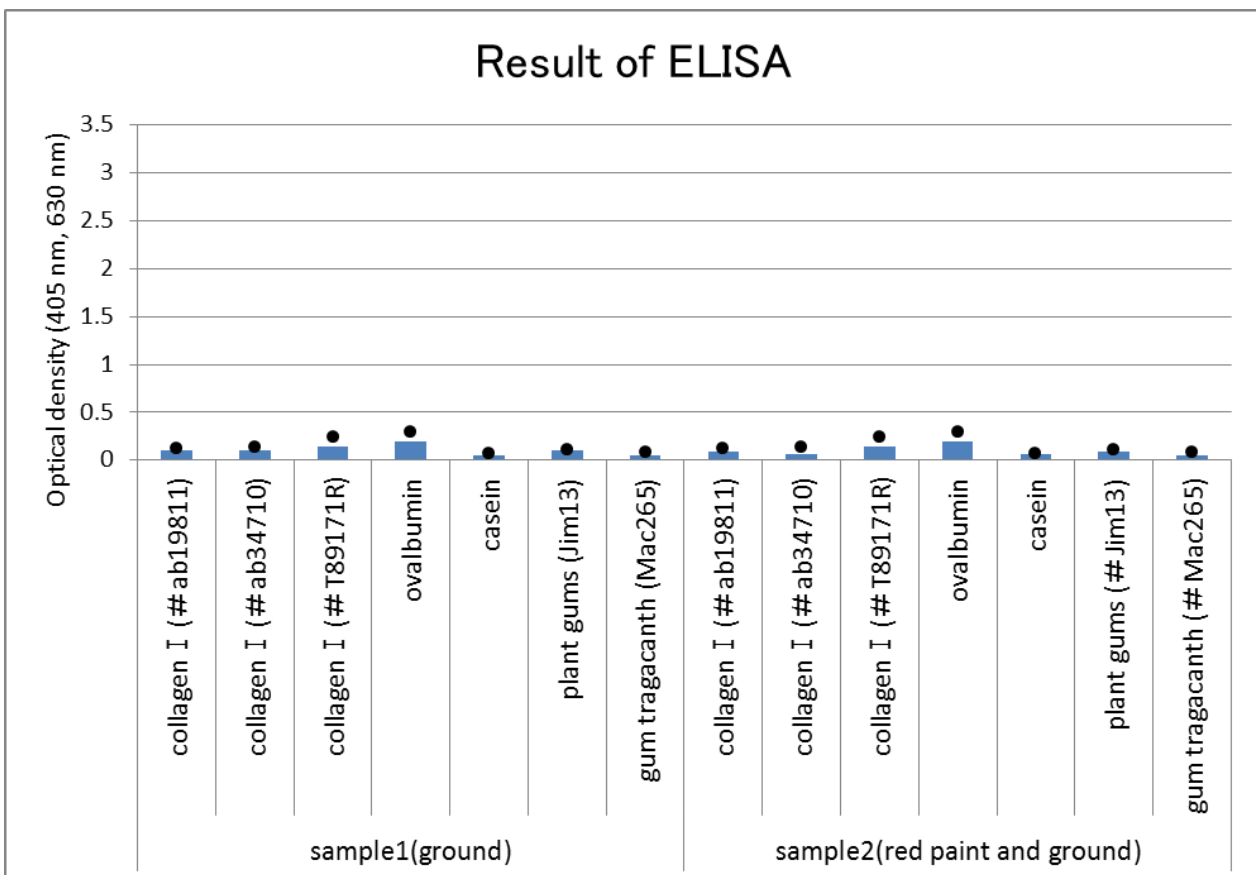


Figure 2. ELISA result for the identification of the binding medium of sample 1 (ground) and sample 2 (red paint and ground). 4 dilutions were prepared from each sample, one for each antibody and the average absorbance of 4 dilutions are shown (bar chart). No collagen I , ovalbumin, casein, plant gums and gum tragacanth were detected in the both sample. The dots indicate the cut-off values.

### III -5 Nano liquid chromatography-electrospray ionization tandem mass spectrometry (Nano-LC-ESI-MS/MS) analysis of the Üzümlü wall paintings

#### Nano Likit Kromatografisi Elektrospray İyonizasyonu Birleşik Kütle Spektrometresi (Nano-LC-ESI-MS/MS) Üzümlü Kilisesi Duvar Resimlerinin Analizi

Shunsuke Fukakusa, Nara Women's University  
Kazuki Kawahara, Osaka University  
Takashi Nakazawa, Nara Women's University

##### III -5 -1 Materials and Methods

Sample treatment. Small samples (UZM\_012, 013) of wall painting fragments with and without paint layer were used for the analysis (Figure 1). UZM\_012 was taken from the red painted area of the niche of Chamber 3, and UZM\_013 was taken from the white ground of the vaulted ceiling of Chamber 2. Samples were crushed in a mortar with a single-use synthetic pestle and mixed with 1000 µL of 0.1 M NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> and heated to 60 °C for 1 hour to extract and denature the proteins. After extracting the proteins, the solution was centrifuged at 8000g for 5 min, and the supernatant was concentrated and dialyzed three times against 100 mM NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> solution using Amicon Ultra centrifugal filter units with a 3,000 Da cut off membrane (Millipore).

Enzymatic digestion. For protein digestion, 10 µL of sequence grade trypsin (10 µg/mL 0.1 M NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub>) was added, and the solution was incubated at 37 °C for 16 hr. The solution containing tryptic peptides were then loaded onto the equilibrated ZipTip C18 Pipette Tip (Millipore), and eluted with 50% (v/v) aqueous acetonitrile (AcCN) containing 0.1% (v/v) trifluoroacetic acid (TFA).

Nano-LC-ESI-MS/MS. We adopted Nano-LC-ESI-MS/MS analysis to detect proteins following previously reported methods (1). We used a ZAPLOUS HPLCMS/MS System (AMR Inc.) composed of an ADVANCE UHPLC dual solvent delivery device (Michrom BioResources) and a Finnigan LTQ linear ion-trap mass spectrometer (Thermo Fischer Scientific) equipped with an XYZ nanoelectrospray ionization source (AMR Inc.). Prior to the analysis, the peptide solution was evaporated and re-dissolved in MS-

##### III -5 -1 Materyaller ve Yöntemler

Örnek İşlem: Analiz için boya tabakalı ve boya tabakasız duvar resmi parçalarından alınan küçük numuneler (UZM\_012,013) kullanıldı (Şekil 1). UZM\_012, 3 No'lu odadaki nişin kırmızı boyalı yerinden, UZM\_013 işe, 2 No'lu odanın tonozlu tavanının beyaz zemininden alındı. Numuneler tek kullanımlık bir sentetik havan tokmağı ile bir havanın içinde dövülerek 1000 µL 0.1 M NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> ile karıştırıldı ve proteinlerin ayıklanması ve denature edilmesi için 1 saat boyunca 60 °C'de ısıtıldı. Proteinler ayıklandıktan sonra, solüsyon 8000g'de 5 dakikalığına santrifuje edildi. Supernatant, 3.000 Da membran kesitli (Millipore) Amicon Ultra santrifuj filtre birimleri kullanarak 3 kez yoğunlaştırıldı ve diyalize edildi.

Enzimatik Sindirim: Proteinin sindirilmesi için, 10 µL diziliş derecesinde tripsin (10 µg/mL 0.1 M NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub>) ilave edildi ve çözelti 16 saat süreyle 37 °C'de inkube edildi. Triptik peptitleri içeren çözelti daha sonra, dengelenmiş ZıpTıp C18 Pipette Tıp (Millipore) üzerine yüklendi. 0.1% (v/v) içeren trifluoroasetik (TFA) içeren 50% (v/v) sulu asetonitril (AcCN) ile ayrıştırıldı.

Nano-LC-EŞİ-MS/MS: Daha önce rapor ettiğimiz gibi, benzer yöntemlerle proteinleri tespit etmek için Nano-LC-ESI-MS/MS analizini seçtik<sup>(1)</sup>. Bir ADVANCE UHPLC çift çözücü dağıtım cihazı (MichromBioResources) ve XYZ nanoelektrosprey iyonizasyon kaynağı (AMR Inc.) ile donatılmış Finnigan LTQ doğrusal iyon-ayırıcı spektrometresinden (Thermo Fischer Scientific) oluşan bir ZAPLOUS HPLCMS/MS Sistemi kullandık. Analiz öncesi, peptit çözelti buharlaştırıldı ve % 0.1 TFA içeren MS dereceli

grade water (20 µl) containing 0.1% TFA. 2 µL aliquots were loaded with an HTC PAL auto sampler (CTC Analytics) onto a short trap column (L-Column Micro, 0.3 x 5 mm, Chemical Evaluation Research Institute) for desalting and concentrating the peptides. Transfer to a capillary reverse phase column (ESI column, NTCC-360-100/150, 0.01 x 150 mm, Nikkyo Tecnos inc.) was undertaken by washing the trap column with 0.1% aqueous TFA containing 5% AcCN. The flow rate was ~500 nL min<sup>-1</sup>. Concentration gradient of AcCN: 5% to 30% in 0.1% aqueous HCOOH for 40 min, 95% for 1 min, constant at 95% for 3 min. The column temperature was 30 °C. Effluents from the separation column were introduced into the mass spectrometer. The ESI voltage was 2.0 kV and the temperature of transfer capillary at the LTQ inlet was 200 °C. The subsequent MS and MS/MS analysis in the order of output from the nanoLC unit were performed by automatic data acquisition system operated with Xcalibur software (Thermo Fischer Scientific). MS survey scans were performed in a mass range of m/z 450–1800 and helium gas was used for collision-induced dissociation in MS/MS analysis.

Protein Database Search. All the MS/MS spectral data obtained from nanoLC-ESI-MS/MS analysis were searched with Mascot search engine (version 2.1.04; Matrix Science) against the SwissProt database (released August 2014; 546,238 sequences). The searches were carried out with a peptide mass tolerance of 2.0 Da and fragment mass tolerance of 0.8 Da. In order to reduce the possibility of missing modified peptides, we allowed for increments of 16 Da for the oxidation of Pro, 1 Da for the deamidation of Asn and Gln as well as maximally 2 miss-cleavage sites in trypsin digestion. All the peptide sequences identified by nanoLC-ESI-MS/MS analysis coupled with the Mascot database search were further checked by manual inspection of the MS/MS spectra to verify the sequence assignments

### III -5 -2 Results

Two small fragments sampled from the Üzümlü wall paintings, one (UZM\_012) with red painting layer and white ground material (0.48 mg) and the other (UZM\_013) without painting layer (3.42 mg), were independently analyzed by Nano-LC-ESI-MS/MS. The base peak chromatograms from Nano-LC-ESI-MS/MS analysis of the tryptic digest of proteins extracted from these samples are shown in Figure 2. A total of 20,117 and 19,009 MS/MS spectra for the samples

şu (20 µl) içerisinde yeniden çözündürüldü. Peptitlerin desanilizesi ve yoğunlaşması için HTC PAL otomatik numune alıcı (CTC Analytics) ile birlikte kısa ayırıcı kolona (L-Column Micro, 0.3 x 5mm, Chemical Evaluation Research Institute) 2 µL sıvı bölüntü yüklendi. Ayırıcı kolon 5% AcCN içeren 0.1% sulu TFA ile yıkanarak bir tüp ters faz kolonuna (ESI column, NTCC-360-100/150,0.01 x 150mm, NikkyoTecnosinç.) aktarıldı. Akış hızı ~500 nL dakika<sup>-1</sup>dir. AcCN konsantre gradiyenti : %0.1 sulu 5% ila 30% HCOOH'de 40 dakika boyunca, %95 1 dakika boyunca, %95 konstantan 3 dakika kadar. Kolon ısı 30 °C idi. Ayırma kolonundaki atıksu, kütle spektrometresinin içine yerleştirildi. ESI voltajı 2.0 kV ve LTQ girişindeki transfer tüpü sıcaklığı 200 °C idi. ThenanoLC ünitesi çıkış sırasındaki daha sonraki MS ve MS/MS analizleri, Xcalibur yazılım (Thermo Fischer Scientific) ile işletilen otomatik data toplama sistemi tarafından yapıldı. MS incelemesi, m / z 450-1800 bir kütle aralığında yapıldı ve helyum gazı, MS / MS analizinde çarpışma kaynaklı ayırma için helyum gazı kullanıldı.

Protein Veritabanı Araştırması : Nano LC-ESI-MS/MS analizlerinden elde edilen tüm spektral veriler SwissProt veritabanına dayanan (Çıkış: Ağustos 2014; 546,238 dizili) arama motoru Mascot ile tarandı (sürüm 2.1.04; Matrix Science). İncelemeler, kütle toleransı 2.0 Da ve parça kütle toleransı 0.8 Da olan bir peptit ile gerçekleştirildi. Değiştirilmiş peptitlerin kayıp olasılığını azaltmak amacıyla, tripsin sindirimindeki yerlerde maksimum 2 kayıp bölünmeyle birlikte, Pro oksidasyonu için 16 Da, Asn ve Gln deamidasyonu için 1 Da'lık artışa izin verdik. Mascot veritabanı araştırmasının eşlik ettiği nanoLC-ESI-MS/MS analizleri tarafından tanımlanmış bütün peptitler bundan başka, dizi tayinlerini doğrulamak için MS/MS spektrumu elle denetlendi.

### III -5 -2 Sonuçlar

Üzümlü duvar resimlerinden alınan (UZM\_012) kırmızı renkli bir boya tabakası ile beyaz zemin malzemesi olan parça ve boya tabakası olmayan (3.42 mg) parça (UZM\_013) Nano-LC-ESI-MS/MS ile bağımsız olarak analiz edildi. Bu numunelerden elde edilen proteinlerin triptik sindiriminin Nano-LC-ESI-MS/MS analizlerine dayanan tepe değer kromatogramları Şekil 2'de gösterilmiştir. Boya tabakası olan ve olmayan numuneler için toplam 20,117 ve 19,009 MS/MS

with and without painting layer, respectively, were obtained and subsequently searched by utilizing Mascot search engine against the full SwissProt database including amino acid sequences of proteins, such as collagen, casein, and albumin from various animal taxa historically used as proteinaceous binding materials.

The Nano-LC-ESI-MS/MS analysis coupled with database search on the red wall painting fragments identified a series of human keratins and trypsin with confident matches (significant threshold  $p < 0.05$ , ion score cut-off 50) as listed in Table 1. However, these proteins (peptides) are generally associated with protein contamination possibly originates from environmental exposure of the samples and from autodigestion of trypsin used for protein digestion procedure (2). This interpretation is also supported by the fact that almost the same sets of proteins were identified in the sample of ground material without paint layer (Table 2).

Although it is possible to speculate that the unexpected modifications and cross-links as well as non-specific cleavages of the peptides and/or proteins hamper the detection of ancient proteins, the results shown here shows no indication of proteinaceous binding media in the fragments of the Üzümlü wall painting.

### III -5 -3 References

#### III -5 -3 Kaynaklar

Joy Mazurek, Marie Svoboda, Jeffrey Maish, Kazuki Kawahara, Shunsuke Fukakusa, Takashi Nakazawa, Yoko Taniguchi, Characterization of Binding Media in Egyptian Romano Portraits using Enzyme-Linked Immunosorbant Assay and Mass Spectrometry, *e-Preservation Science*, 2014, **11**, 76-83.

Gabriella Leo, Laura Cartechini, Piero Pucci, Antonio Sgamellotti, Gennaro Marino, and Leila Birolo, Proteomic strategies for the identification of proteinaceous binders in paintings, *Anal. Bioanal. Chem.*, 2009, **395**, 2269-2280.

spektrum sırasıyla elde edildi ve daha sonra tarihsel olarak protein bağlayıcı malzeme olarak kullanılmış çeşitli hayvan taksonlarındaki kolajen, kazein ve albümin gibi proteinlerin aminoasit dizilerini içeren, tam SwissProt'a dayalı Mascot arama motoru kullanılarak incelendi.

Kırmızı duvar resmi parçaları veritabanı ile birleştirilen Nano-LC-ESI-MS/MS analizi, Tablo 1'de listlendiği gibi bir seri insan keratini ve güvenilir eşleşmeli tripsini (önemli eşik  $p < 0.05$ , iyon sayısı cut-off 50) teşhis etmiştir. Bununla birlikte, bu proteinler (peptitler) genellikle bir protein kirlenmesi ile ilişkilidir ve muhtemelen numunelerin çevresel maruziyeti ve protein sindirimi prosedürü için kullanılan tripsinin oto sindiriminden kaynaklanır (2). Bu sonuç aynı zamanda, boyasız zeminden alınan numuneden de tespit edilen hemen hemen aynı protein setleri gerçeğiyle de desteklenir.

Peptitlerin ve/veya proteinlerin belirsiz ayrılmaları ile birlikte beklenmedik modifikasyonlar ve çapraz bağların eski proteinlerin tespitine engel olduğu tahminlerinde bulunabiliyor olsak da, burada çıkan sonuç, Üzümlü duvar resmi parçalarında protein bağlayıcı hiçbir medya belirtisi olmadığını göstermektedir.

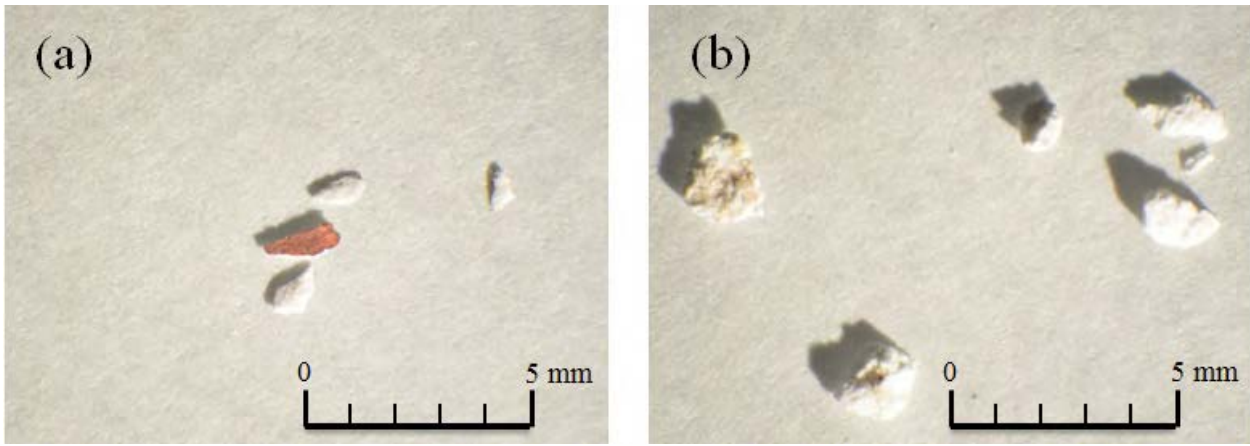


Figure 1. Small fragments sampled from the Üzümlü wall paintings. Fragments with red painting layer and white ground material (UZM\_012: a) and those of ground material (UZM\_013: b).

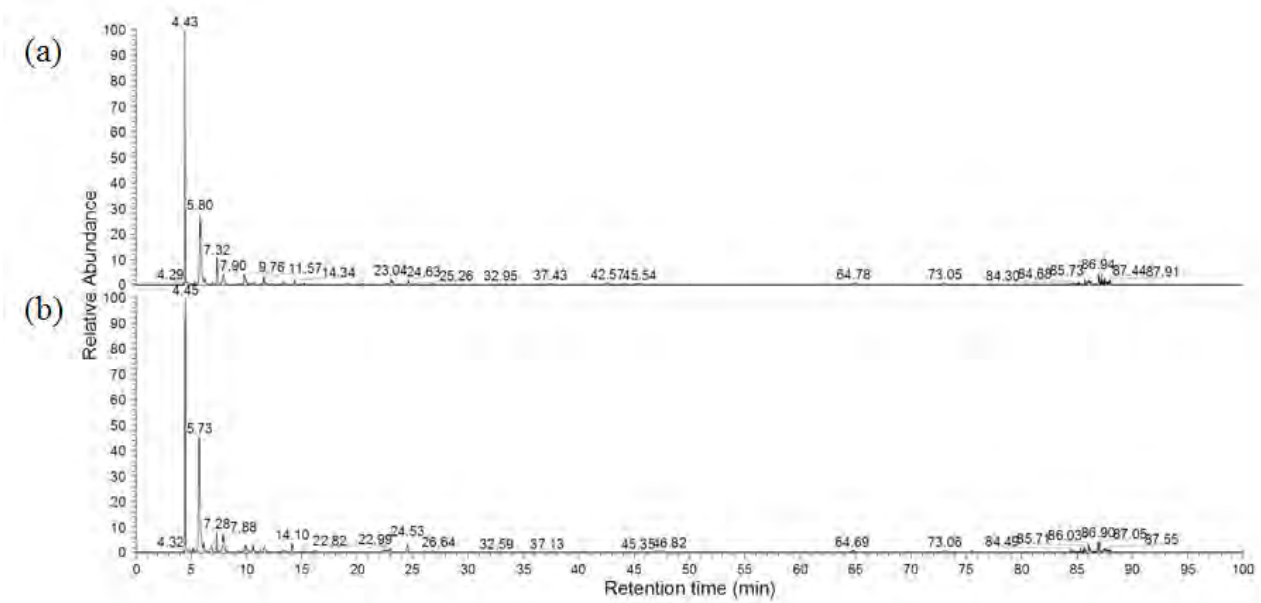


Figure 2. Base peak chromatogram in the positive ion mode using ESI-MS detection of fragments with red painting layer and white ground material (UZM\_012: a), and of fragments of ground material (UZM\_013: b).

Table 1. The list of identified proteins from fragments with red painting layer (UZM\_012).

Protein (Species)	Total ion score	Sequence coverage (%)
Keratin type II cytoskeletal 1 (Homo sapiens)	458	28
Keratin type I cytoskeletal 10 (Homo sapiens)	351	19
Keratin type I cytoskeletal 9 (Homo sapiens)	248	28
Trypsin (Sus scrofa)	196	16
Keratin type I cytoskeletal 14 (Homo sapiens)	76	7

The total ion score was calculated by summation of the ion scores for the individual identified peptide sequences using MASCOT search engine (<http://www.matrixscience.com>).

Table 2. The list of identified proteins from fragments of ground material (UZM\_013).

Protein (Species)	Total ion score	Sequence coverage (%)
Keratin type II cytoskeletal 1 (Homo sapiens)	413	22
Keratin type I cytoskeletal 9 (Homo sapiens)	314	29
Keratin type I cytoskeletal 10 (Homo sapiens)	213	12
Trypsin (Sus scrofa)	204	16
Keratin type I cytoskeletal 14 (Homo sapiens)	95	6

The total ion score was calculated by summation of the ion scores for the individual identified peptide sequences using MASCOT search engine (<http://www.matrixscience.com>).



### III -6 Documentation of Üzümlü Church: High-resolution Database of the Condition of Paintings

#### Üzümlü Kilisesi Dokümantasyonu: Resimlerin Yüksek Çözünürlüklü Veritabanı

Tamaki Suzuki, Visiting researcher, National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo  
Ryo Higuchi, Tokyo Institute of Technology  
Mina Shibata, Assistant, National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo

##### III -6 -1 Architectural Style of Üzümlü Church

The rock hewn church of Üzümlü is located in the Red Valley, Cappadocia. Little is known about the history of the church since little documentation exists. However, because the wall paintings are similar to those found in Pantokrator Monastery (Zeyrek Kilise Camii), Istanbul (1120-1136), the wall paintings in the Üzümlü church may date from the period of Komnenos dynasty (1081-1185). On the other hand, it is very difficult to determine the exact period when this church was built or wall paintings were executed, because the cave church was extended by excavating the rock gradually. The wall paintings do not contain any botanical materials such as thatch so that there is nothing useful to analyze for dating.

The rock hewn church is composed of three original chambers; “narthex”, “nave” and “apse” in order from west entrance, and two additional chambers that were excavated at a later period. The plans of narthex and nave are imperfect rectangles, and the plan of apse is an ellipse. The ceiling of the narthex and nave are barrel vaulted and that of apse is domed. The nave and apse are attached to the later chambers on the north side. These chambers are cuboid and not covered with paintings. Comparing with the exposed rock surface of the main chambers, the surface of the two additional chambers are roughly excavated, indicating obviously different technique. Therefore, it would seem that these additional chambers were never painted.

The 12th century mural paintings survive around the arched entrance, north arch and barrel vault in the narthex, south, east, west wall and barrel vault in the nave, south east wall and dome in the apse, and transverse arch between nave and apse. Nonetheless we assume the transverse arch between narthex and nave may be covered with wall painting, however the lower part of this transverse arch is collapsed and it is not possible to identify any remains of the wall painting there.

##### III -6 -1 Üzümlü Kilisesi’ nin Mimari Yapısı

Yontulmuş kaya kilisesi olan Üzümlü Kilisesi Kapadokya, Kızıl Vadide yer almaktadır. Sadece bir kaç belge bulunması sebebiyle, bu kilise hakkında detaylı bilgi bulunmamaktadır. Duvar resimleri 1120-1136 yılları arasında İstanbul’da inşa edilen Zeyrek Kilisesi Cami’si ile benzerlik göstermesine rağmen, Üzümlü Kilisesi’nin duvar resimlerinin Komnenos Hanedanı(1081-1185) döneminde tasvir edilmiş olma ihtimali vardır. Fakat, kilisenin tam olarak hangi dönemde inşa edildiğini yada duvarların ne zaman resmedildiğini saptamak oldukça zordur. Çünkü mağara kilisesi, kayaların zamanla oyulmasıyla genişletilmiş olabilir. Duvarlar resimleri saman gibi bitkisel maddeleri içermediğinden, kronolojisini analiz edebilecek faydalı bir şey yoktur.

Yontulmuş kaya mağara kilisesi batı girişinden sırasıyla, orijinal olarak yapılmış “Dehliz”, “Nef” ve “Sunak” olmak üzere üç odadan oluşmaktadır ve daha sonraki dönemlerde genişletilmiş iki ek oda vardır. Dehliz ve Nef’in oda planı tam dikdörtgen değildir ve sunağınki ovaldir. Dehliz ve Nef’in tavanı beşik kemer sunağınki ise kubbe şeklindedir. Nef ve sunak kuzey tarafa doğru resimsiz ve küp şeklindeki ek odalarla bitişiktir. Ana odaların yüzeyi ve iki ek odanın yüzeyleri karşılaştırıldığında, ek odaların kabaca kazıldığı anlaşılmakta, bu sebeple farklı bir teknik olduğu açıkça görülmektedir. Sonuç olarak, bu ek odalar hiç boyanmamış olabilir.

12.yy duvar resimleri kemerli giriş, kuzey kemeri ve dehlizdeki beşik kemer, güney,doğu, batı duvarları ve nefin beşik kemeri, güneydoğu duvarı, sunağın kubbesi ve nef ile sunak arasındaki çapraz kemer etrafında bulunmaktadır. Bununla birlikte, dehliz ve nef arasındaki çapraz kemerin de duvar resimleri ile kaplı olduğunu varsaymaktayız. Fakat çapraz kemerin alt kısmı çökmüştür ve orada duvar resmi olup olmadığını belirlemek imkansızdır.

In this project, the chambers were identified as follows:

Narthex: Chamber 1

Nave: Chamber 2

Apse: Chamber 3

Transverse arch between nave and apse: arch 2-3

### III -6 -2 Photographic documentation and image processing

#### III -6 -2.1 Aim of documentation

The documentation aimed to record the current composition and condition of the mural paintings of Üzümlü church and to create a high resolution image database. Documentation by digital method, such as high resolution photography, is one of the cutting-edge techniques and most useful methods to record the condition of cultural heritage. Especially in recent mural paintings conservation projects, high resolution images are useful because it is possible to show general views and also to zoom in on details of the painting condition on a single image. As the paintings were damaged by diverse mechanisms such as physical, environmental and biological effects, it is highly advantageous to record these details of painting condition on high resolution base maps.

Despite its great merits, the cost of high resolution photography and the difficulty of operating its instruments and software have commonly been an impediment for researchers and conservators. However, the recent development of graphic software makes its operation simpler and less expensive. In this research project, since the budget, time and human resources are limited, the documentation had to be achieved in both “high-resolution” but at “low cost”.

The documentation of the rock hewn church was first undertaken by Dr. Nicole Thierry, from the University of Paris-Sorbonne, France, in the 1960s. Her research focused on recording the iconographic scheme and the first comprehensive publication was made. Preliminary measurement of the rock hewn churches around Cappadocia valley was also done by Japanese research team led by Dr. Masaru Maeno, Professor of Tokyo University of the Arts in the early 1970s, during which work architectural drawings of church of Üzümlü were made. However since the 1970s, no further documentation has been undertaken, and the paintings

Bu projede odaların isimleri aşağıdaki şekilde belirlenmiştir:

Dehliz: Oda 1

Nef: Oda 2

Sunak: Oda 3

Nef ve sunak arasındaki çapraz kemer : kemer 2-3

### III -6 -2 Fotoğrafik belgeleme ve görüntü işlemi

#### III -6 -2.1 Belgelemenin amacı

Belgeleme Üzümlü Kilisesi’ndeki duvar resimlerinin son yapısı ve durumuna ilişkin kayıt yapmayı ve yüksek çözünürlüklü görüntü veritabanı oluşturmayı amaçlamaktadır.

Yüksek çözünürlüklü fotoğraflar gibi dijital metotlarla belgeleme, kültürel mirasların günümüzdeki durumunu kayıt edebilmek için en kullanışlı ve en ileri tekniklerden biridir. Özellikle duvar resimlerini koruma projesinde yüksek çözünürlüklü görüntüler kullanışlıdır. Çünkü tek bir görüntü verisinde genel bir görüntü göstermek ve resimlerin detaylarını yakınlaraştırarak görmek mümkündür. Resimler fiziksel, biyolojik ve çevresel etkenler gibi farklı mekanizmalar tarafından zarar gördüğü için, detaylı durumlarını yüksek çözünürlüklü haritada kaydetmek büyük bir avantajdır.

Büyük mezziyetlerinin aksine maliyeti, araçların zor işlemesi ve yazılım her zaman araştırmacılar ve konservatörler için sıkıntı olmuştur. Ancak, en son grafik yazılım gelişmeleri işletimi daha basit kılmıştır ve maliyeti çok düşürmüştür. Bu projede bütçe, insan kaynakları ve zaman sınırlı olduğu için belgeleme yüksek çözünürlükte fakat düşük maliyette yapılmak zorundaydı.

Yontulmuş kaya kilisesi ilk belgelenmeleri 1960’larda Fransa Paris-Sorbonne Üniversitesi’nden Dr.Nicole Thierry tarafından yapılmıştır. Çalışmalarında, yapılan ilk kapsamlı yayın ve ikonografik şema üzerine yoğunlaştı. Kapadokya vadisi çevresindeki yontulmuş kaya kiliselerinin ilk ölçümleri, Üzümlü Kilisesinin mimari çiziminin yapıldığı 1970 yılında, Tokyo Sanat Üniversitesi Prof. Dr.M.Maeno’nün liderliğini yaptığı bir grup Japon araştırmacısı tarafından gerçekleştirilmiştir.Fakat, resimler gittikçe fiziksel, çevresel ve biyolojik etkilerle zarar görürken, 1970’lerden bu yana hiçbir belge oluşturulmamıştır.

have been gradually damaged by physical, environmental and biological effects.

### III -6 -2.2 Documentation methodology

Since the paintings are depicted on the large surface of the walls, vaulted ceiling and dome, it was impossible to capture whole images in a single shot. Therefore the wall paintings were photographed in several pieces both vertically and horizontally, and the pieces were merged digitally into a single high resolution image using Adobe Photoshop software. After the images were rectified by measurement data, the base maps of each wall and ceiling were created. The condition of the paintings recorded on the OHP films were digitized on the high resolution base maps. The process of documentation generally followed these 4 steps:

- 1) Photography of the paintings
- 2) Measurement of the cave and location of paintings
- 3) Image processing: Merging photographs into a single high resolution photograph. Rectification of the image and creation of base map.
- 4) Condition assessment and recording

### III -6 -2.3 Instruments

The instruments used for the survey are listed below:

Digital Camera (Canon 60D)  
Lens (Canon EF-S10-22mm F3.5-4.5 USM)  
Tripod (Manfrotto C55)  
Laser Digital distancemeter (Leica Disto D210, Fig. 2)  
Measuring Tape  
Software: Adobe Photoshop CS6, Adobe Illustrator CS6

### III -6 -2.4 Photography of the Wall Painting

Photography was conducted by setting the camera on a tripod horizontally and parallel to the wall painting. Then, the distance between the lens and the wall painting was measured by the digital distance meter. Depending on the dimension of wall paintings, the paintings were taken by several shots. When the camera was moved horizontally and vertically, the distance between the lens and paintings was maintained consistent, and each shot should contain enough overlap with photographs of adjacent areas, so that digital merge could be processed successfully. Figure 3 is an example of a merged photograph. In this example, four photos (two rows of two shots) were taken of the wall painting on the South wall in

### III -6 -2.2 Belgeleme Metodu

Resimler duvarların geniş yüzeyinde, kemerli tavan ve kubbede resmedildiği için, bütün görüntüyü tek seferde çekmek imkansızdı. Bu sebeple, resimler hem yatay hem de dikey olarak birkaç parça halinde çekildi ve Adobe Photoshop yazılımında yüksek çözünürlüklü tek bir görüntü olarak birleştirildi. Resimler ölçüm verileriyle düzeltildikten sonra, bütün duvar ve tavanın ana haritası oluşturuldu. Resimlerin durumları yüksek çözünürlüklü haritalar üzerinde dijitalleştirilmiş, OHP filmlerine kaydedilmiştir. Dokümantasyon süreci temelde bu 4 aşamada kategorize edilir.

- 1) Resimlerin Fotoğrafları
- 2) Mağaranın ölçümü ve resimlerin yerleri
- 3) Görüntüleme İşlemi: Fotoğrafları yüksek çözünürlüklü tek bir veriye dönüştürme.
- 4) Durum değerlendirmesi ve kayıt

### III -6 -2.3 Araçlar

Araştırma için kullanılan araçlar aşağıda listelenmiştir.

Dijital Kamera (Canon 60D)  
Lens (Canon EF-S10-22mm F3.5-4.5 USM)  
Tripod (Manfrotto C55)  
Dijital mesafe ölçer (Leica Disto D210, Şekil 2)  
Ölçme şeridi  
Yazılım: Adobe Photoshop CS6, Adobe Illustrator CS6

### III -6 -2.4 Duvar Resimleri' nin Fotoğraflanması

Fotoğraflama, kamerayı tripod üzerinde yatay olarak ve duvar resimlerine paralel olacak şekilde ayarlayarak yapıldı. Ardından lens ve duvar resimleri arasındaki uzaklık dijital mesafe ölçerle ölçüldü. Duvar resimlerinin boyutlarına bağlı olarak, resimler birkaç kez çekildi. Kamera yatay ve dikey olarak sırayla hareket ettirildiğinde, lens ve resimler arasındaki mesafe eşit olmalı ve her bir çekim birbiriyle örtüşmelidir. Aksi takdirde dijital birleştirme işlemi başarılı bir şekilde yapılamazdı. Şekil 3 birkaç çekim fotoğraflanması örneğidir. Bu durumda Oda 2'deki güney duvarlarının 4 fotoğrafını (iki çekimin iki sırası) çektik.

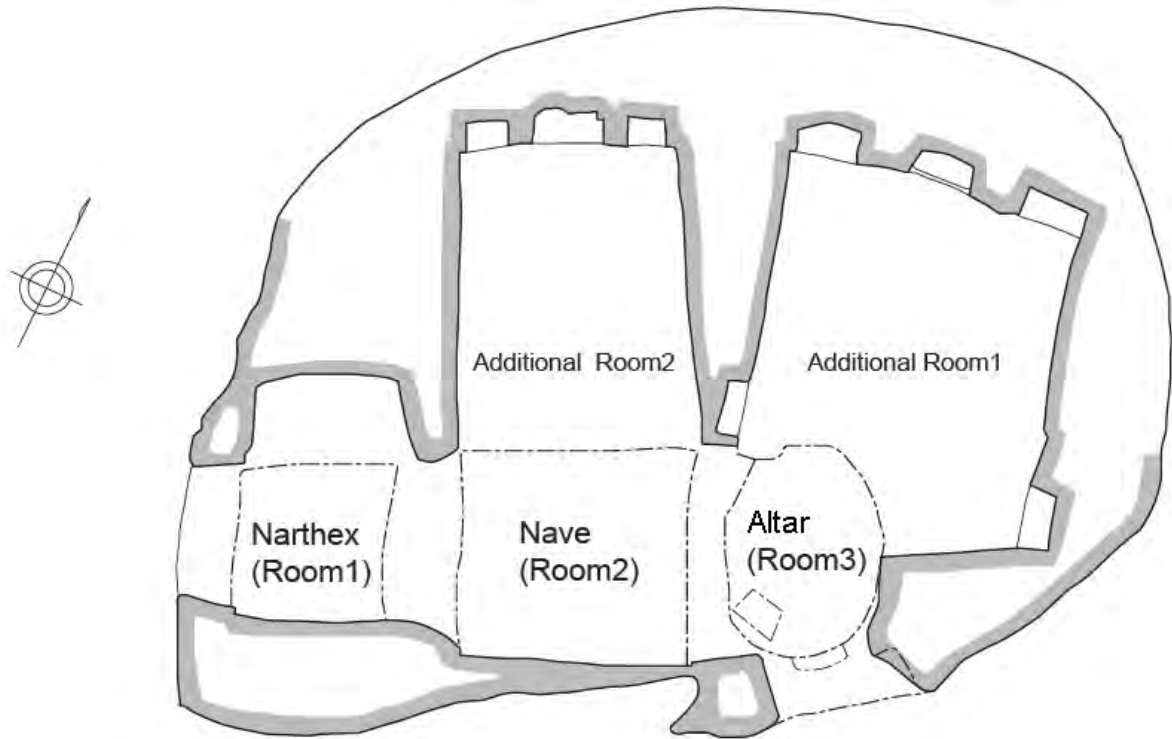


Figure 1. Names of the chambers in the Üzümlü church



Figure 2. Digital distance meter (Leica)



### III -6 -2.5 Measurement

The measurement of the cave was based on the architectural plan created by Prof. Maeno in 1970s, since there is no digital measurement data. Further measurements were taken in this research in order to record the exact dimension of the paintings and distance between some important figures and features, which were necessary for the merging of the images. First, the height and width of the wall paintings were measured using a digital distance meter or the measuring tape. Additionally, the distance between distinctive figures, such as saints, was measured. In the case of curved surfaces, the inner radial of the vaults or dome were measured since it required opened curve-face not straight projection (Fig. 4).

### III -6 -2.6 Image Processing

The photographs were merged into a single high resolution image using the “photo merge” function of Adobe Photoshop CS6. The merged image was rectified manually based on the measurement data, resized to the exact scale and then set into the format of the base on the Adobe Illustrator CS6. The process of merge and rectification using Adobe Photoshop CS6 is as follows:

[Procedure of Photomerge]

- 1) Read files (Fig. 5): read the files to merge and then select [Automate] in the [File] menu. Then click [Photomerge] and select [Add Open Files].
- 2) Merge files (Fig. 6): check [Blend Images Together], [Vignette Removal] and [Geometric Distortion Correction]. Then click [OK].
- 3) Check the edge of each of the images (Fig. 7): If the processes above were done correctly, we then checked each end of the reading photographs.
- 4) Combine the layers (Fig. 8): Select [Layer] menu and click [Merge Visible].
- 5) Set the guidelines for revision (Fig. 9): Select [View] menu and click [New Guide...]. Then move the guides based on the measured places such as Figure 3.
- 6) Revise the photograph (Fig. 10): Select [Edit] menu and click [Warp] from the [Transform] menu, and revise the distorted areas of the merged photographs and adjust them to fit the exact scale.
- 7) Apply the Transform (Fig. 11): After finishing transform,

### III -6 -2.5 Ölçüm

Hiçbir dijital ölçüm verisi olmadığından, mağaranın ölçümü, 1970'li yıllarda Prof. Maeno tarafından oluşturulan mimari plana dayanıyordu. Fotoğrafların birleştirilmesi için gerekli olan, bazı önemli figürler, özellikleri, arasındaki uzaklık ve resimler arasındaki tam mesafeyi kaydedebilmek için bu araştırmada daha detaylı ölçüm yapıldı. İlk olarak, yükseklik ve duvar resminin genişliği dijital mesafe ölçer veya ölçüm bandı ile ölçüldü. Buna ek olarak, Azizler gibi farklı figürler arasındaki uzunluk ölçüldü. Kıvrımlı yüzeyler, kubbelelerin ya da kemerlerin iç daireleri ölçüldü. Çünkü, düz perspektif değil açık kıvrım yüzü gerekmektedir (Şekil 4).

### III -6 -2.6 Görüntü İşlemi

Fotoğraflar Adobe Photoshop CS6 “fotoğraf birleştirme” fonksiyonu ile bir tek yüksek çözünürlüklü görüntü olarak birleştirildi. Birleştirilen resimler ölçüm verisi yardımıyla elle düzeltildi ve tam ölçekte tekrar boyutlandırılıp, daha sonra Adobe Illustrator CS6’da veri formatına konuldu. Birleştirme işlemi ve Adobe Photoshop CS6 kullanılarak yapılan düzeltme işlemi aşağıdaki şekildedir:

- 1) Dosyaları okuma (Şekil 5): dosyaları okuyun ve Dosya menüsündeki (Automate) kısmını seçin. Daha sonra (Photomerge)’yi tıklayın ve (Add Open Files)’i seçin.
- 2) Dosyaları birleştirme (Şekil 6): Resimleri Birlikte Karıştır (Blend Images Together), Skeç Kaldırma ( Vignette Removal ) ve Geometrik Bozukluk Düzeltimi (Geometric Distortion Correction) ‘ı seçip ardından Tamam tuşuna basın.
- 3) Resimlerin Bütün Köşelerini Kontrol Etme (Şekil 7): Eğer yukarıda belirtilen işlem hatasız bir şekilde yapıldıysa, okunan fotoğrafların her birinin sonunu işaretleyin .
- 4) Tabakaları oluşturma (Şekil 8): Tabaka(Layer) menüsünü seçip Birleştirme Görülsün (Merge Visible) yazısını tıklayın.
- 5) Düzeltme için İçin Ana Hat oluşturma (Şekil 9): Görüntüle(View) menüsünü tıklayın ve Yeni Klavuz’u(New Guide) seçin. Daha sonra Şekil 3 ’deki gibi ölçülmüş yerleri esas alan klavuzu hareket ettirin.
- 6) Fotoğrafi Düzeltme (Şekil 10): Düzenleme(Edit) menüsünü seçip Dönüşüm (Transform) bölümünden Eğme(Warp) ‘yi seçin. Daha sonra oluşturulan fotoğraftaki bozulmuş bölgeleri düzeltin ve tam ölçüye uyacak şekilde ayarlayın.

click [Apply] in the window "Apply the transform?".

Figure 12 is an example of the photograph of the dome, which was merged from five images.

Following this method, thirteen base maps were created (Fig. 13).

7) Dönüşüm Uygulaması (Şekil 11):Dönüşümü tamamladıktan sonra pencerede beliren Dönüşümü Uygulasın mı?(Apply the transform?) Kısımında Uygula(Apply) tuşuna basın.

Şekil 12 beş görüntünün birleşmesiyle oluşturulmuş kubbe fotoğrafı örneğidir.

Bu metodu uygulayarak on üç sayfa harita verisi oluşturulmuştur (Şekil 13).

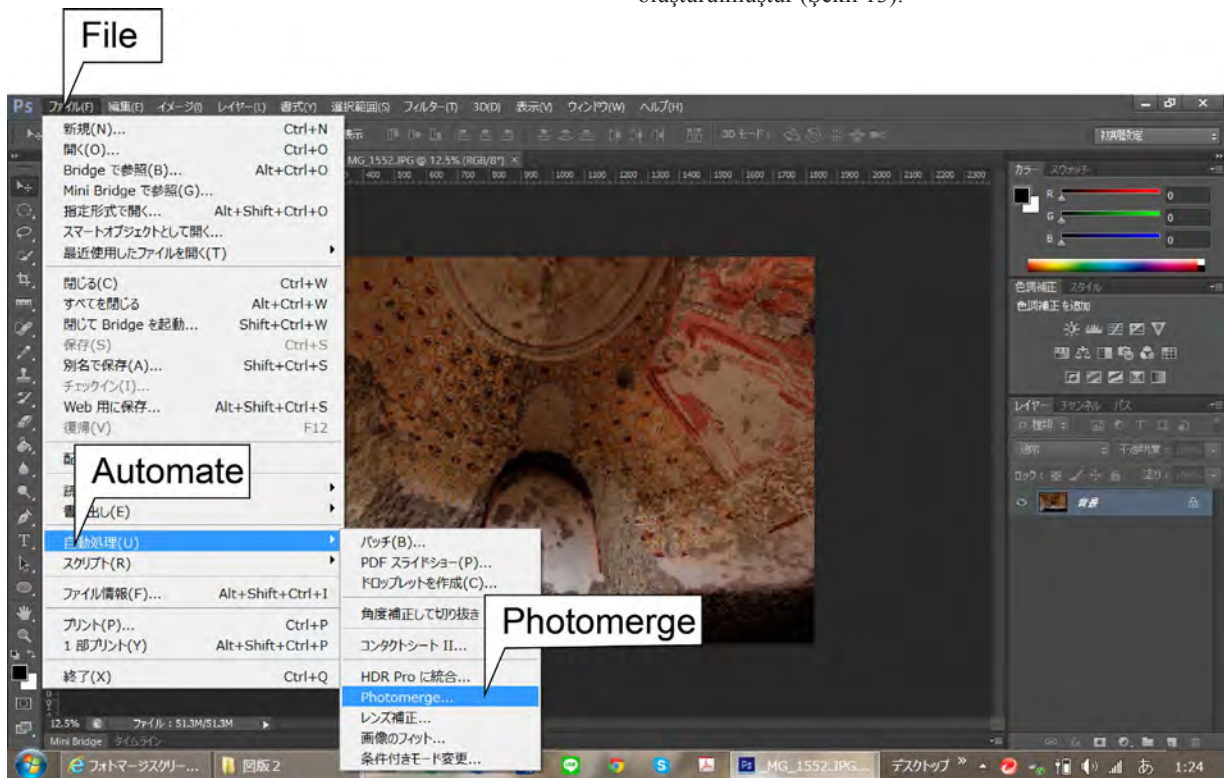


Figure 5. Image merging process 1: Photomerge tool on the menu bar

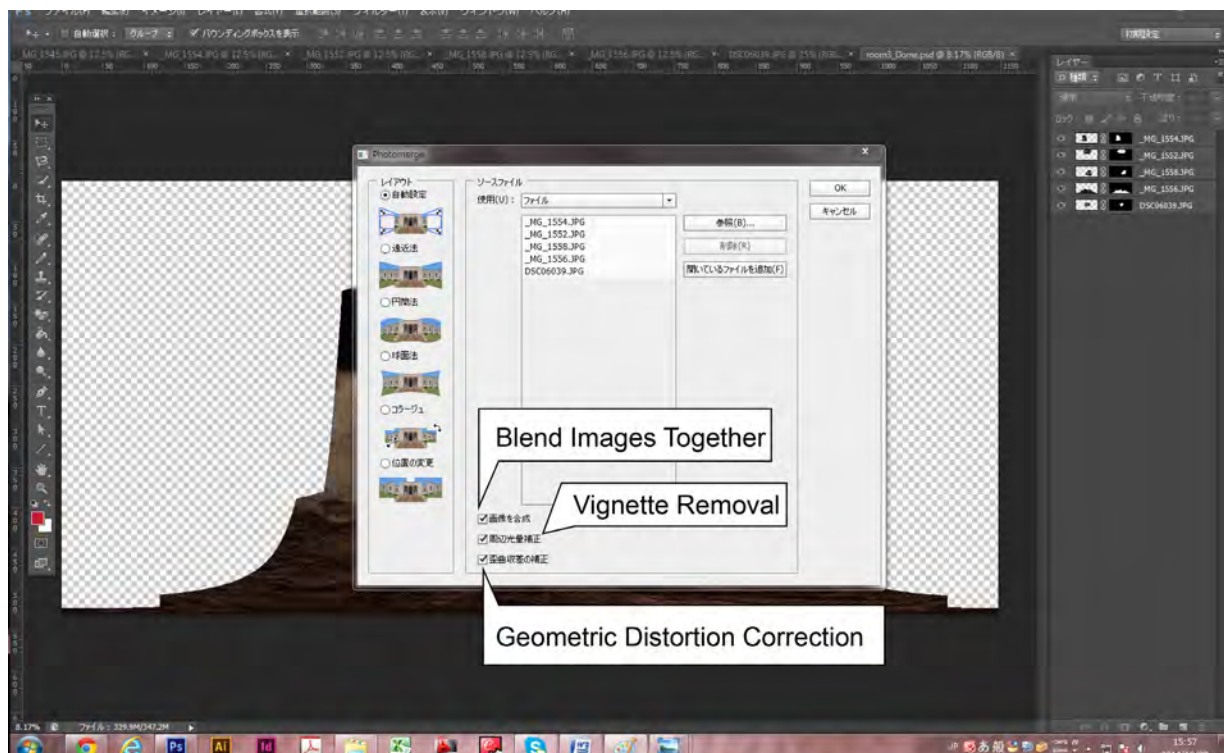


Figure 6. Image merging process 2: Choosing the files to combine

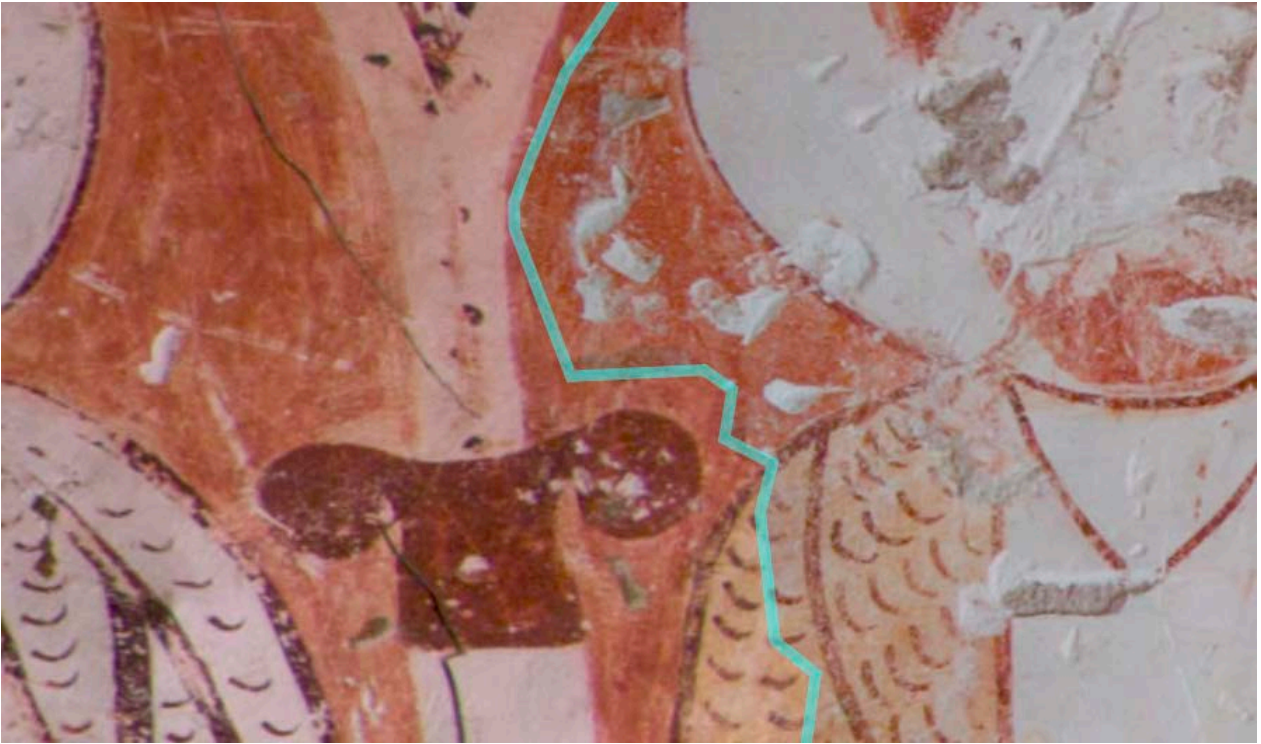


Figure7-1. Image merging process 3: Example of the succeeded and failed combining photos

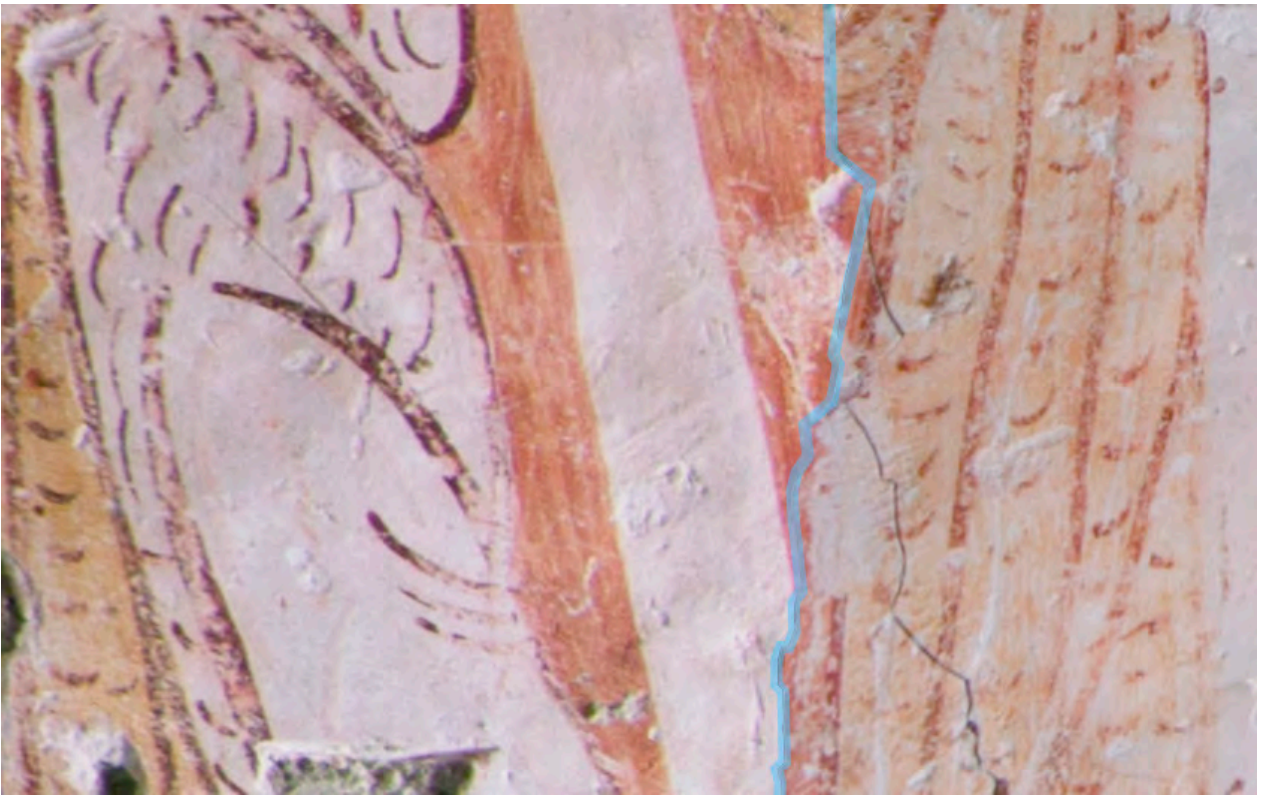


Figure7-2. Image merging process 3: Example of the succeeded and failed combining photos



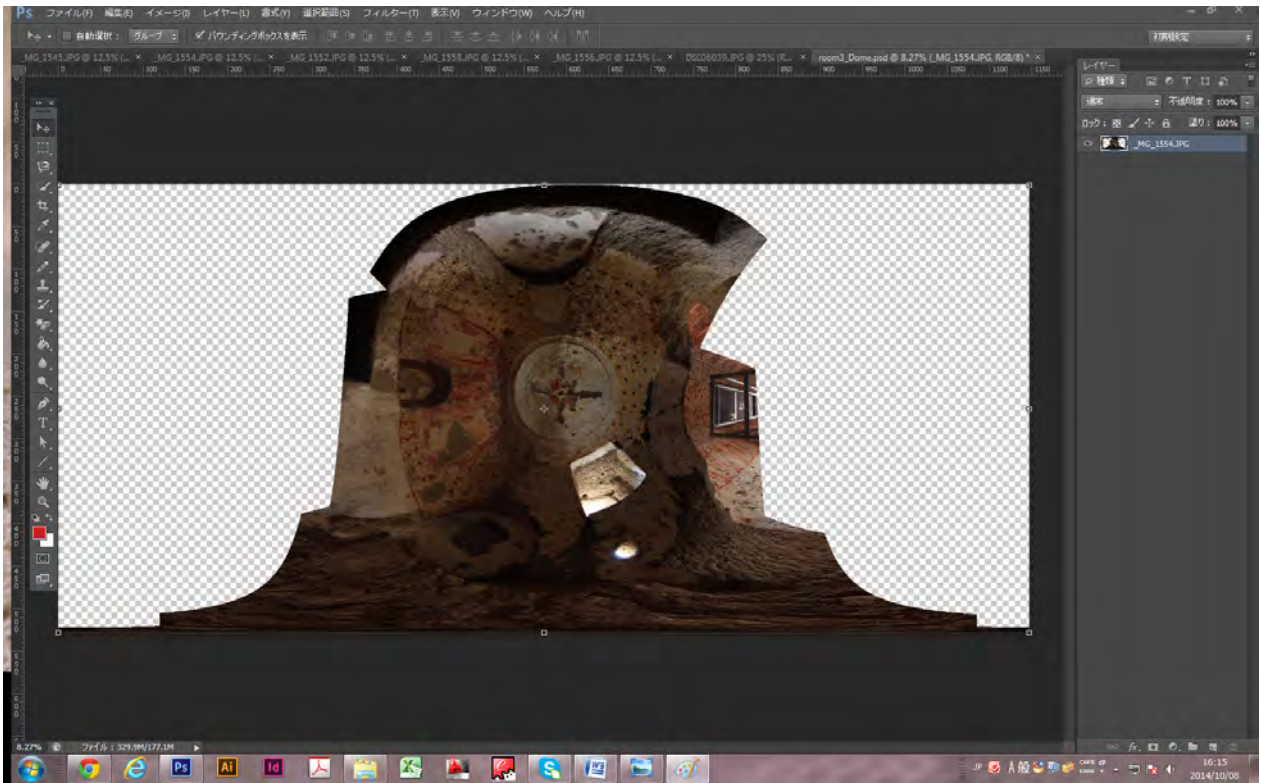


Figure 8. Image merging process 4: Combine the layers of the photographs

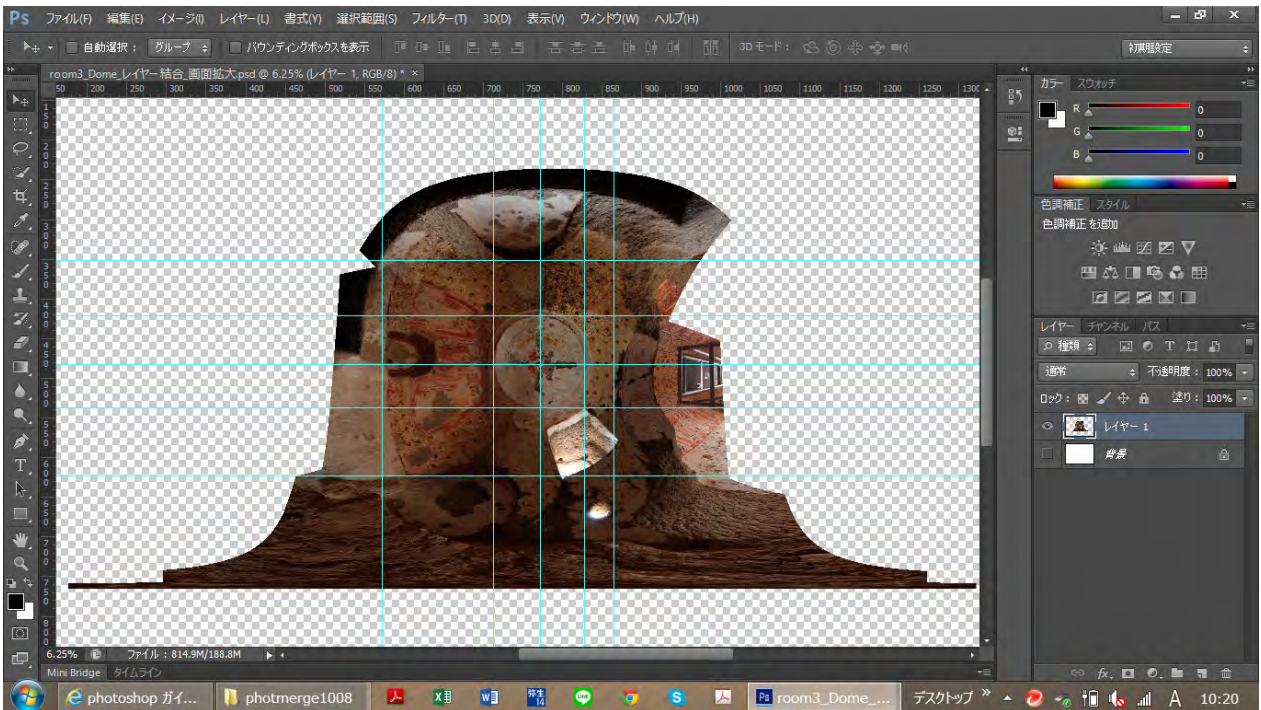


Figure 9. Image merging process 5: Setting the guidelines

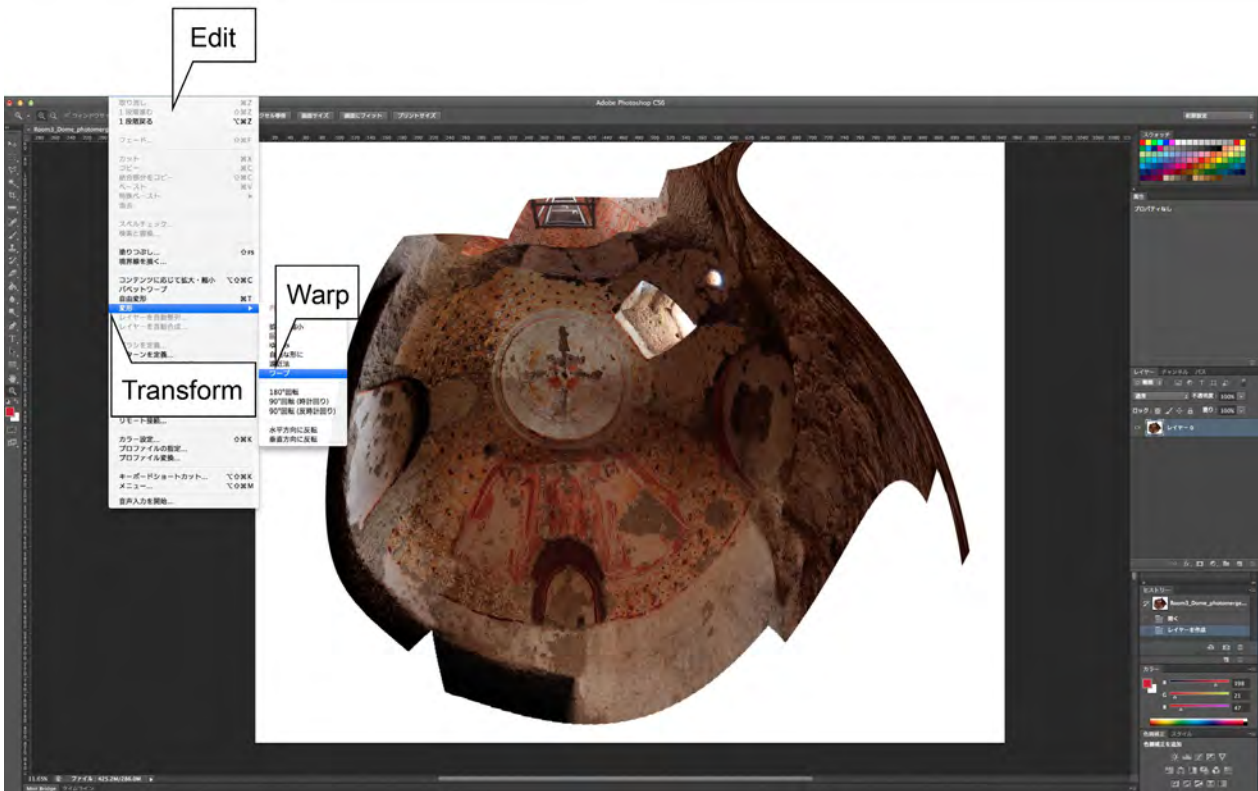


Figure 10. Image merging process 6: Choosing the warp tool

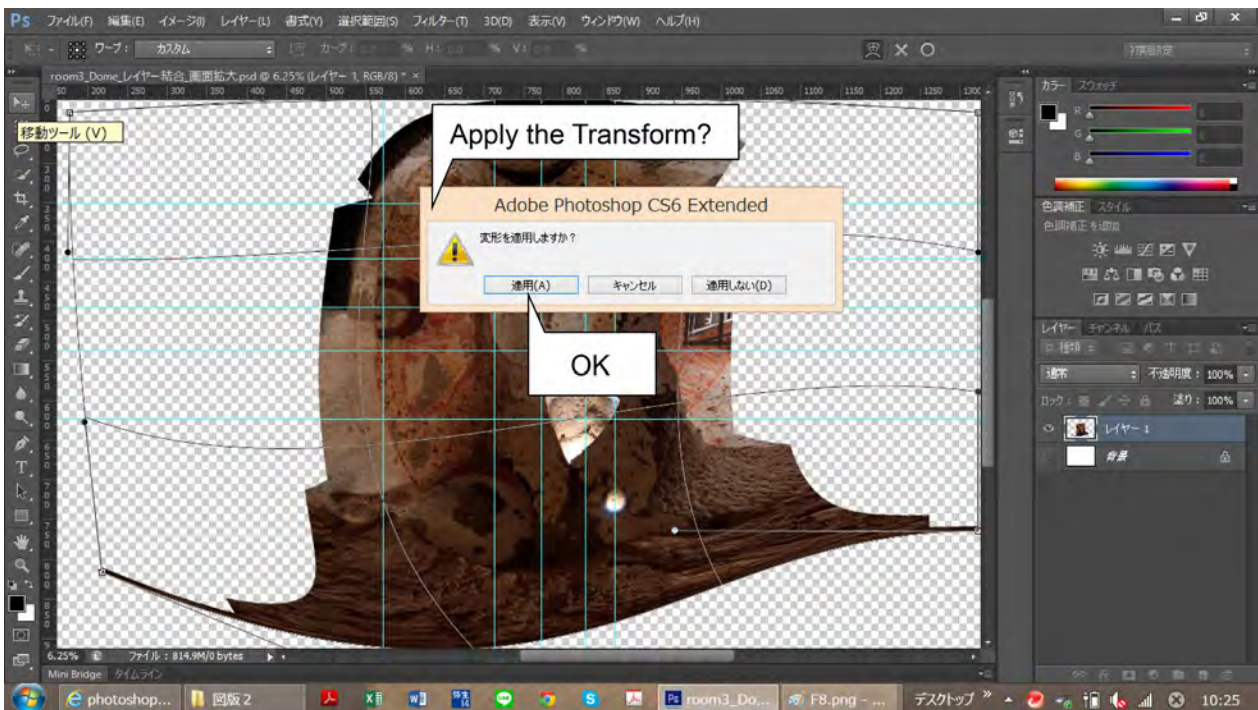


Figure 11. Image merging process 7: Applying the warp tool

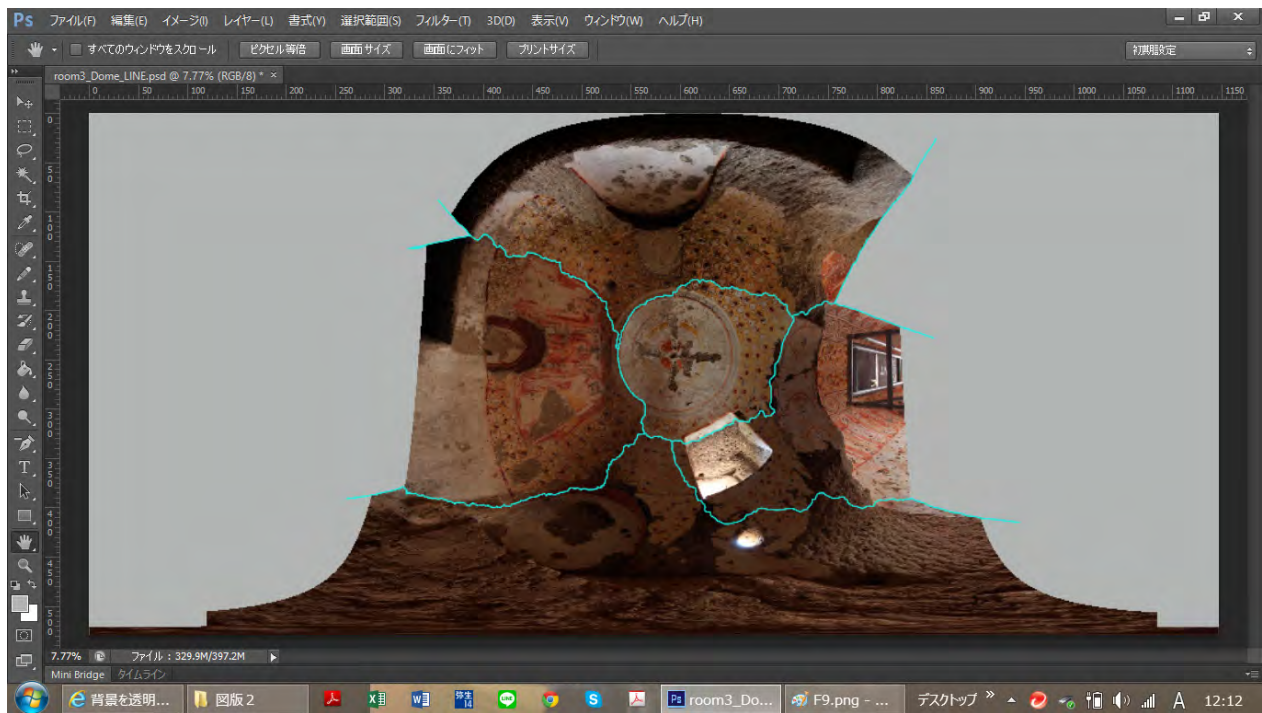


Figure 12. Finished photograph merged five images

Table 1. List of the paintings documented in the church.

Chamber	ID	Location of paintings
Chamber1 (Narthex)	1-S	South wall
	1-N	North arch
	1-E	East wall
	1-W	West wall
	1-V	Barrel vault
	1-ET	Arch of the west entrance
Chamber2 (Nave)	2-S	South wall
	2-E	East wall
	2-W	West wall
	2-V	Barrel vault
Chamber3 (Apse)	3-D	Dome
	3-SE	Southeast wall
Transverse Arch	2-3-C	Transverse arch between Chamber2 and Chamber3





## IV. Appendices





Sample: UZM\_003

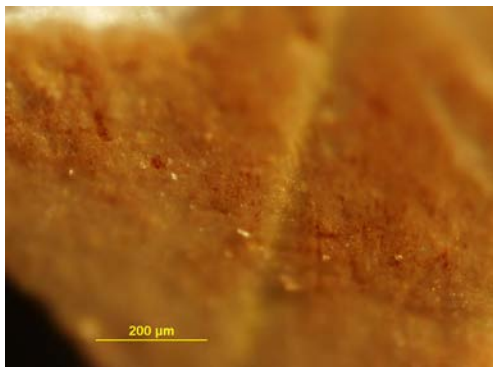
Sample location: Room1 Vaulted ceiling



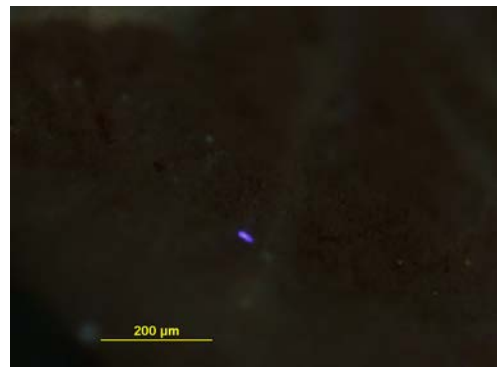
a. Sample location



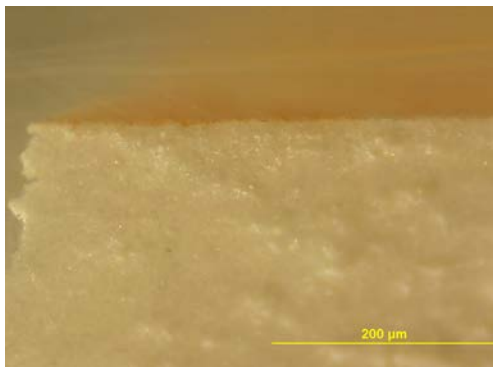
b. Sample location (in detail)



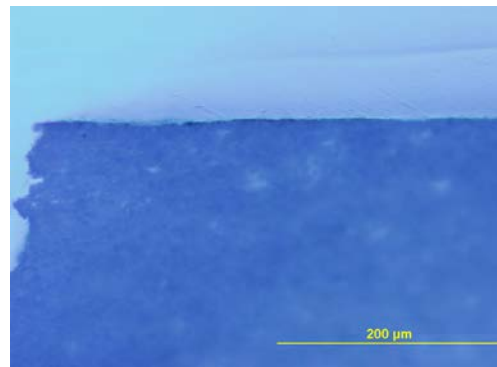
c. Light microscopy image of unmounted sample



d. Light microscopy image under UV-light



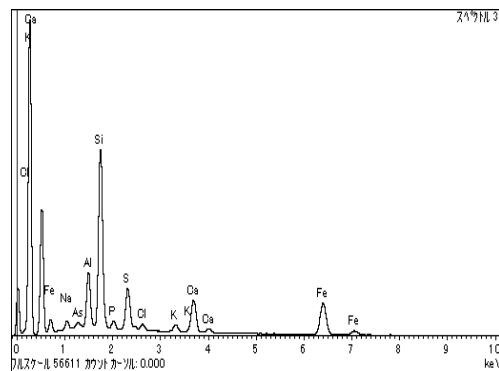
e. Light microscopy image of cross-section



f. Light microscopy image of cross-section under UV-light (the same view as image e)



g. SEM-BSE image of cross-section



h. EDX results

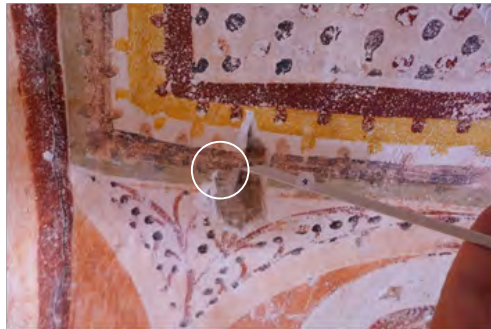
IV-1. Scientific Analysis

Sample: UZM\_004

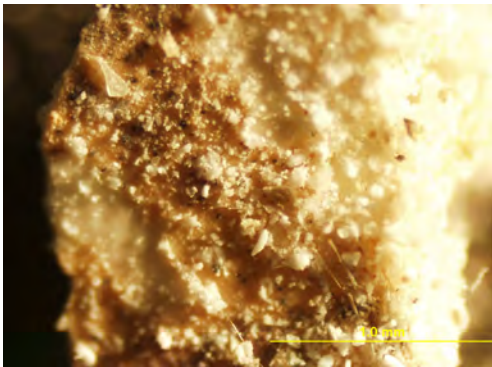
Sample location: Room2 Vaulted ceiling (south)



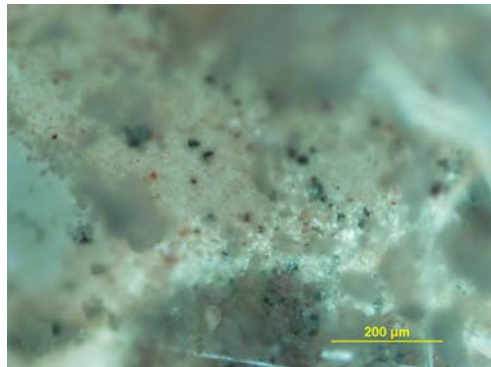
a. Sample location



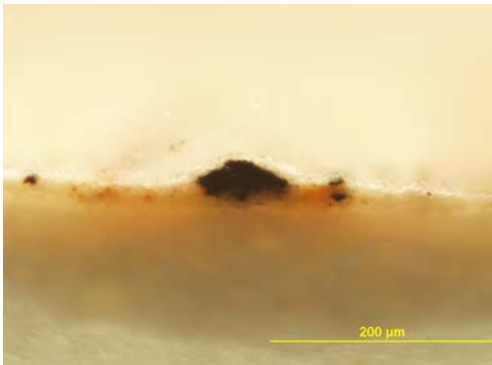
b. Sample location (in detail)



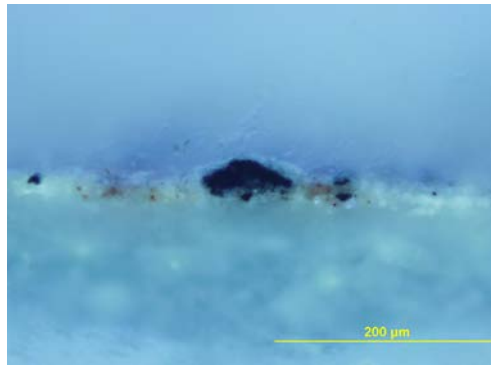
c. Light microscopy image of unmounted sample



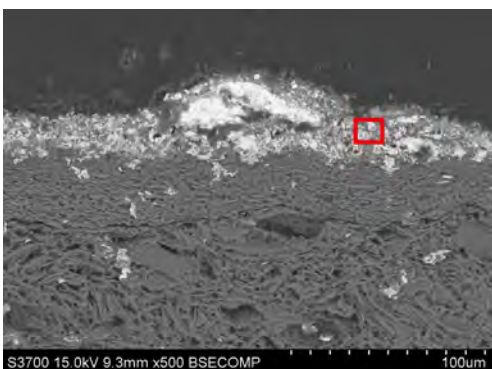
d. Light microscopy image under UV-light



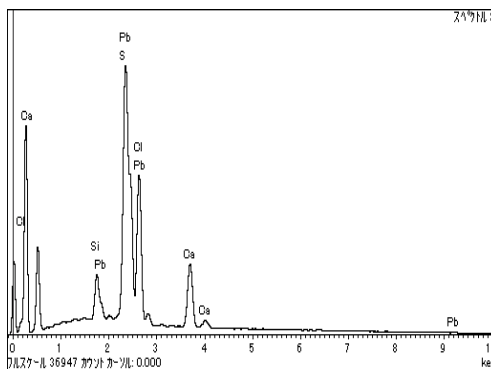
e. Light microscopy image of cross-section



f. Light microscopy image of cross-section under UV-light (the same view as image e)



g. SEM-BSE image of cross-section



h. EDX results



Sample: UZM\_005

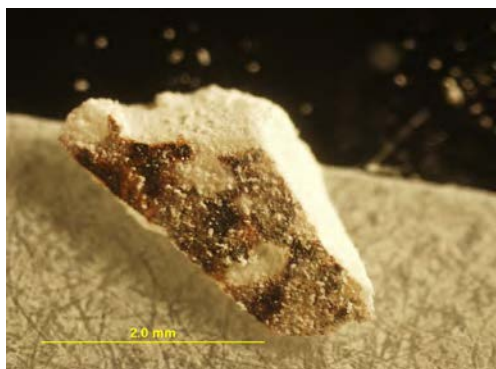
Sample location: Room2 Vaulted ceiling



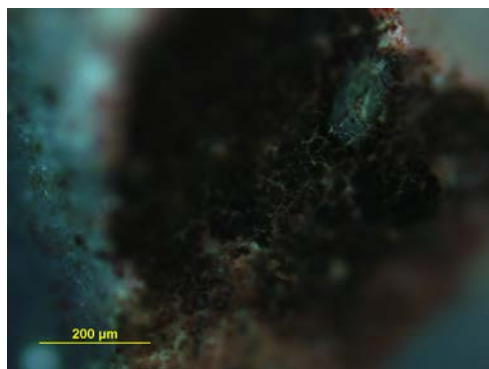
a. Sample location



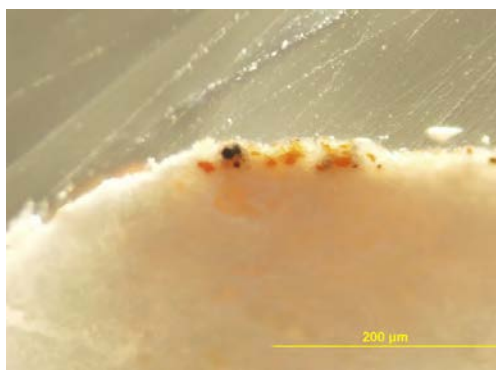
b. Sample location (in detail)



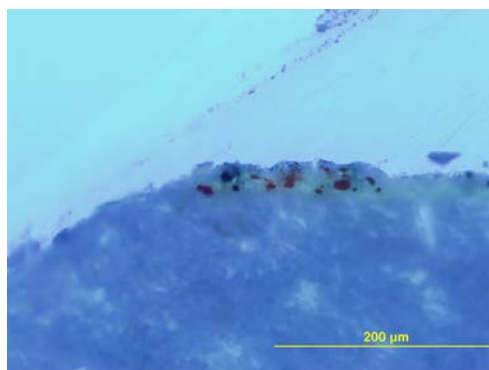
c. Light microscopy image of unmounted sample



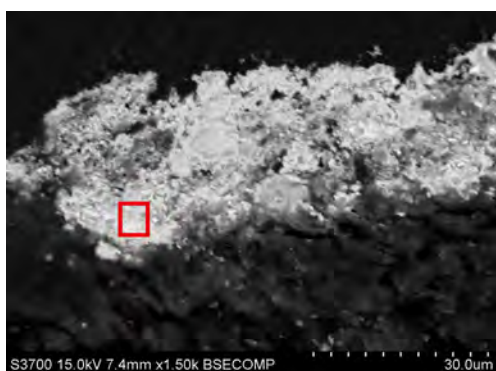
d. Light microscopy image under UV-light



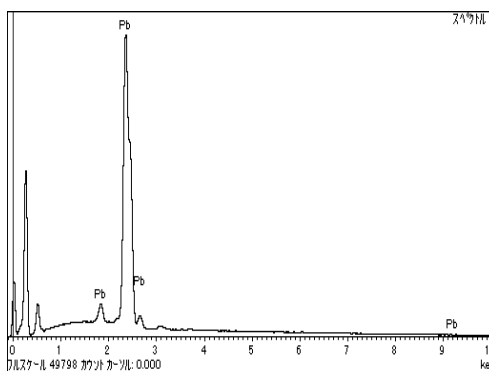
e. Light microscopy image of cross-section



f. Light microscopy image of cross-section under UV-light (the same view as image e)



g. SEM-BSE image of cross-section



h. EDX results

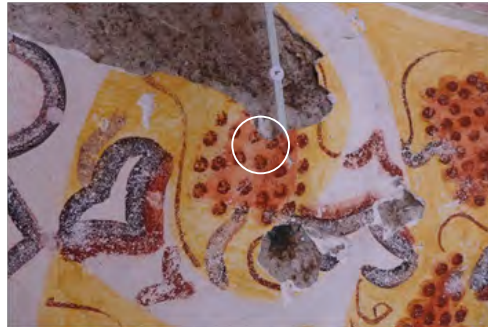
IV-1. Scientific Analysis

Sample: UZM\_007

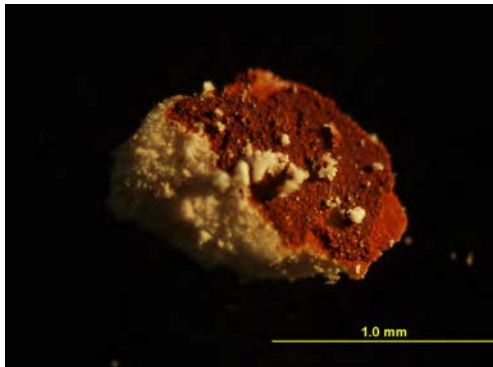
Sample location: Room2 Vaulted ceiling



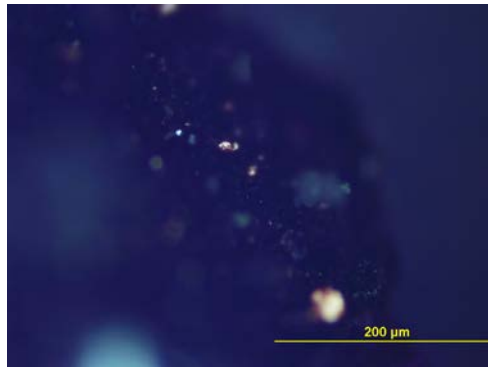
a. Sample location



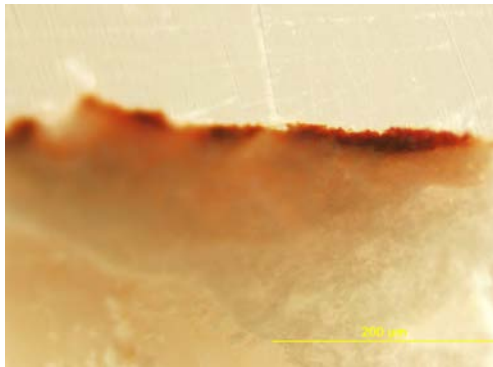
b. Sample location (in detail)



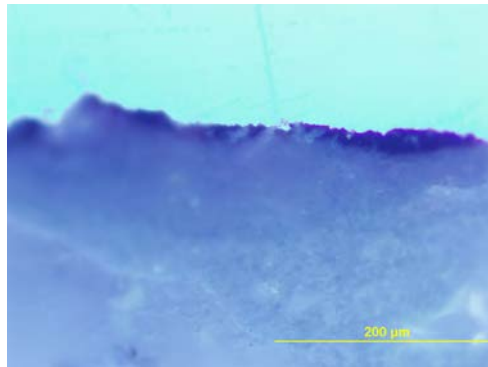
c. Light microscopy image of unmounted sample



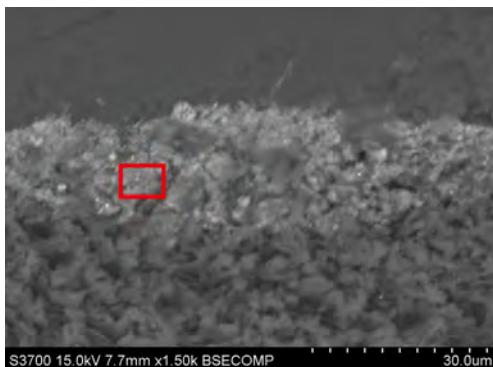
d. Light microscopy image under UV-light



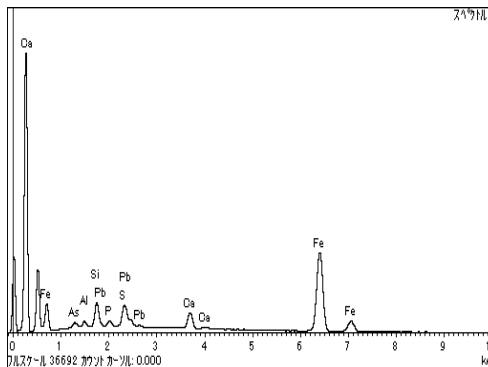
e. Light microscopy image of cross-section



f. Light microscopy image of cross-section under UV-light (the same view as image e)



g. SEM-BSE image of cross-section



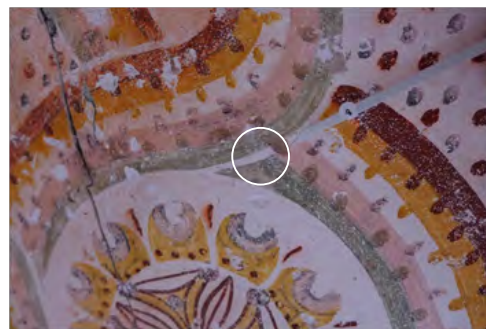
h. EDX results

Sample: UZM\_008

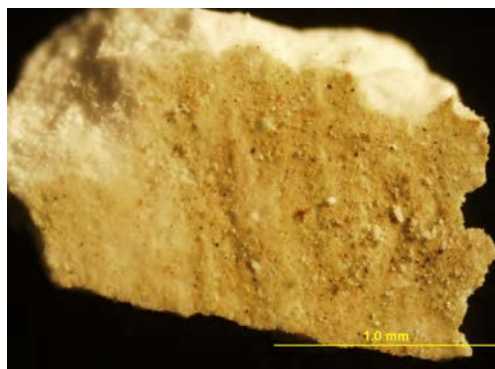
Sample location: Room2 Vaulted ceiling north



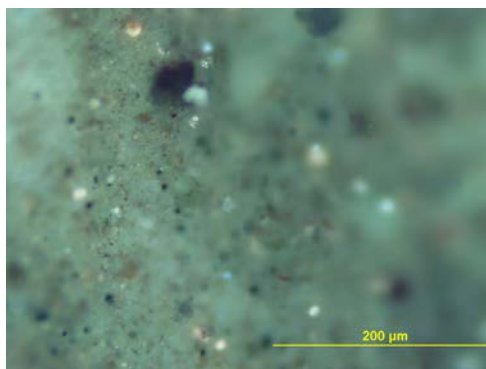
a. Sample location



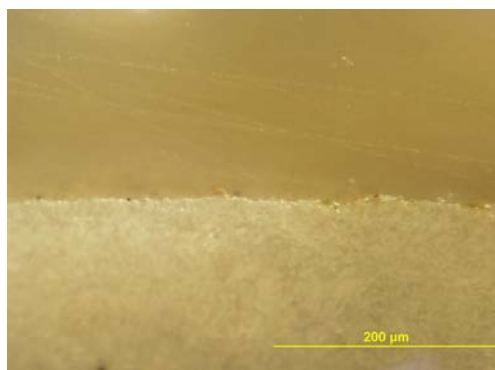
b. Sample location (in detail)



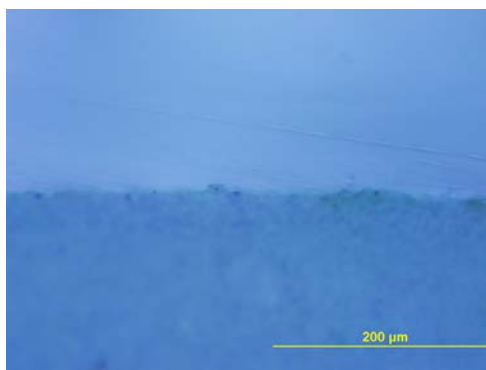
c. Light microscopy image of unmounted sample



d. Light microscopy image under UV-light



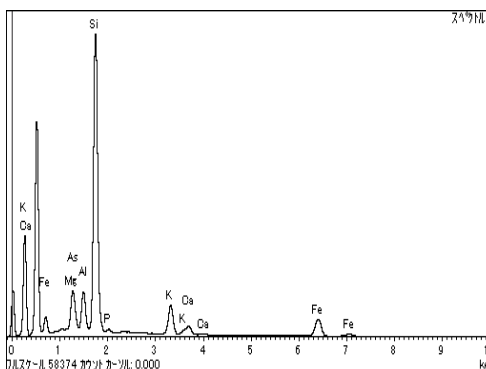
e. Light microscopy image of cross-section



f. Light microscopy image of cross-section under UV-light (the same view as image e)



g. SEM-BSE image of cross-section



h. EDX results

IV-1. Scientific Analysis

Sample: UZM\_009

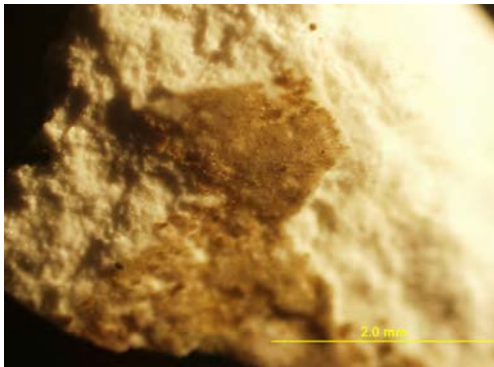
Sample location: Room2 Vaulted ceiling north, nimbus of saint



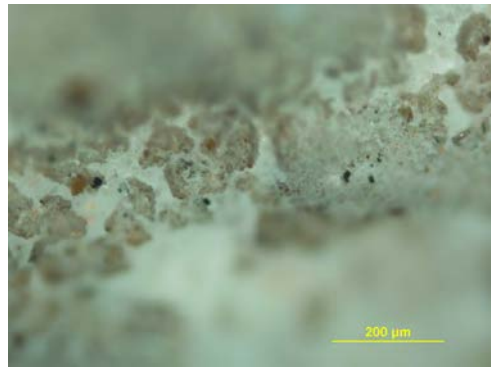
a. Sample location



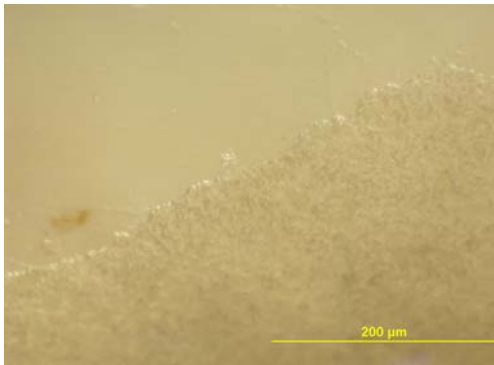
b. Sample location (in detail)



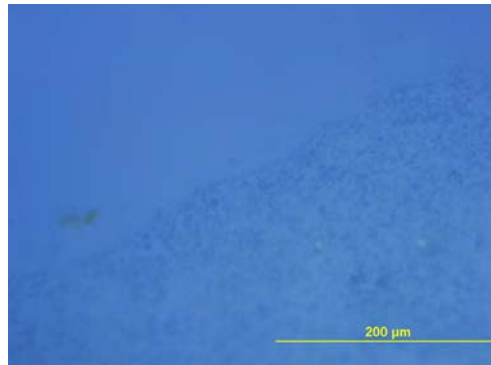
c. Light microscopy image of unmounted sample



d. Light microscopy image under UV-light



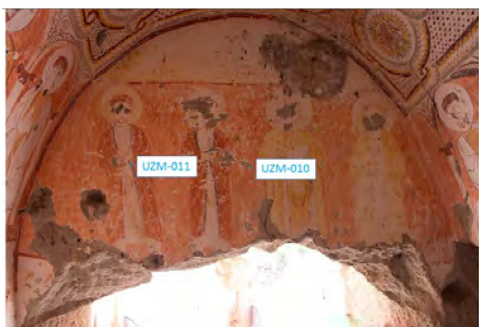
e. Light microscopy image of cross-section



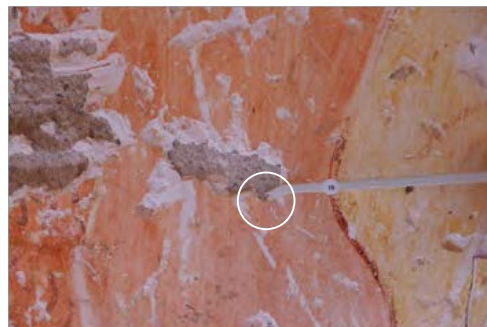
f. Light microscopy image of cross-section under UV-light (the same view as image e)

Sample: UZM\_010

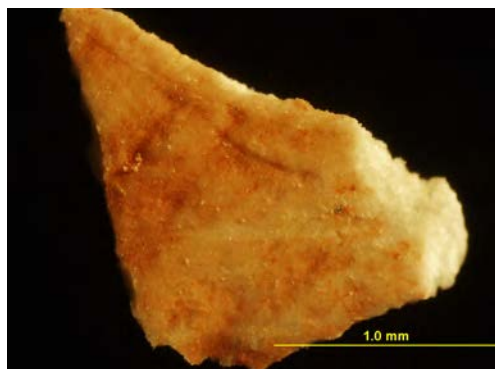
Sample location: Room2 West



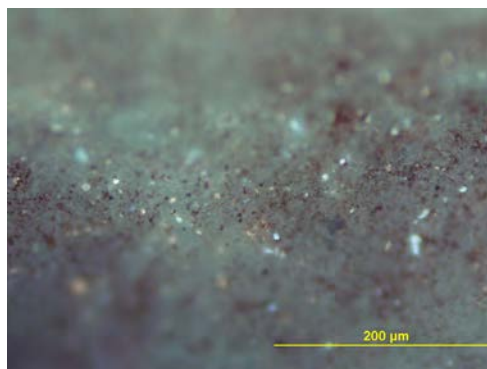
a. Sample location



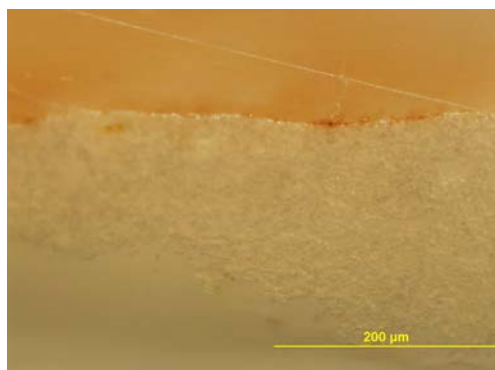
b. Sample location (in detail)



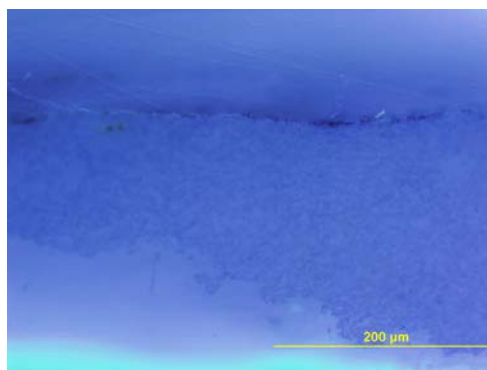
c. Light microscopy image of unmounted sample



d. Light microscopy image under UV-light



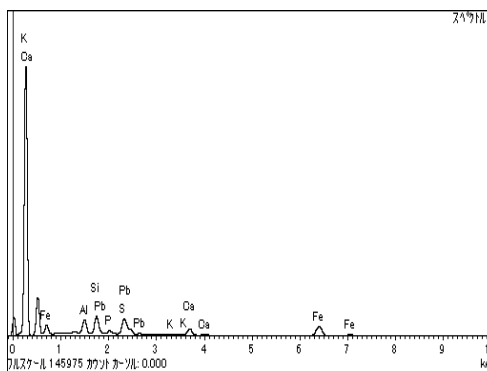
e. Light microscopy image of cross-section



f. Light microscopy image of cross-section under UV-light (the same view as image e)



g. SEM-BSE image of cross-section



h. EDX results

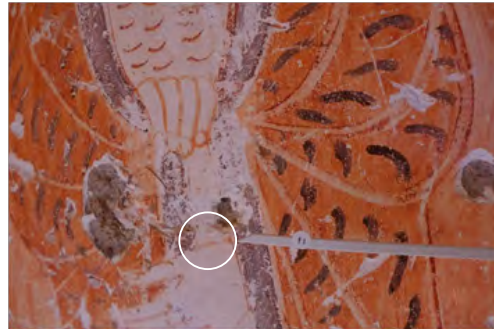
IV-1. Scientific Analysis

Sample: UZM\_011

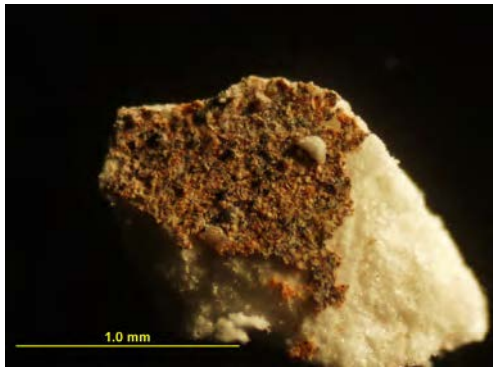
Sample location: Room2 West



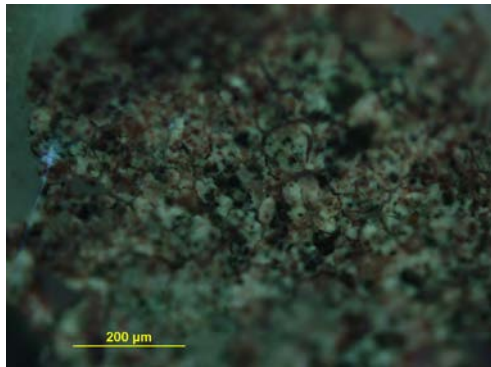
a. Sample location



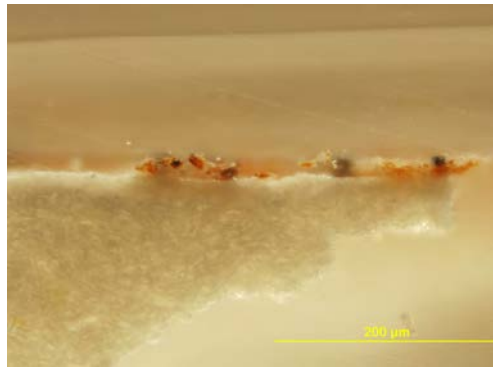
b. Sample location (in detail)



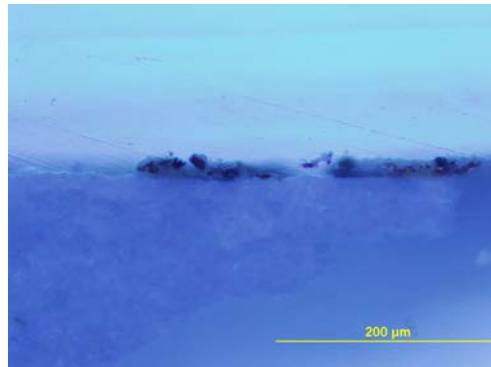
c. Light microscopy image of unmounted sample



d. Light microscopy image under UV-light



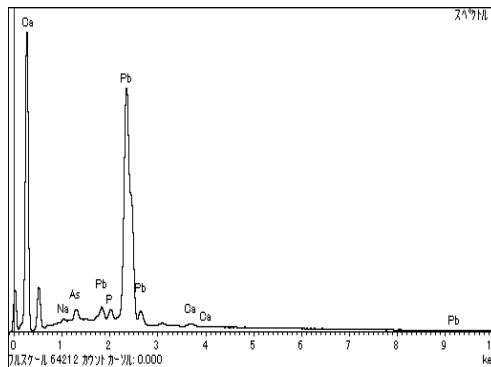
e. Light microscopy image of cross-section



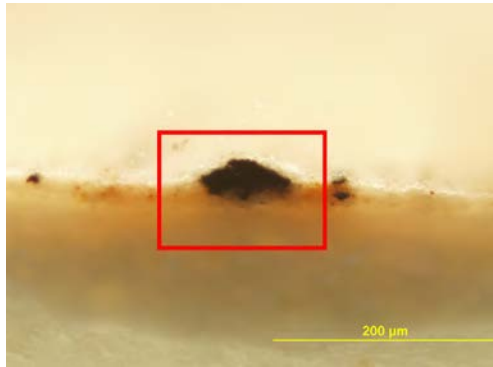
f. Light microscopy image of cross-section under UV-light (the same view as image e)



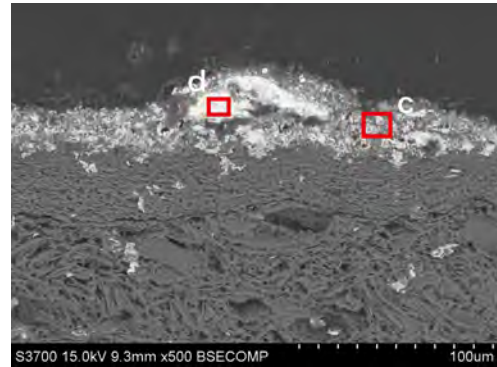
g. SEM-BSE image of cross-section



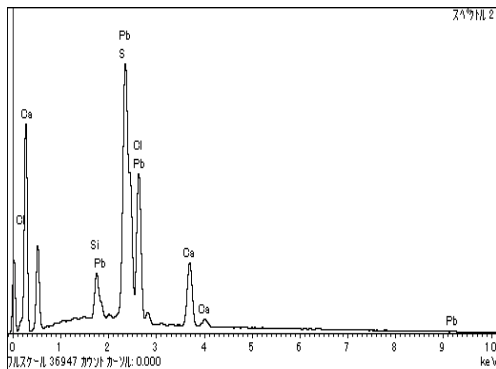
h. EDX results



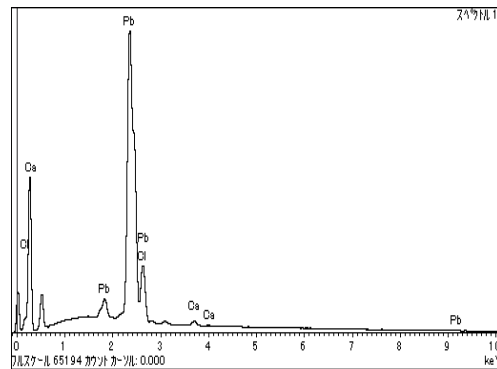
a. Light microscopy image of cross-section



b. SEM-BSE image of cross-section

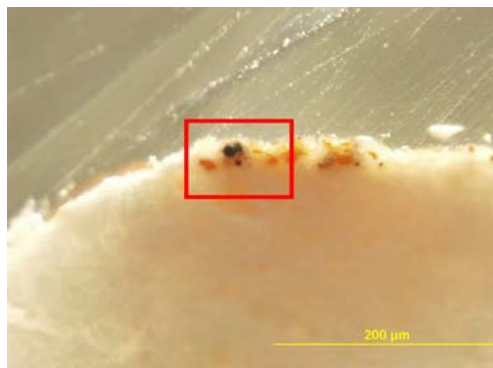


c. EDS spectrum of the red particle

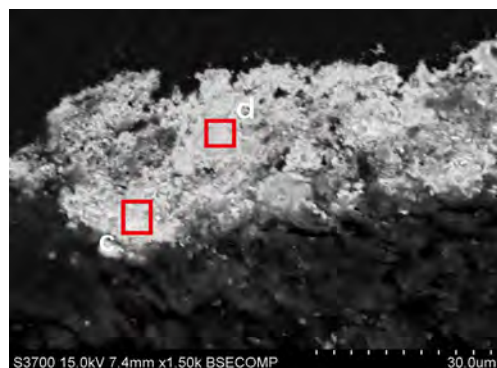


d. EDS spectrum of the black particle

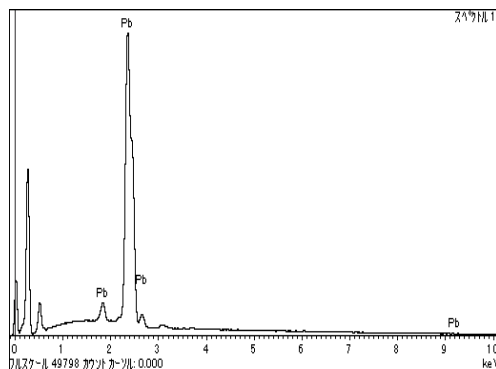
EDS analysis of the particles of color alteration (UZM\_004)



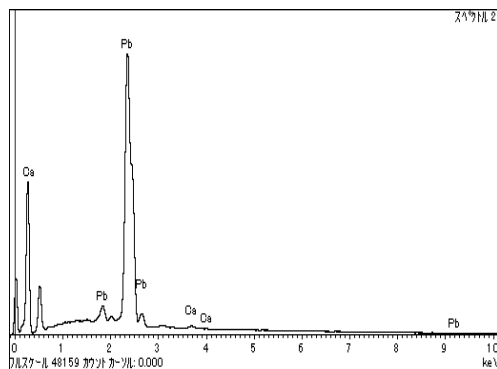
a. Light microscopy image of cross-section



b. SEM-BSE image of cross-section





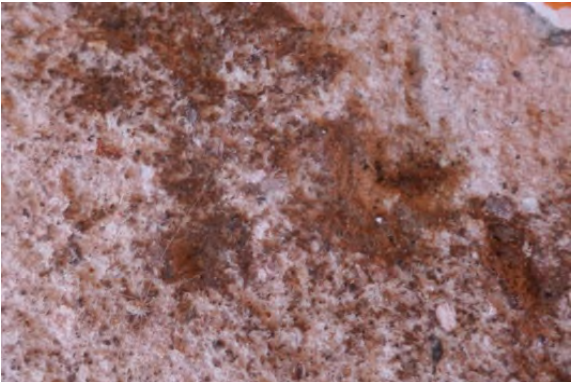
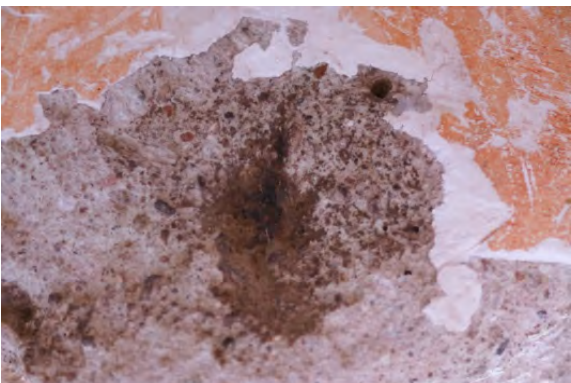
c. EDS spectrum of the red particle



d. EDS spectrum of the black particle

EDS analysis of the particles of color alteration (UZM\_005)

ÜZÜMLÜ CHURCH, CAPPADOCIA  
Condition glossary  
September 2014

ROCK DETERIORATION KAYADA BOZULMA		
	<p>BIYOLOJIC BOZULMA</p>	<p>BIOLOGIC ACTIVITY</p> <p>Evidence of animal inhabitation (insects, spiders). Often, they appear to have inhabited pre-existing fractures in the rock, possibly exacerbating deterioration</p>
	<p>SIYAPLAŞMA</p>	<p>DEPOSITION OF DARK MATERIAL</p> <p>Deposits of dark brown or blackish material on the surface of the rock. Its origin is unclear, but it may be caused by biologic activity (ex. insects, bats). It appears to have been deposited on the stone after a loss of plaster, but this is uncertain – similar deposits do not appear on the surface of the plaster or paint layers. Could it have formed under the plaster and contributed to detachment? If of insect or animal origin, what caused the depopulation?</p>
		
		

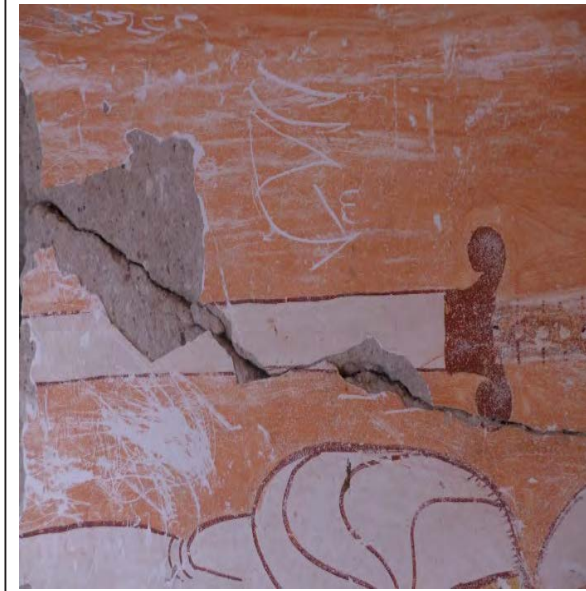




YAPISAL ÇATLAH

STRUCTURAL CRACKS

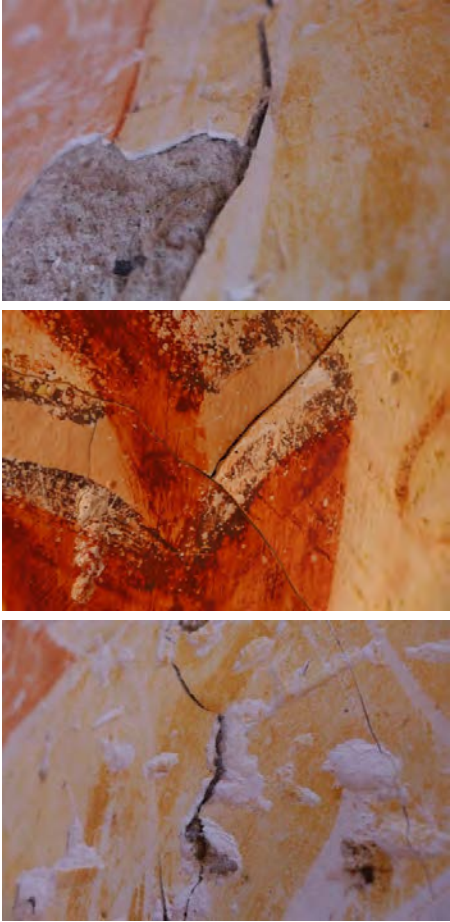

Large cracks which run through the body of the rock, caused by faulting






YÜZEYDE KÜÇÜK ÇATLAK



SPALLING



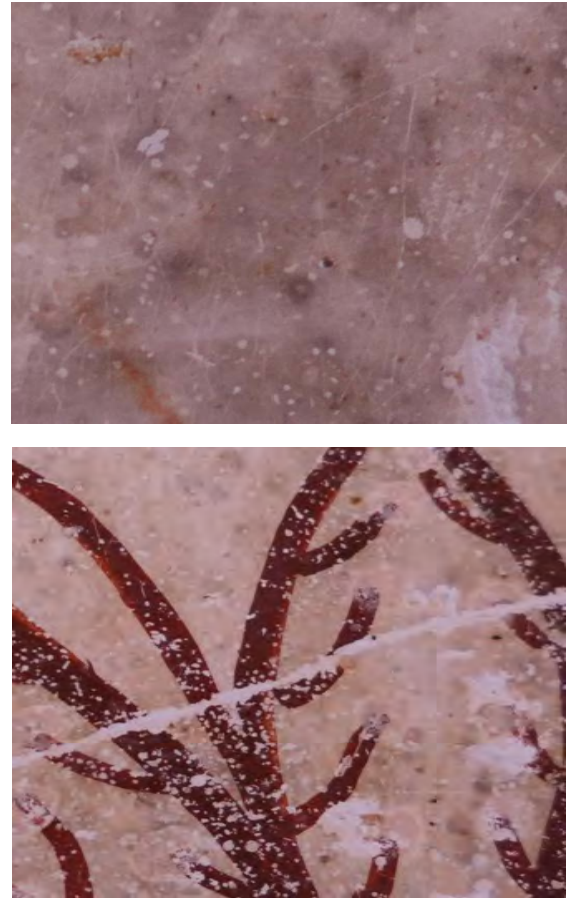
Detachment of the rock on a small scale, in parallel to the surface of the rock, probably more due to internal failure of the rock itself than macro-failure of the structure, though the two factors may be inter-related

PLASTER DETERIORATION SIVADA BOZULMA		
	<p>SIVA TOBAKASINDA AYRILMA</p>	<p>DETACHMENT OF LOWER PLASTER LAYER</p> <p>Loss of adhesion between the lower plaster layer and rock substrate, as assessed by visual evidence alone. In general, the observed detachment appears to result from mechanical damage to the surrounding areas, or structural cracking, though it may be more extensive</p>
	<p>MEKANİK HASARLAR (insan eliyle yapılan hasar)</p>	<p>MECHANICAL DAMAGE</p> <p>Rupture of the painting stratigraphy by human or animal action, causing a variety of damage types: loss of the entire stratigraphy, revealing the underlying rock substrate; loss of the paint layer, ground and part of the lower plaster layer, leaving the interior of the lower plaster layer exposed; loss of only the upper plaster ground, leaving the surface of the lower plaster layer intact; deformation of the painting stratigraphy, which otherwise remain intact. Often appears as scratching, gouging, or denting. Damage was often directed at specific iconographic elements (ex. faces, hands, books).</p>

	<p>BÜTÜN ÇATLAKLAR</p>	<p>CRACKING</p> <p>Cracking of the plaster layer most often resulting from cracking of the rock structure and mechanical damage, though there may be other causes</p>
	<p>DELIKLER (5mm ø)</p>	<p>HOLES</p> <p>Very circular, small holes of approximately 5 mm Ø, which enter into the plaster layer and generally do not reach the substrate. Cause is unknown as of yet.</p>
	<p>GRAFİTİ</p>	<p>INCISED GRAFFITI</p> <p>Inscriptions and drawings incised into the surface of the painting, affecting the paint layer, ground and plaster layer. Some graffiti appears to be ancient (written in Greek; imagery of horses, monks etc), but a significant proportion is modern (based on writing, dates, phone numbers ...).</p>

IV-2. Condition glossary

PAINT LAYER DETERIORATION BOYA TABABASINDA BOZULMA		
	LEKELENMELER	<p>SMEARING</p> <p>Displacement of the paint layer by mechanical action beyond its original location, seen as a spreading of the paint across the surface of the plaster. Generally appears to have been caused by contact with the paint layer, perhaps in combination with the presence of water</p>
	MIKRO KAYIPLAR	<p>MICRO LOSSES</p> <p>Extremely small, rounded losses of the paint layer generally on the order of 0.5-1 mm Ø. Not always confined to specific paint layers, but does appear to be somewhat location-specific</p>

	<p>BİYOLOJİK NEDENLERLE BOYA TABAKASINDA KAYIP</p>	<p>PAIN T LAYER LOSS DUE TO BIOLOGIC ACTIVITY</p> <p>Loss of the paint layer due to the former presence of birds' nests (primarily) which, when separated from the painting surface, removed part of the paint layer</p>
	<p>KOYU GRI LEKELENMELER</p>	<p>DARK GREY VEIL</p> <p>Veil extending over the surface of the painting, dark grey in color, somewhat patchy, and of unclear origin. Does not appear to be soot.</p>
	<p>GRI LEKELENMELER</p>	<p>GREY SPOTTING</p> <p>Faint, circular grey spots, 0.5-3 mm Ø, on the surface of the painting. Origin unclear, but often generally occurs in the same vicinity as the grey veil</p>

IV-2. Condition glossary




	<p>YÜZEY BİRİKİNTİLERİ</p>	<p>SURFACE DEPOSITION</p> <p>Deposition of material on the surface of the painting, such as mud from birds' nests or from later construction in the church (ex. mud plaster)</p>
	<p>BİYOLOJİK BOZULMA</p>	<p>BIOLOGIC DETERIORATION</p> <p>Discoloration (generally dark grey) of certain areas of painting due to animal inhabitation. Has also resulted in the peeling and detachment of the plaster layer in certain areas</p>
	<p>YÜZEYSEL GRAFİTİ</p>	<p>SUPERFICIAL GRAFFITI</p> <p>Graffiti applied to the surface of the painting using a medium such as paint, ink, or graphite. At times the original paint layer used as a medium by taking advantage of its friability/water sensitivity</p>



Table 1. List of the photographic documentation for the wall paintings

No	Scale	Location	Category
<b>Index</b>			
UZM-001	1/100		Plan and Section
<b>Mural condition map of Chamber 1</b>			
UZM-C <sub>1</sub> -001	1/15	Ceiling	Photograph
UZM-C <sub>1</sub> -002	1/15	Ceiling	Rock Deterioration
UZM-C <sub>1</sub> -003	1/15	Ceiling	Plaster Deterioration
UZM-C <sub>1</sub> -004	1/15	Ceiling	Paint Deterioration
UZM-C <sub>1</sub> -005	1/25	Intrados of Entrance Arch	Photograph
UZM-C <sub>1</sub> -006	1/25	Intrados of Entrance Arch	Rock Deterioration
UZM-C <sub>1</sub> -007	1/25	Intrados of Entrance Arch	Plaster Deterioration
UZM-C <sub>1</sub> -008	1/25	Intrados of Entrance Arch	Paint Deterioration
UZM-C <sub>1</sub> -009	1/15	North Arch	Photograph
UZM-C <sub>1</sub> -010	1/15	North Arch	Rock Deterioration
UZM-C <sub>1</sub> -011	1/15	North Arch	Plaster Deterioration
UZM-C <sub>1</sub> -012	1/15	North Arch	Paint Deterioration
UZM-C <sub>1</sub> -013	1/10	South Wall	Photograph
UZM-C <sub>1</sub> -014	1/10	South Wall	Rock Deterioration
UZM-C <sub>1</sub> -015	1/10	South Wall	Plaster Deterioration
UZM-C <sub>1</sub> -016	1/10	South Wall	Paint Deterioration
UZM-C <sub>1</sub> -017	1/10	West Wall	Photograph
UZM-C <sub>1</sub> -018	1/10	West Wall	Rock Deterioration
UZM-C <sub>1</sub> -019	1/10	West Wall	Plaster Deterioration
UZM-C <sub>1</sub> -020	1/10	West Wall	Paint Deterioration
UZM-C <sub>1</sub> -021	1/10	East Wall	Photograph
UZM-C <sub>1</sub> -022	1/10	East Wall	Rock Deterioration
UZM-C <sub>1</sub> -023	1/10	East Wall	Plaster Deterioration
UZM-C <sub>1</sub> -024	1/10	East Wall	Paint Deterioration

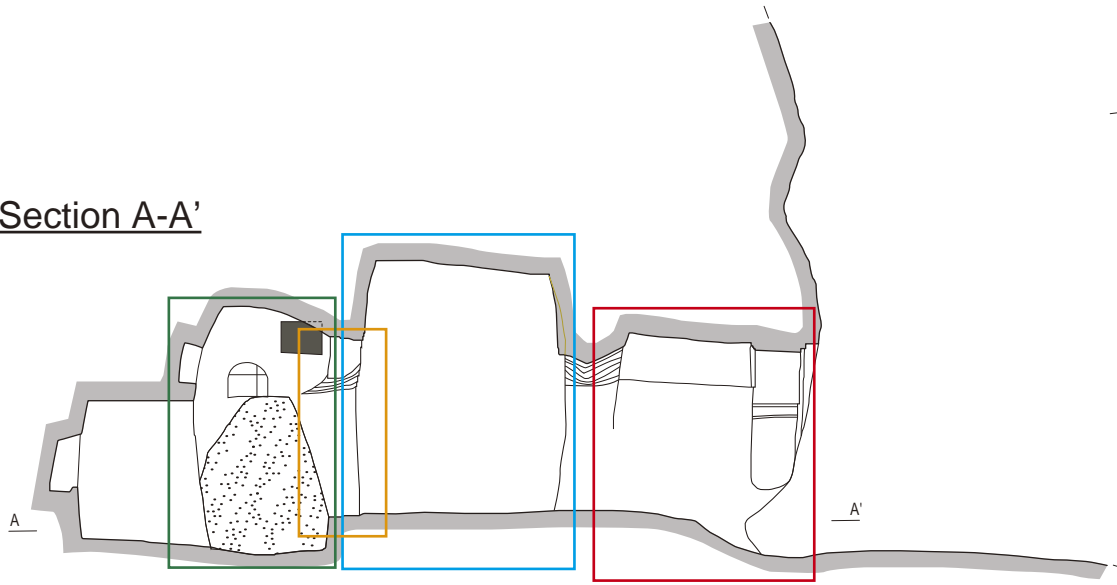


## List of Plates

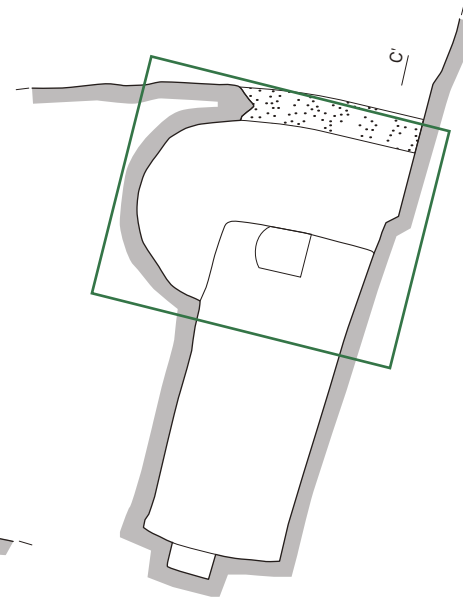
No	Scale	Location	Category
<b>Index</b>			
UZM-001	1/100		Plan and Section
<b>Mural condition map of Chamber 1</b>			
UZM-C <sub>1</sub> -001	1/15	Ceiling	Photograph
UZM-C <sub>1</sub> -002	1/15	Ceiling	Rock Deterioration
UZM-C <sub>1</sub> -003	1/15	Ceiling	Plaster Deterioration
UZM-C <sub>1</sub> -004	1/15	Ceiling	Paint Deterioration
UZM-C <sub>1</sub> -005	1/25	Intrados of Entrance Arch	Photograph
UZM-C <sub>1</sub> -006	1/25	Intrados of Entrance Arch	Rock Deterioration
UZM-C <sub>1</sub> -007	1/25	Intrados of Entrance Arch	Plaster Deterioration
UZM-C <sub>1</sub> -008	1/25	Intrados of Entrance Arch	Paint Deterioration
UZM-C <sub>1</sub> -009	1/15	North Arch	Photograph
UZM-C <sub>1</sub> -010	1/15	North Arch	Rock Deterioration
UZM-C <sub>1</sub> -011	1/15	North Arch	Plaster Deterioration
UZM-C <sub>1</sub> -012	1/15	North Arch	Paint Deterioration
UZM-C <sub>1</sub> -013	1/10	South Wall	Photograph
UZM-C <sub>1</sub> -014	1/10	South Wall	Rock Deterioration
UZM-C <sub>1</sub> -015	1/10	South Wall	Plaster Deterioration
UZM-C <sub>1</sub> -016	1/10	South Wall	Paint Deterioration
UZM-C <sub>1</sub> -017	1/10	West Wall	Photograph
UZM-C <sub>1</sub> -018	1/10	West Wall	Rock Deterioration
UZM-C <sub>1</sub> -019	1/10	West Wall	Plaster Deterioration
UZM-C <sub>1</sub> -020	1/10	West Wall	Paint Deterioration
UZM-C <sub>1</sub> -021	1/10	East Wall	Photograph
UZM-C <sub>1</sub> -022	1/10	East Wall	Rock Deterioration
UZM-C <sub>1</sub> -023	1/10	East Wall	Plaster Deterioration
UZM-C <sub>1</sub> -024	1/10	East Wall	Paint Deterioration

No	Scale	Location	Category
<b>Mural condition map of Chamber 2</b>			
UZM-C <sub>2</sub> -001	1/20	Ceiling	Photograph
UZM-C <sub>2</sub> -002	1/20	Ceiling	Rock Deterioration
UZM-C <sub>2</sub> -003	1/20	Ceiling	Plaster Deterioration
UZM-C <sub>2</sub> -004	1/20	Ceiling	Paint Deterioration
UZM-C <sub>2</sub> -005	1/15	South Wall	Photograph
UZM-C <sub>2</sub> -006	1/15	South Wall	Rock Deterioration
UZM-C <sub>2</sub> -007	1/15	South Wall	Plaster Deterioration
UZM-C <sub>2</sub> -008	1/15	South Wall	Paint Deterioration
UZM-C <sub>2</sub> -009	1/10	West Wall	Photograph
UZM-C <sub>2</sub> -010	1/10	West Wall	Rock Deterioration
UZM-C <sub>2</sub> -011	1/10	West Wall	Plaster Deterioration
UZM-C <sub>2</sub> -012	1/10	West Wall	Paint Deterioration
UZM-C <sub>2</sub> -013	1/10	East Wall	Photograph
UZM-C <sub>2</sub> -014	1/10	East Wall	Rock Deterioration
UZM-C <sub>2</sub> -015	1/10	East Wall	Plaster Deterioration
UZM-C <sub>2</sub> -016	1/10	East Wall	Paint Deterioration
<b>Mural condition map of Transversal Arch</b>			
UZM-C <sub>2,3</sub> -001	1/10	Intrados of Transversal Arch	Photograph
UZM-C <sub>2,3</sub> -002	1/10	Intrados of Transversal Arch	Rock Deterioration
UZM-C <sub>2,3</sub> -003	1/10	Intrados of Transversal Arch	Plaster Deterioration
UZM-C <sub>2,3</sub> -004	1/10	Intrados of Transversal Arch	Paint Deterioration
<b>Mural condition map of Chamber 3</b>			
UZM-C <sub>3</sub> -001	1/20	Ceiling	Photograph
UZM-C <sub>3</sub> -002	1/20	Ceiling	Rock Deterioration
UZM-C <sub>3</sub> -003	1/20	Ceiling	Plaster Deterioration
UZM-C <sub>3</sub> -004	1/20	Ceiling	Paint Deterioration
UZM-C <sub>3</sub> -005	1/10	South-eastern Wall	Photograph
UZM-C <sub>3</sub> -006	1/10	South-eastern Wall	Rock Deterioration
UZM-C <sub>3</sub> -007	1/10	South-eastern Wall	Plaster Deterioration
UZM-C <sub>3</sub> -008	1/10	South-eastern Wall	Paint Deterioration

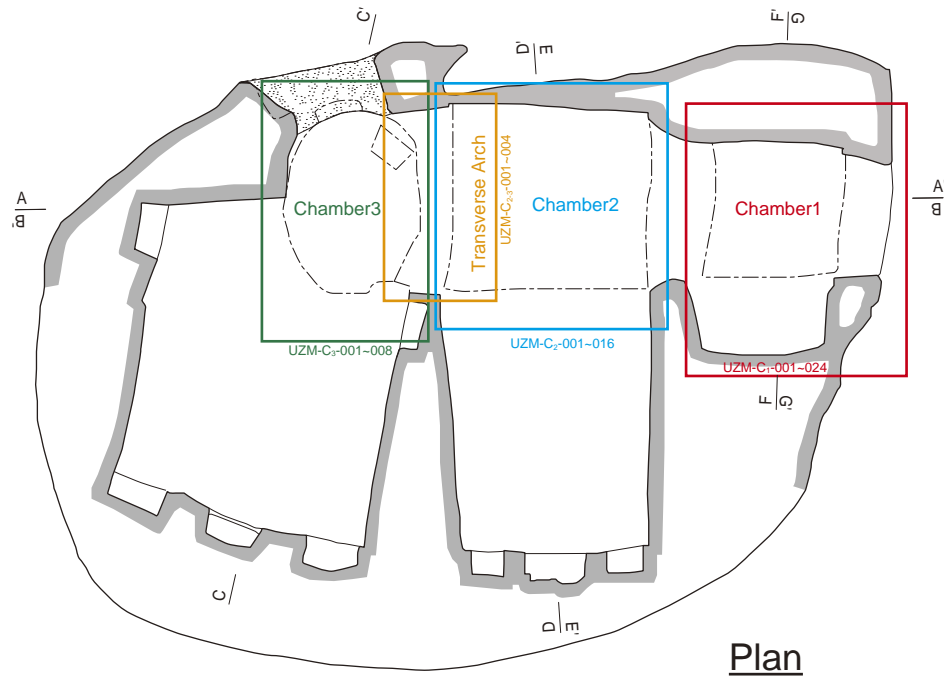
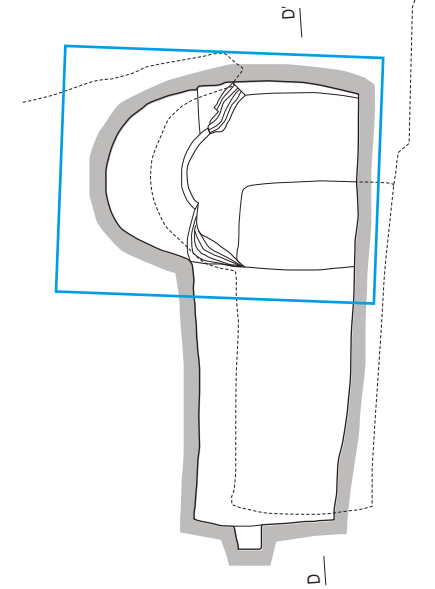
**Section A-A'**



**Section C-C'**



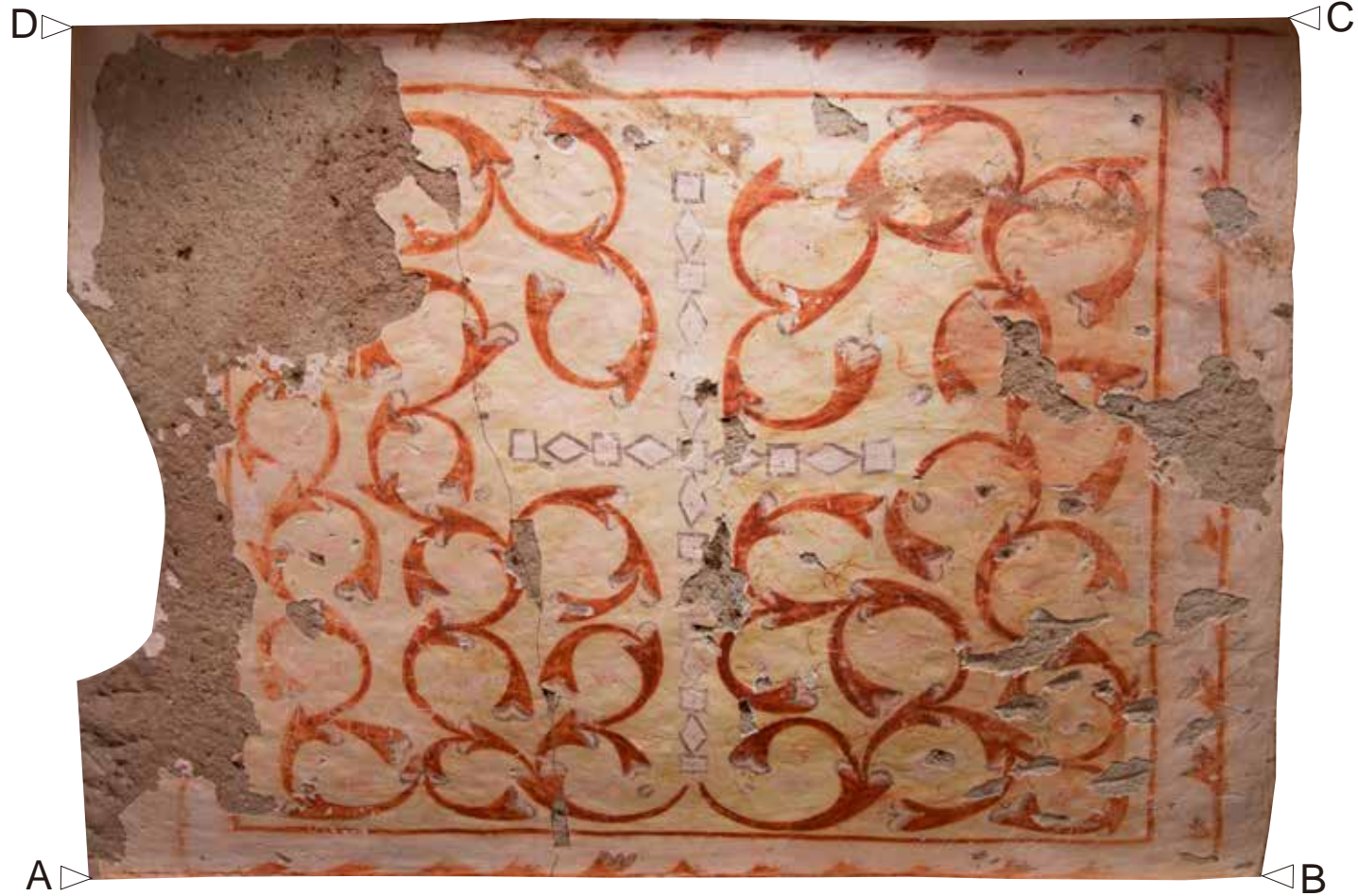
**Section D-D'**



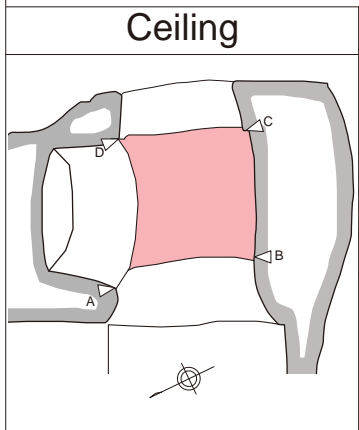
**Plan**



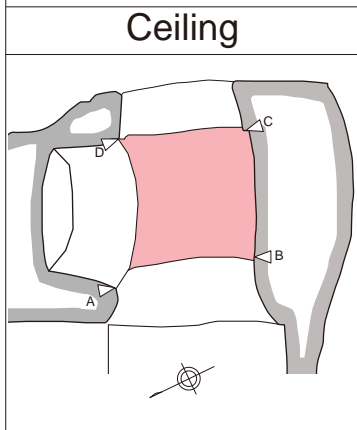
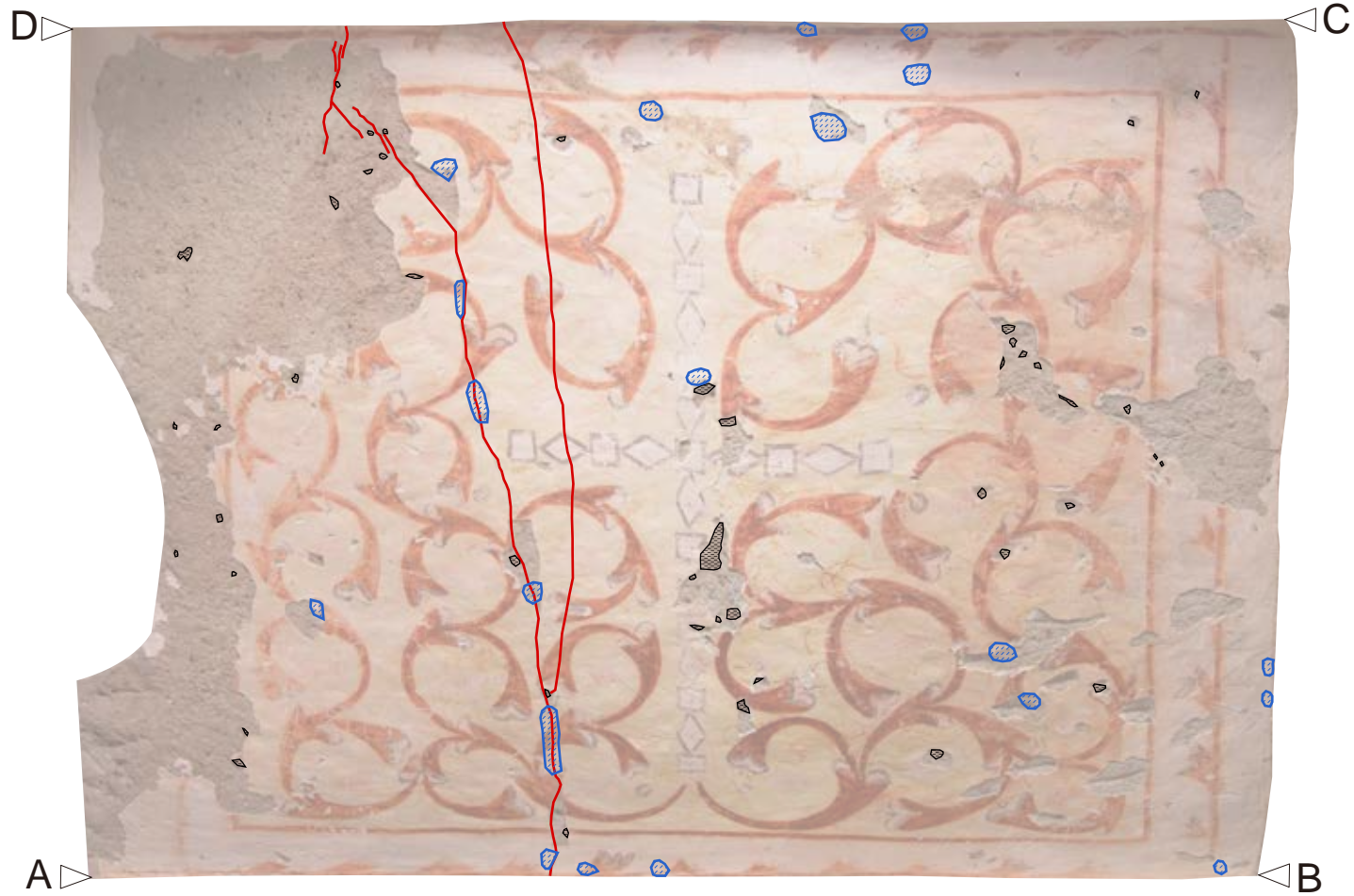
Site Name	Cappadocia
Church Name (Turkish)	Üzümlü Kilise
Church Name (English)	Chapel of Niketas the Stylite
Subject	Index
Scale	1/100
Plate No.	Plate 001 UZM-001





0 1.0 (m)




Church Name (Turkish)	Üzümlü Kilise		Subject	Mural condition map	
Church Name (Turkish)	Chapel of Niketas the Stylite		Scale	1/15	Category
Location	Ceiling of Chamber 1		Plate No.	Plate002 UZM-C <sub>1</sub> -001	
					Photograph

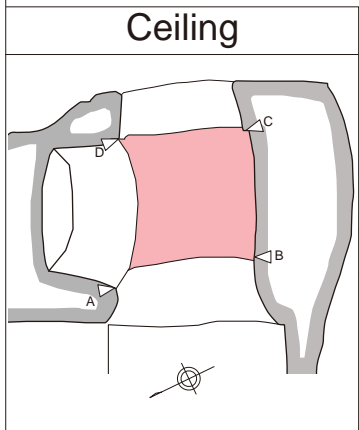


**LEGEND** A: Rock Deterioration

 Deposition of Dark Material    
  Structural Cracks

 Biologic Activity

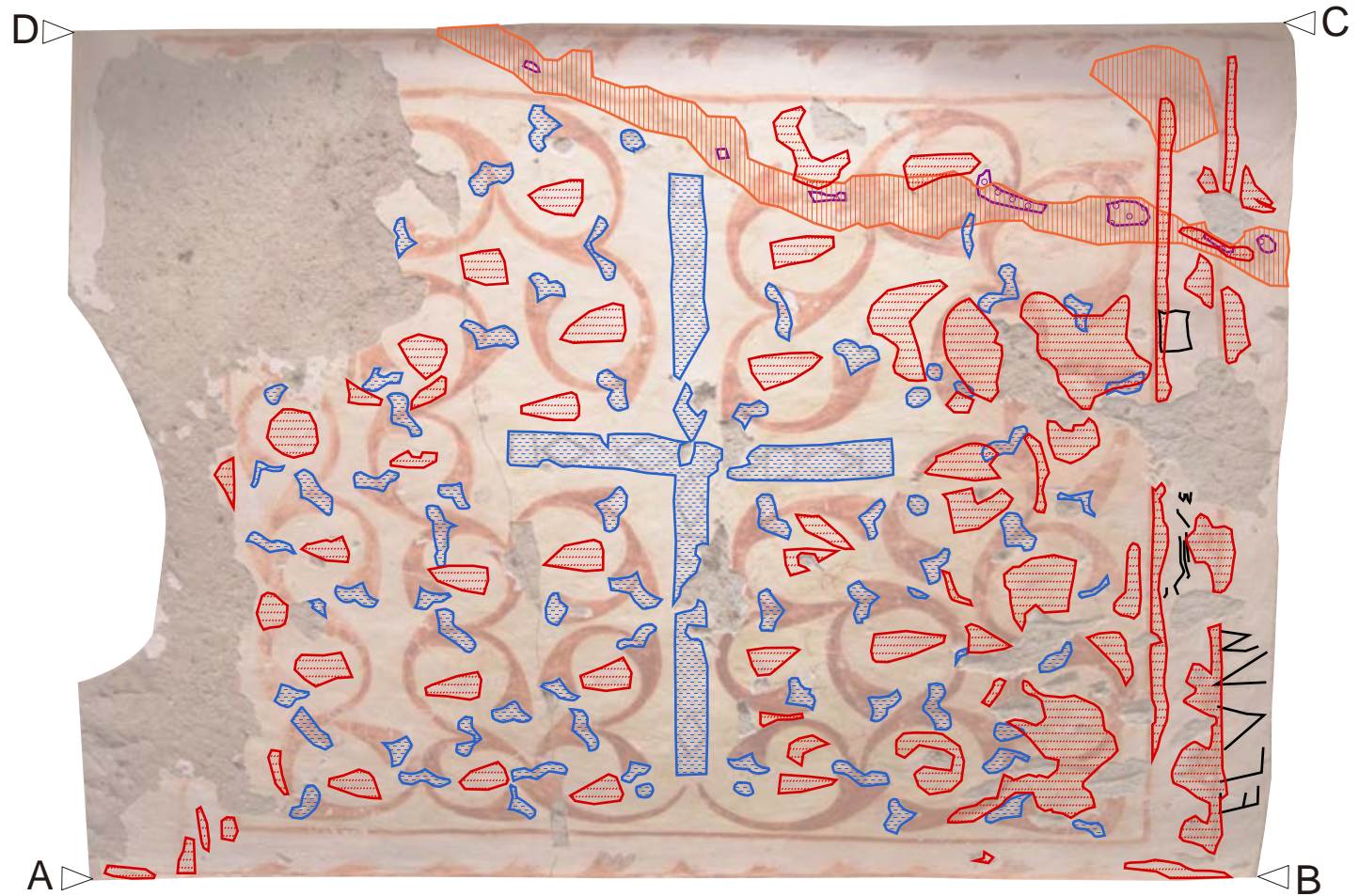
Church Name (Turkish)		Subject	
Üzümlü Kilise		Mural condition map	
Church Name (Turkish)		Scale	Category
Chapel of Niketas the Stylite		1/15	A
Location		Plate No.	
Ceiling of Chamber 1		Plate003 UZM-C <sub>1</sub> -002	



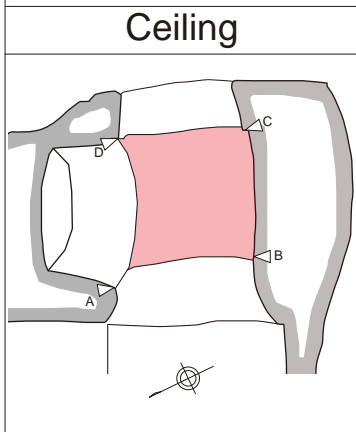
**LEGEND**

Incised Graffiti	Mechanical Damage
Detachment of Lower Layer	Cracking
Old Greek Graffiti	Holes

Church Name (Turkish)		Subject	
Üzümlü Kilise		Mural condition map	
Church Name (Turkish)		Scale	Category
Chapel of Niketas the Stylite		1/15	B
Location		Plate No.	
Ceiling of Chamber 1		Plate004 UZM-C <sub>1</sub> -003	



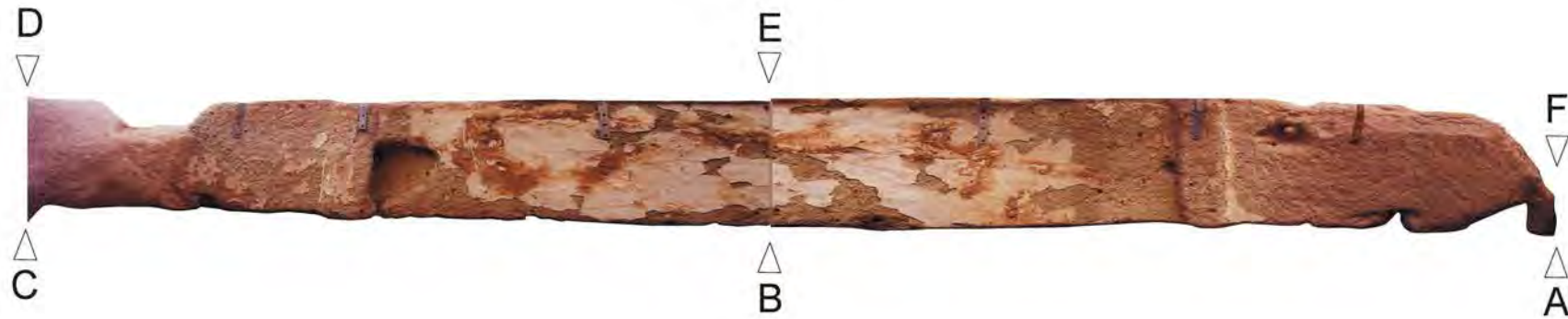
0 1.0 (m)



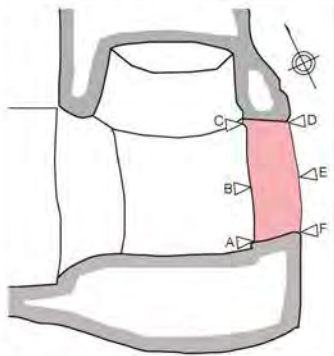
LEGEND C: Paint Deterioration

- Smearing
- Surface Deposition
- Superficial Graffiti
- Biological Deposition
- Micro Losses
- Paint Loss due to Biological Activity

Church Name (Turkish)		Subject	
Üzümlü Kilise		Mural condition map	
Church Name (Turkish)		Scale	Category
Chapel of Niketas the Stylite		1/15	C
Location		Plate No.	
Ceiling of Chamber 1		Plate005 UZM-C <sub>1</sub> -004	



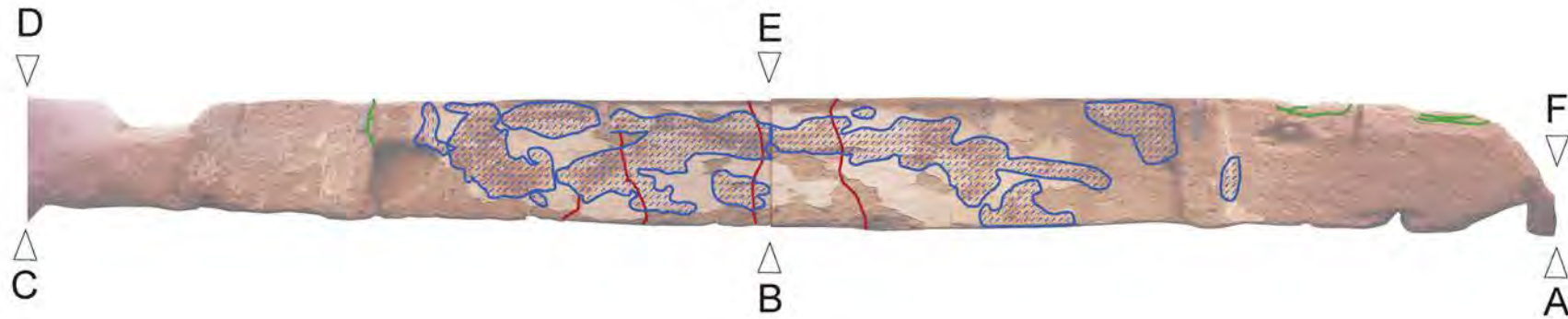
Ceiling



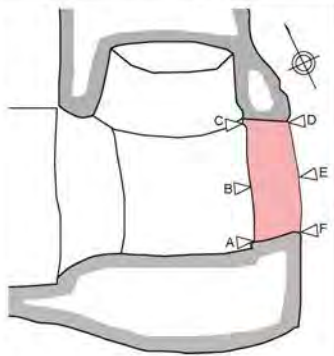
0 1.0 (m)

Church Name (Turkish)	Subject	
Üzümlü Kilise	Mural condition map	
Church Name (Turkish)	Scale	Category
Chapel of Niketas the Stylite	1/20	Photograph
Location	Plate No.	
Intrados of Entrance Arch	Plate006 UZM-R <sub>1</sub> -005	





Ceiling



0 1.0 (m)

**LEGEND** A: Rock Deterioration



Biologic Activity

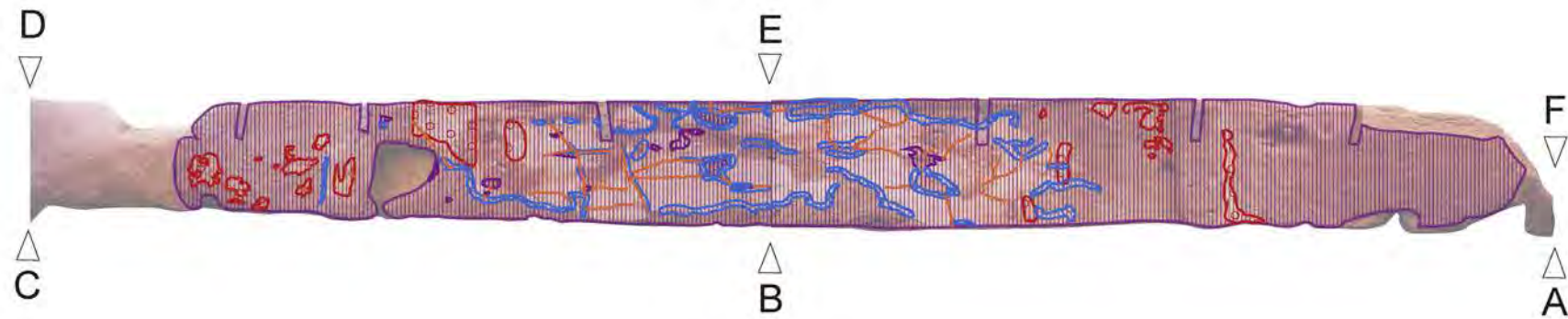


Structural Cracks

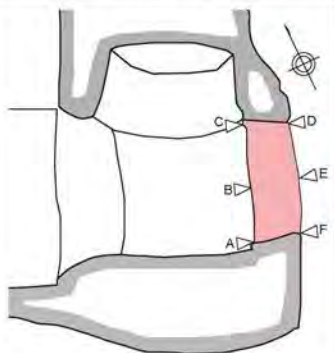


Spalling

Church Name (Turkish)		Subject	
Üzümlü Kilise		Mural condition map	
Church Name (Turkish)		Scale	Category
Chapel of Niketas the Stylite		1/20	A
Location		Plate No.	
Intrados of Entrance Arch		Plate007 UZM-C <sub>1</sub> -006	



Ceiling



0 1.0 (m)

**LEGEND** B: Plaster Deterioration



Incised Graffiti



Mechanical Damage

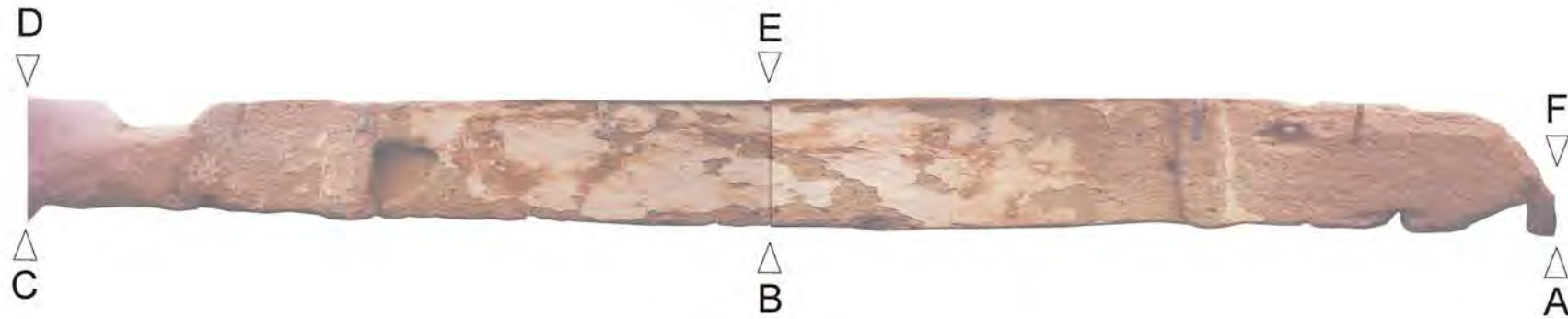


Detachment of Lower Layer

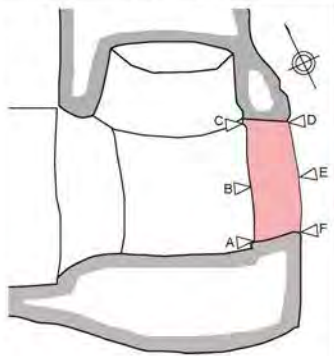


Cracking

Church Name (Turkish)	Üzümlü Kilise		Subject	Mural condition map
Church Name (Turkish)	Scale	Category		
Chapel of Niketas the Stylite	1/20	B		
Location	Plate No.			
Intrados of Entrance Arch	Plate008 UZM-C <sub>1</sub> -007			



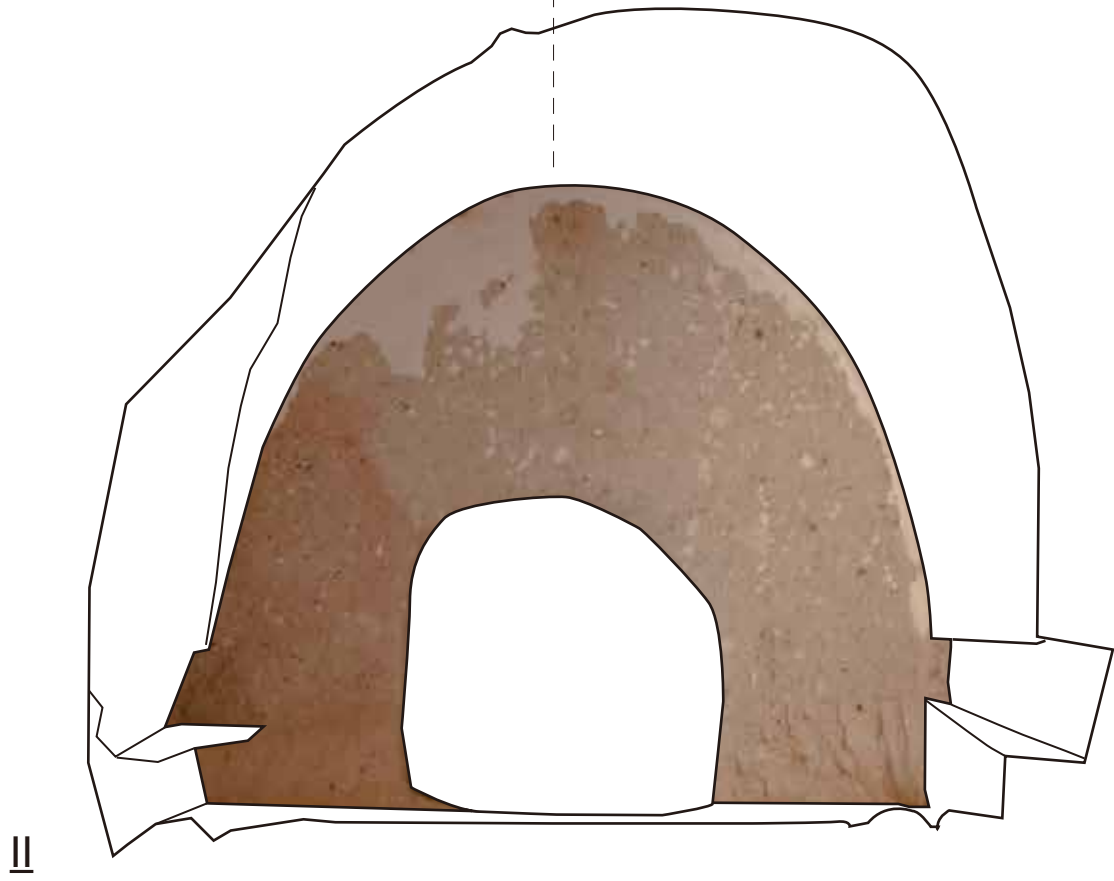
Ceiling



LEGEND C: Paint Deterioration

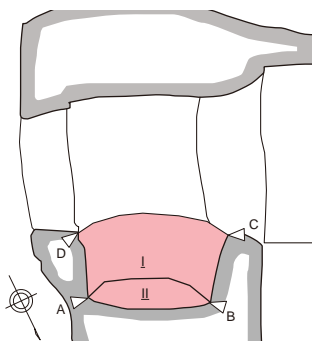


Church Name (Turkish)		Subject	
Üzümlü Kilise		Mural condition map	
Church Name (Turkish)	Scale	Category	
Chapel of Niketas the Stylite	1/20	C	
Location		Plate No.	
Intrados of Entrance Arch		Plate009 UZM-C <sub>1</sub> -008	

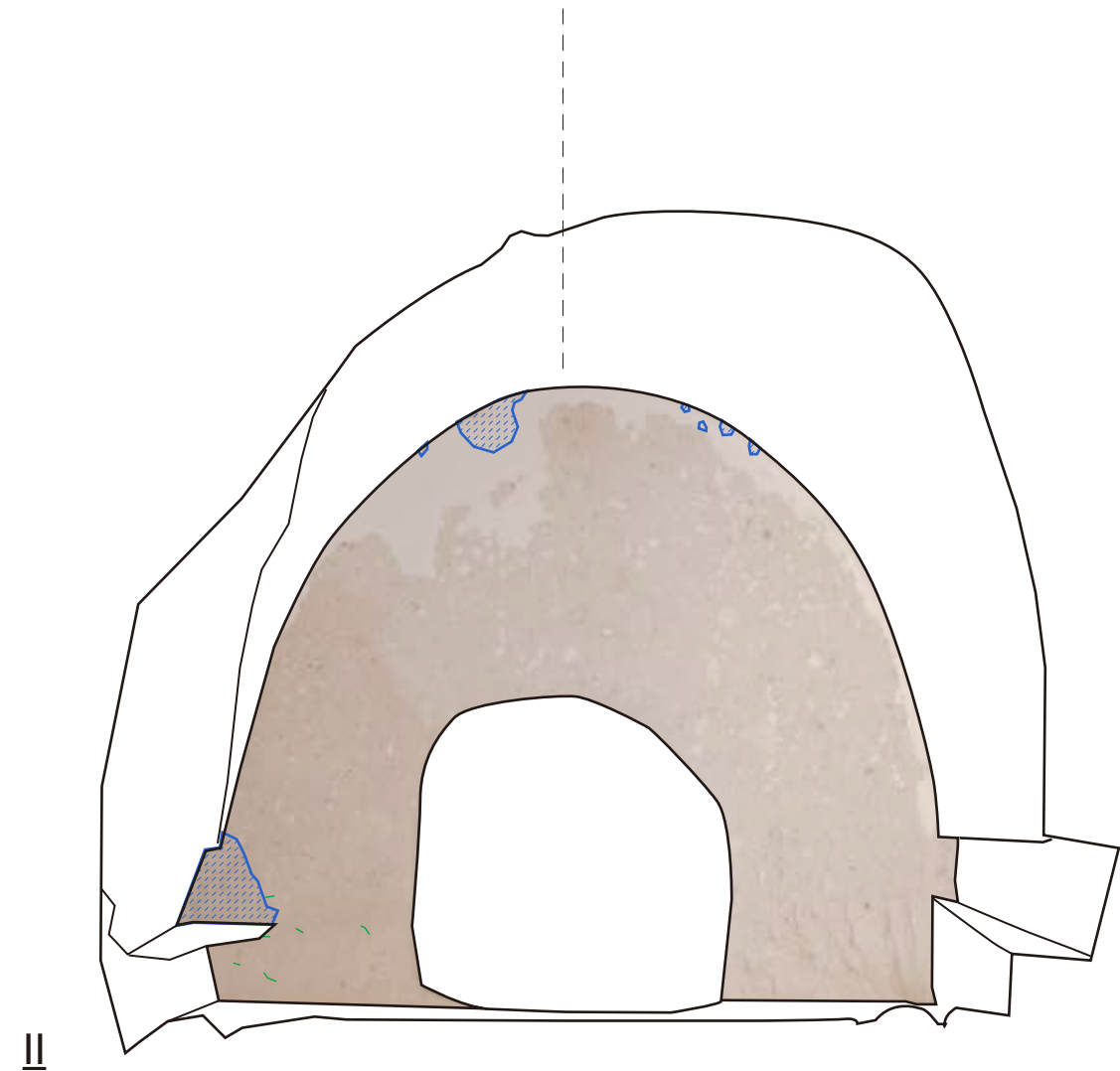
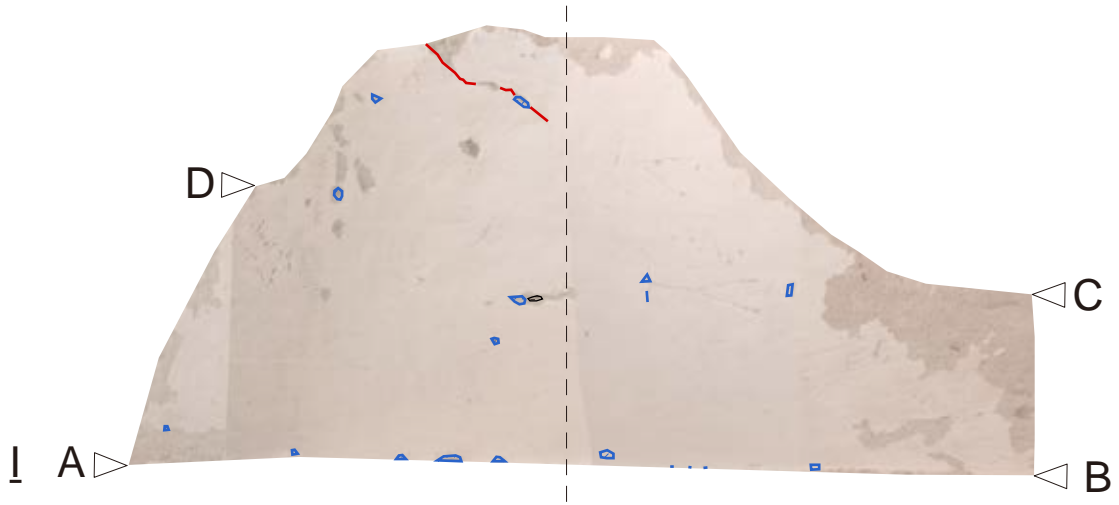


0 1.0 (m)

Ceiling

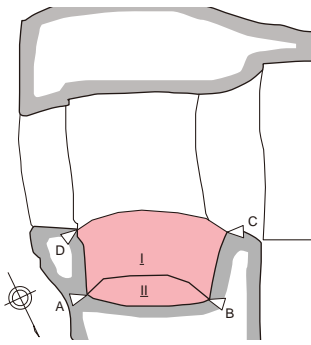


Church Name (Turkish)	
Üzümlü Kilise	
Church Name (English)	
Chapel of Niketas the Stylite	
Location	
North Arch of Chamber 1	
Subject	
Mural condition map	
Scale	Category
1/15	Photograph
Plate No.	
Plate 010 UZM-C <sub>1</sub> -009	



0 1.0 (m)

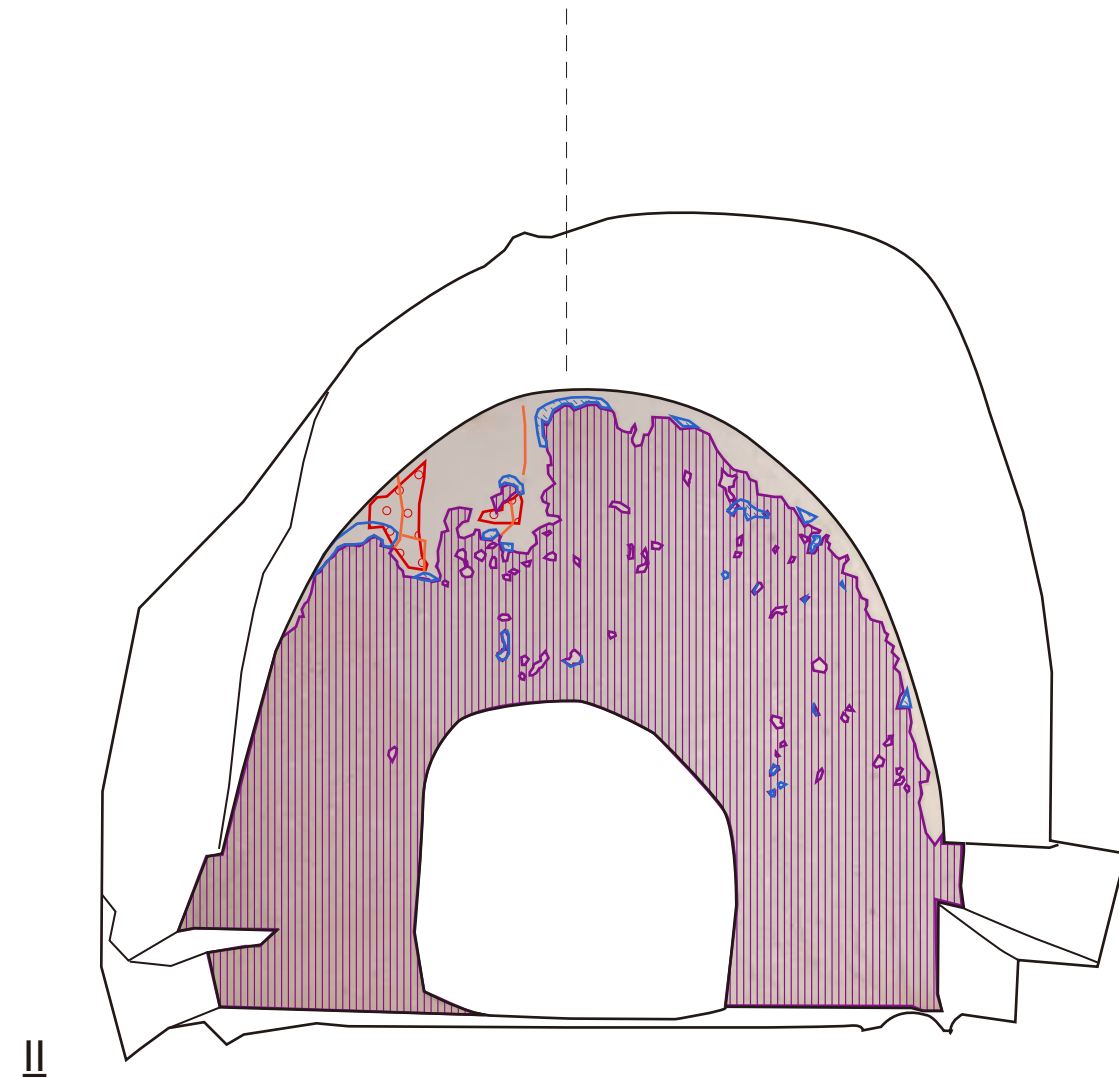
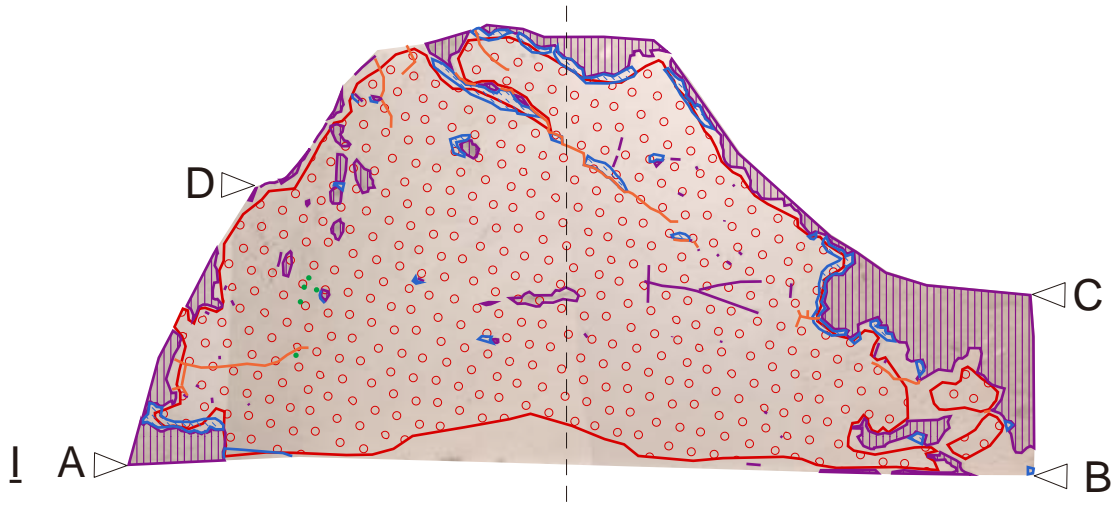
Ceiling



LEGEND A: Rock Deterioration

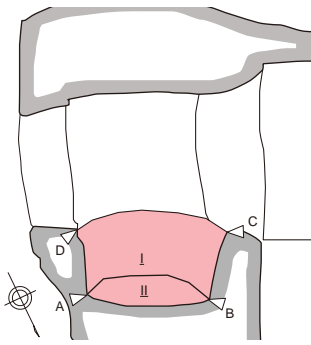
- Deposition of Dark Material
- Spalling
- Structural Cracks
- Biologic Activity

Church Name (Turkish)	
Üzümlü Kilise	
Church Name (English)	
Chapel of Niketas the Stylite	
Location	
North Arch of Chamber 1	
Subject	
Mural condition map	
Scale	Category
1/15	A
Plate No.	
Plate 011 UZM-C <sub>1</sub> -010	








0 1.0 (m)

Ceiling

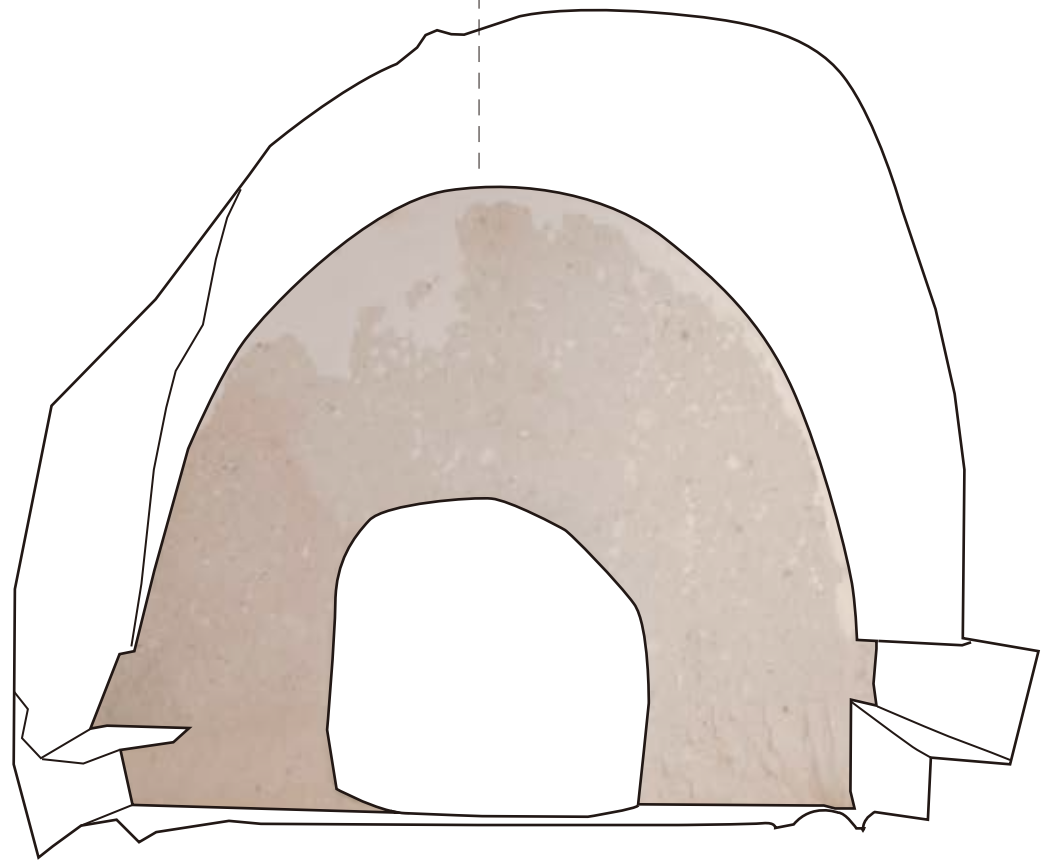
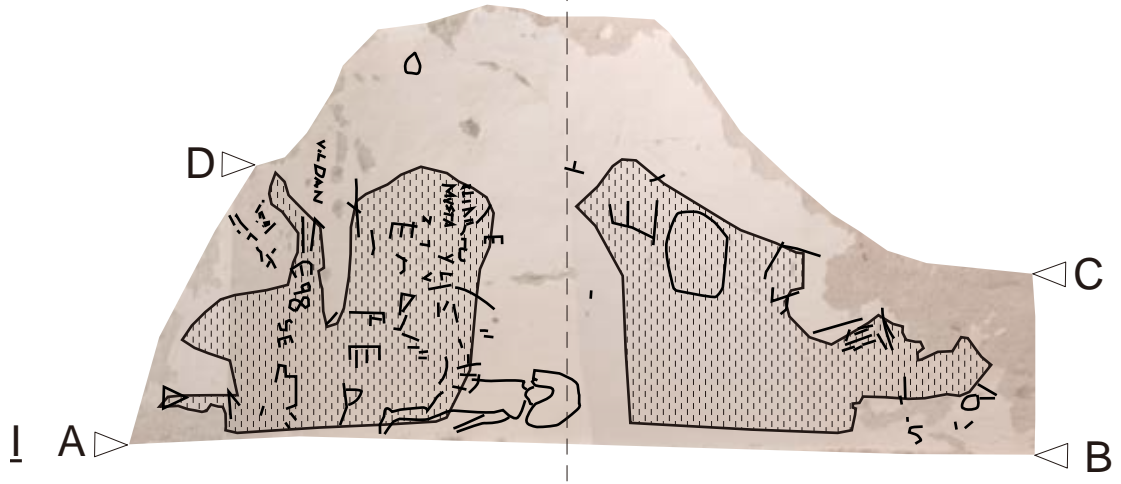


LEGEND B: Plaster Deterioration

-  Incised Graffiti
-  Detachment of Lower Layer
-  Mechanical Damage
-  Cracking
-  Holes

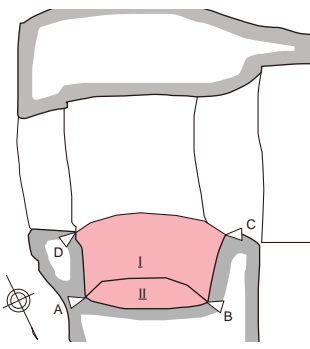
Church Name (Turkish)	
Üzümlü Kilise	
Church Name (English)	
Chapel of Niketas the Stylite	
Location	
North Arch of Chamber 1	
Subject	
Mural condition map	
Scale	Category
1/15	B
Plate No.	
Plate 012 UZM-C <sub>1</sub> -011	

IV-3. Documentation of wall paintings



0 1.0 (m)

Ceiling



LEGEND C: Paint Deterioration

 Dark Grey Veil

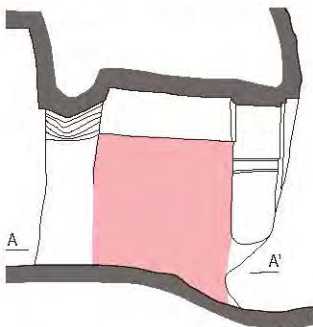
 Superficial Graffiti

Church Name (Turkish)	
Üzümlü Kilise	
Church Name (English)	
Chapel of Niketas the Stylite	
Location	
North Arch of Chamber 1	
Subject	
Mural condition map	
Scale	Category
1/15	C
Plate No.	
Plate 013 UZM-C1-012	



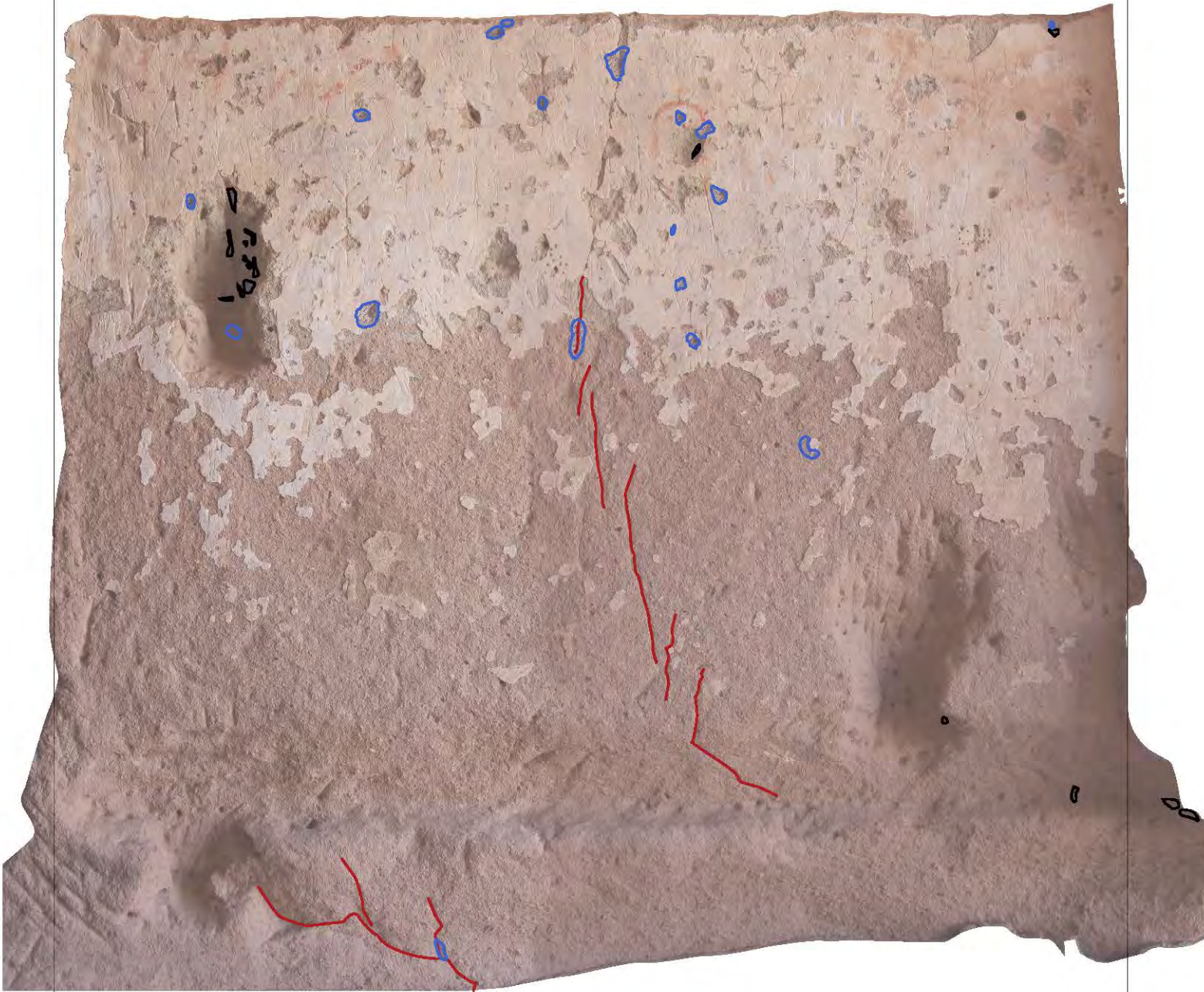
0 0.5 (m)

Section A-A'



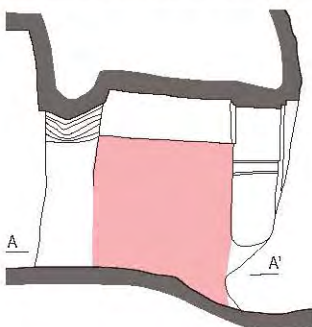
Church Name (Turkish)	
Üzümlü Kilise	
Church Name (English)	
Chapel of Niketas the Stylite	
Location	
South Wall of Chamber 1	
Subject	
Mural condition map	
Scale	Category
1/10	Photograph
Plate No.	
Plate014 UZM-C1-013	








0 0.5 (m)

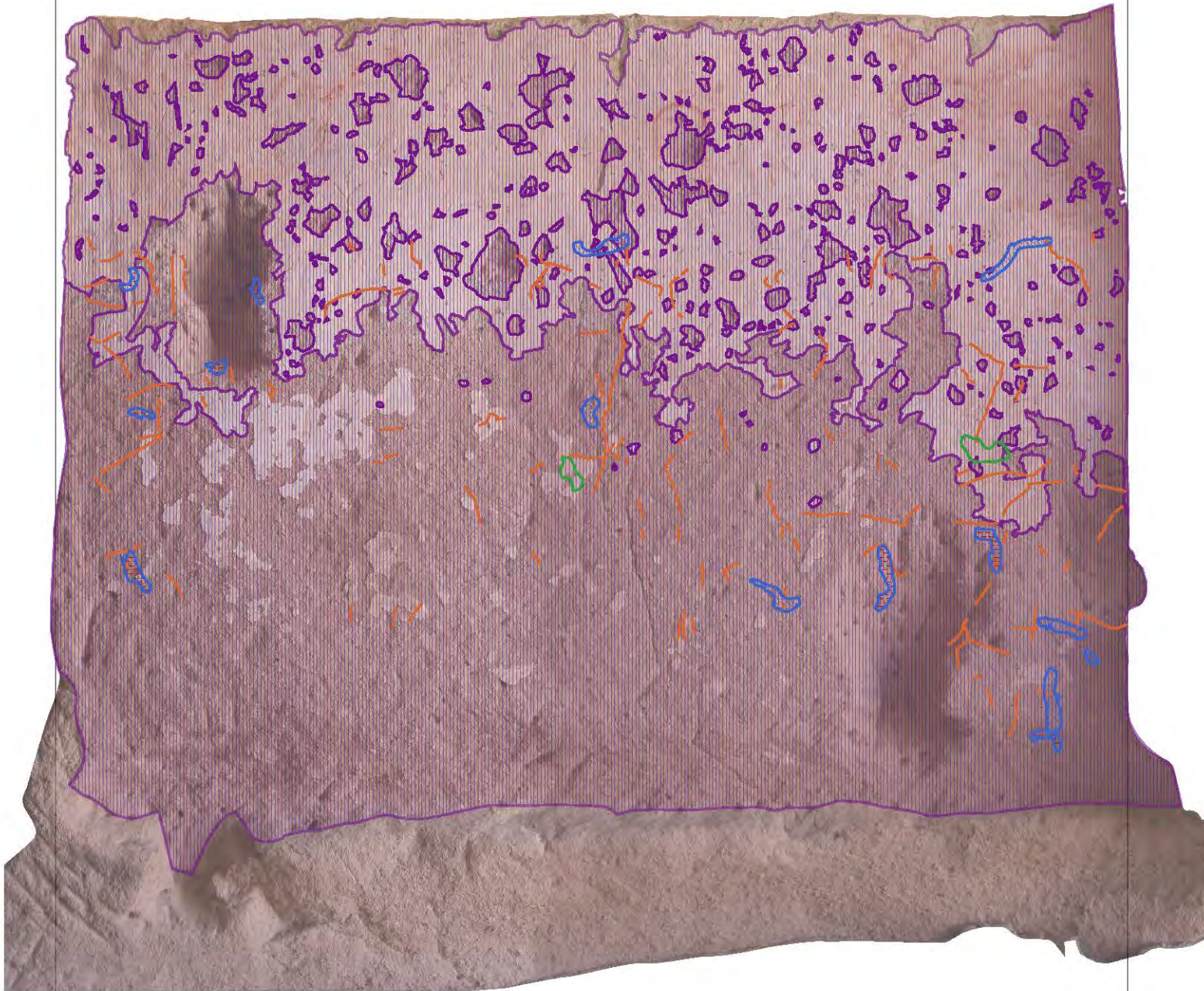
Section A-A'



LEGEND A: Rock Deterioration

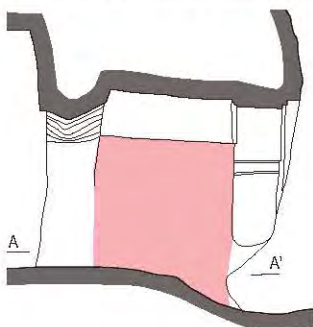
-  Deposition of Dark Material
-  Biologic Activity
-  Structural Cracks

Church Name (Turkish)	
Üzümlü Kilise	
Church Name (English)	
Chapel of Niketas the Stylite	
Location	
South Wall of Chamber 1	
Subject	
Mural condition map	
Scale	Category
1/10	A
Plate No.	
Plate015 UZM-C1-014	



0 0.5 (m)

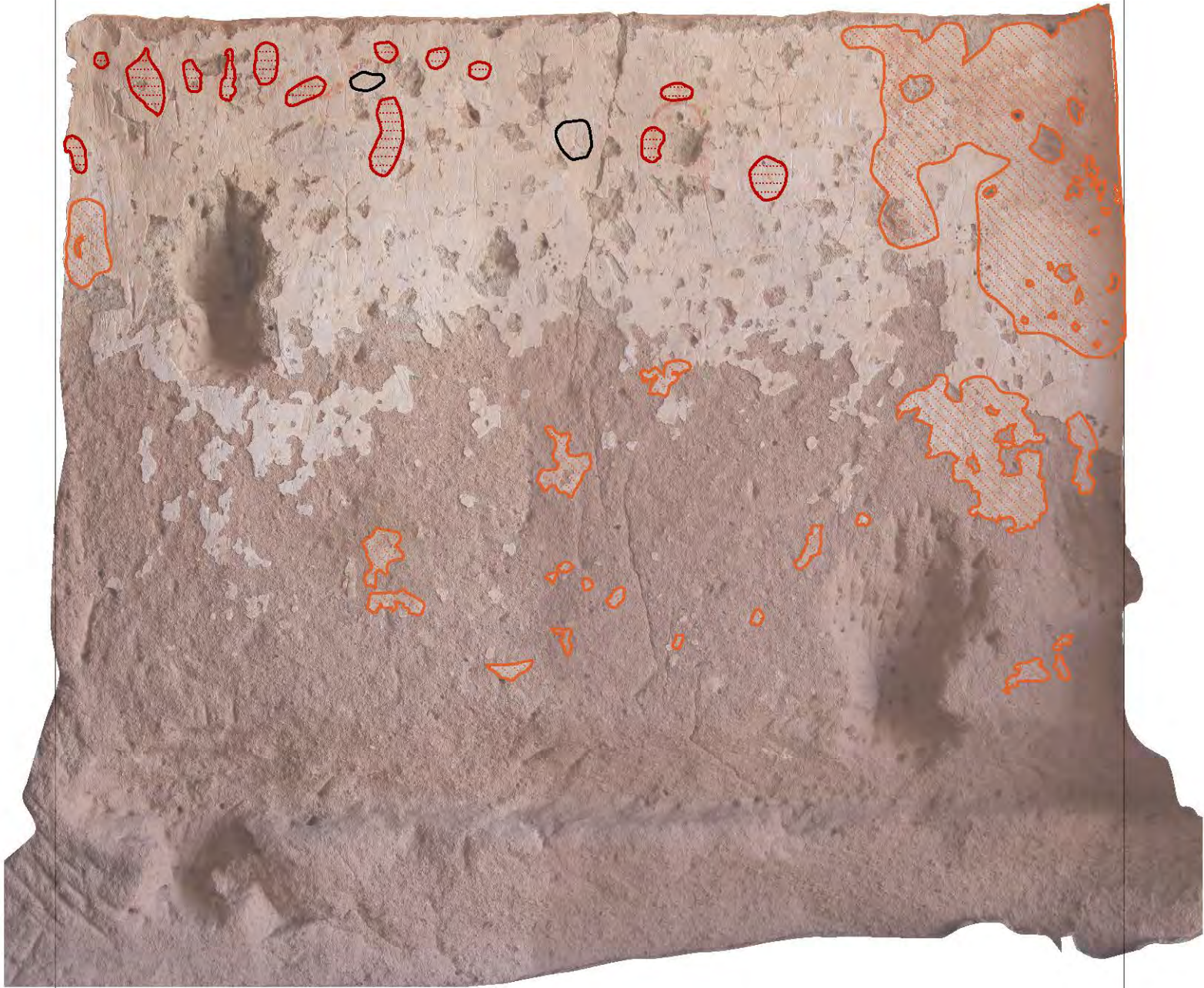
Section A-A'



LEGEND B: Plaster Deterioration

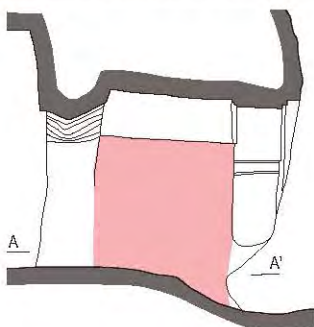
-  Detachment of Lower Layer
-  Mechanical Damage
-  Cracking
-  Holes

Church Name (Turkish)	
Üzümlü Kilise	
Church Name (English)	
Chapel of Niketas the Stylite	
Location	
South Wall of Chamber 1	
Subject	
Mural condition map	
Scale	Category
1/10	B
Plate No.	
Plate016 UZM-C1-015	



0 0.5 (m)

Section A-A'



LEGEND C: Paint Deterioration

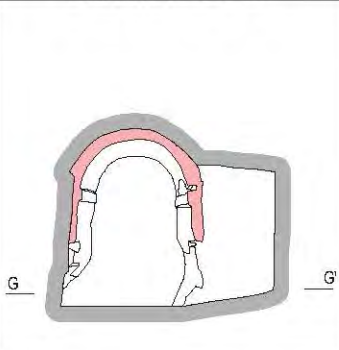
- Smearing
- Surface Deposition
- Superficial Graffiti

Church Name (Turkish)	
Üzümlü Kilise	
Church Name (English)	
Chapel of Niketas the Stylite	
Location	
South Wall of Chamber 1	
Subject	
Mural condition map	
Scale	Category
1/10	C
Plate No.	
Plate017 UZM-C1-016	

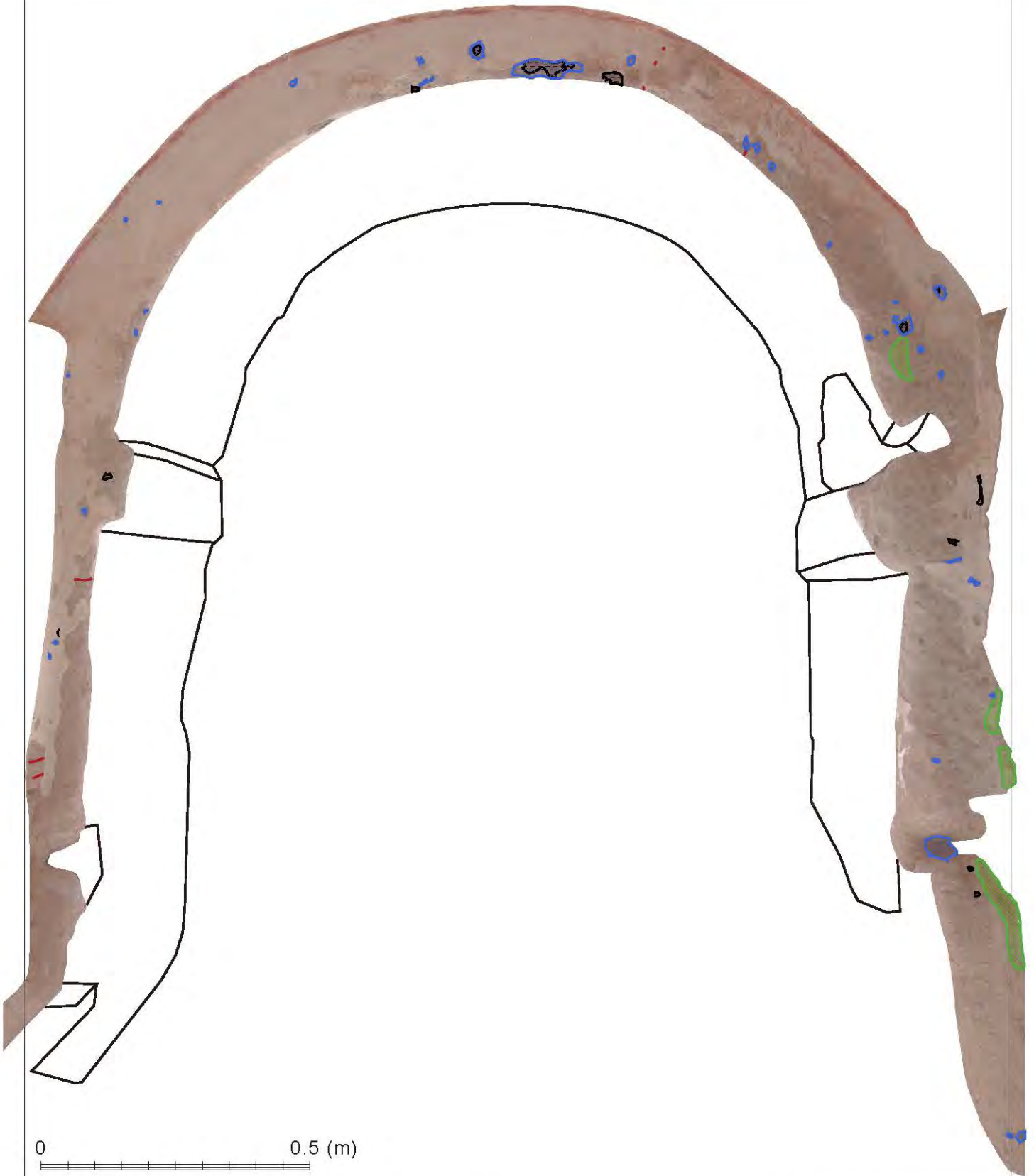


0 0.5 (m)

Section G-G'



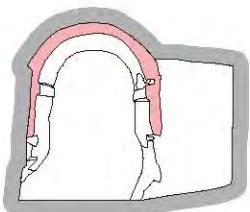
Church Name (Turkish)		Üzümlü Kilise
Church Name (English)		Chapel of Niketas the Stylite
Location		West Wall of Chamber 1
Subject		Mural condition map
Scale	Category	
1/10	Photograph	
Plate No.		Plate018 UZM-C1-017



Section G-G'

LEGEND A: Rock Deterioration

-  Deposition of Dark Material
-  Biologic Activity
-  Spalling
-  Structural Cracks



Church Name (Turkish)	
Üzümlü Kilise	
Church Name (English)	
Chapel of Niketas the Stylite	
Location	
West Wall of Chamber 1	
Subject	
Mural condition map	
Scale	Category
1/10	A
Plate No.	
Plate019 UZM-C1-018	

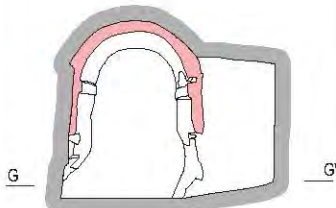


0 0.5 (m)

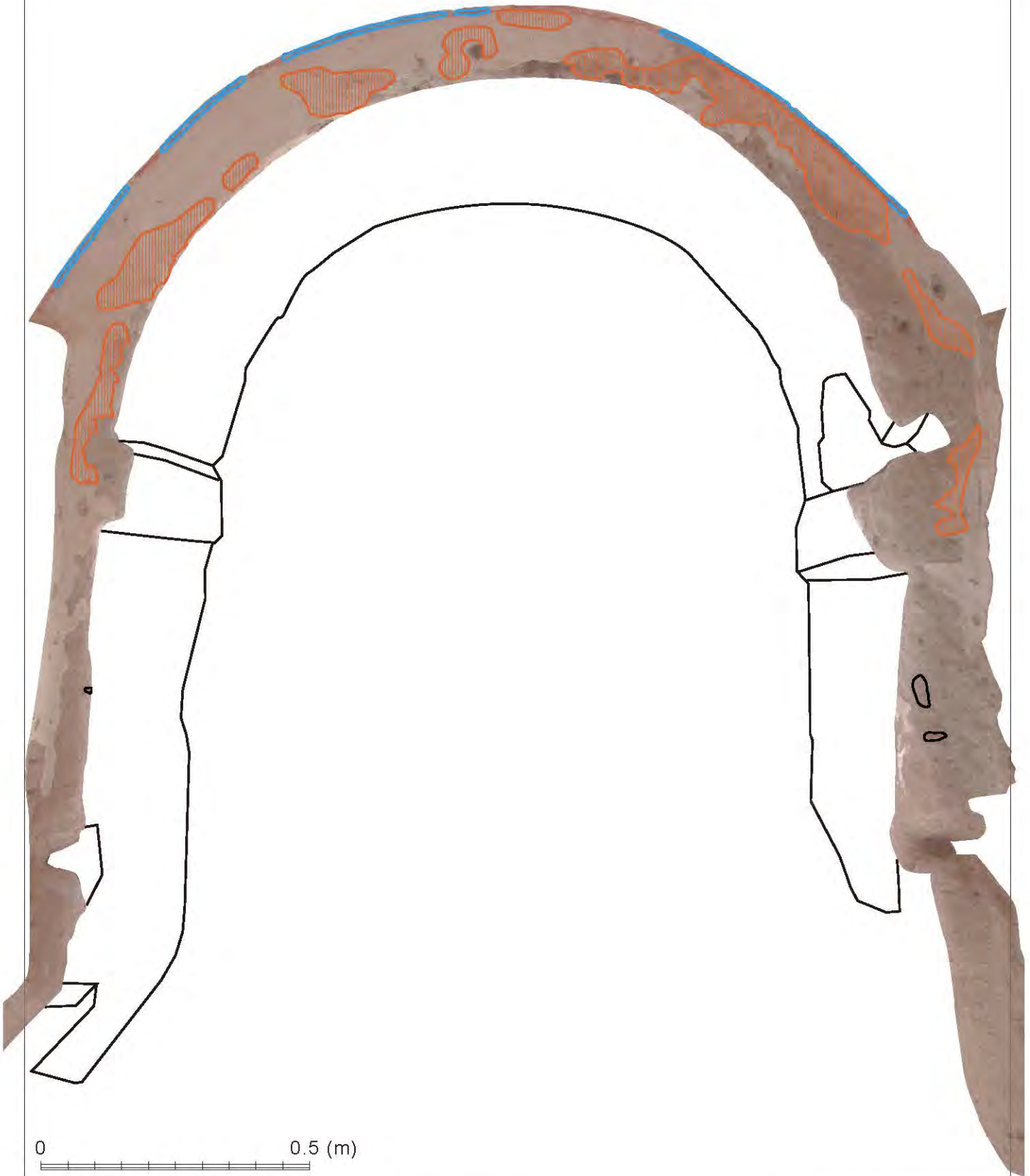
Section G-G'

LEGEND B: Plaster Deterioration

-  Incised Graffiti
-  Detachment of Lower Layer
-  Mechanical Damage
-  Cracking
-  Holes



Church Name (Turkish)	
Üzümlü Kilise	
Church Name (English)	
Chapel of Niketas the Stylite	
Location	
West Wall of Chamber 1	
Subject	
Mural condition map	
Scale	Category
1/10	B
Plate No.	
Plate020 UZM-C1-019	

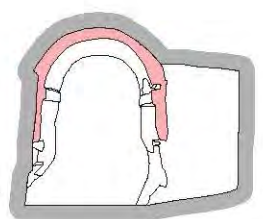


0 0.5 (m)

Section G-G'

LEGEND C: Paint Deterioration

- Smearing
- Surface Deposition
- Superficial Graffiti
- Biological Deposition
- Paint Loss due to Biological Activity
- Micro Losses
- Grey Spotting
- Dark Grey Veil

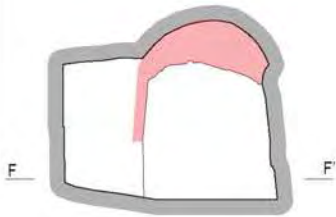


Church Name (Turkish)	
Üzümlü Kilise	
Church Name (English)	
Chapel of Niketas the Stylite	
Location	
West Wall of Chamber 1	
Subject	
Mural condition map	
Scale	Category
1/10	C
Plate No.	
Plate021 UZM-C1-020	



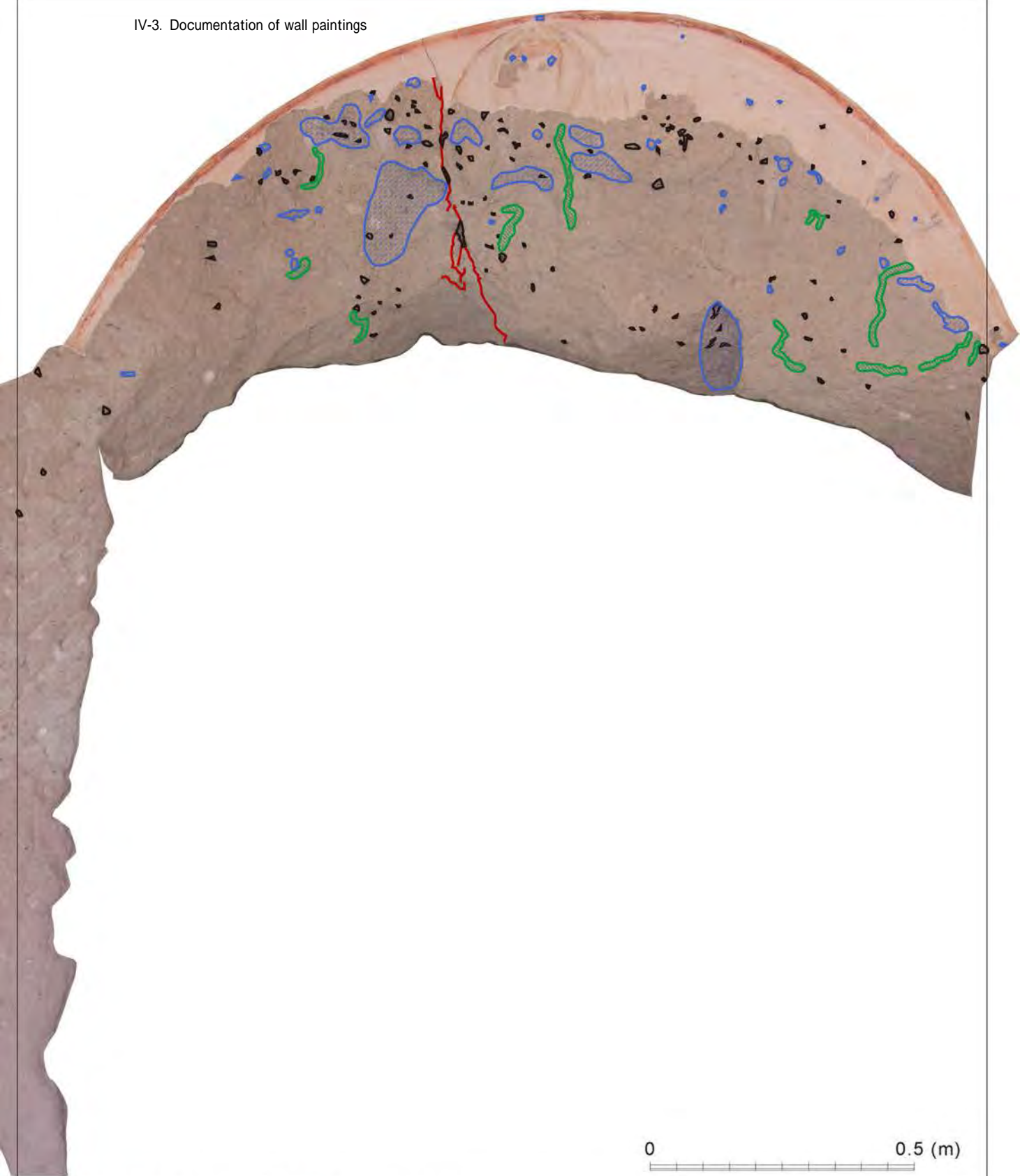
0 0.5 (m)

Section F-F'



Church Name (Turkish)	
Üzümlü Kilise	
Church Name (English)	
Chapel of Niketas the Stylite	
Location	
East Wall of Chamber 1	
Subject	
Mural condition map	
Scale	Category
1/10	Photograph
Plate No.	
Plate022 UZM-C1-021	



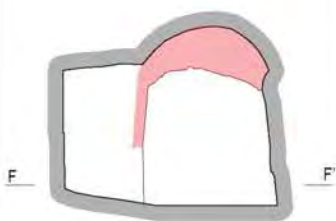


0 0.5 (m)

Section F-F'

LEGEND A: Rock Deterioration

-  Deposition of Dark Material
-  Biologic Activity
-  Spalling
-  Structural Cracks



F F'

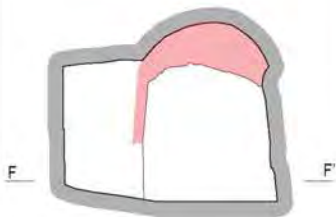
Church Name (Turkish)	
Üzümlü Kilise	
Church Name (English)	
Chapel of Niketas the Stylite	
Location	
East Wall of Chamber 1	
Subject	
Mural condition map	
Scale	Category
1/10	A
Plate No.	
Plate023 UZM-C1-022	



Section F-F'

LEGEND B: Plaster Deterioration

-  Incised Graffiti
-  Detachment of Lower Layer
-  Mechanical Damage
-  Cracking
-  Holes



Church Name (Turkish)	
Üzümlü Kilise	
Church Name (English)	
Chapel of Niketas the Stylite	
Location	
East Wall of Chamber 1	
Subject	
Mural condition map	
Scale	Category
1/10	B
Plate No.	
Plate024 UZM-C1-023	

IV-3. Documentation of wall paintings



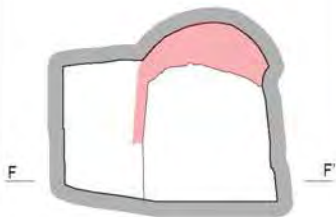
0 0.5 (m)

Section F-F'

LEGEND C: Paint Deterioration

-  Smearing
-  Micro Losses
-  Dark Grey Veil
-  Biological Deposition
-  Superficial Graffiti

164



Church Name (Turkish)

Üzümlü Kilise

Church Name (English)

Chapel of Niketas the Stylite

Location

East Wall of Chamber 1

Subject

Mural condition map

Scale

1/10

Category

C

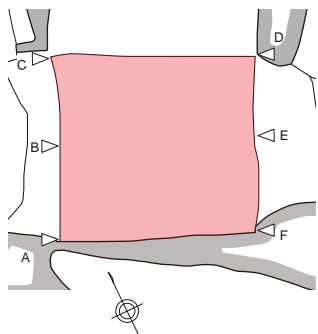
Plate No.

Plate025 UZM-C<sub>1</sub>-024

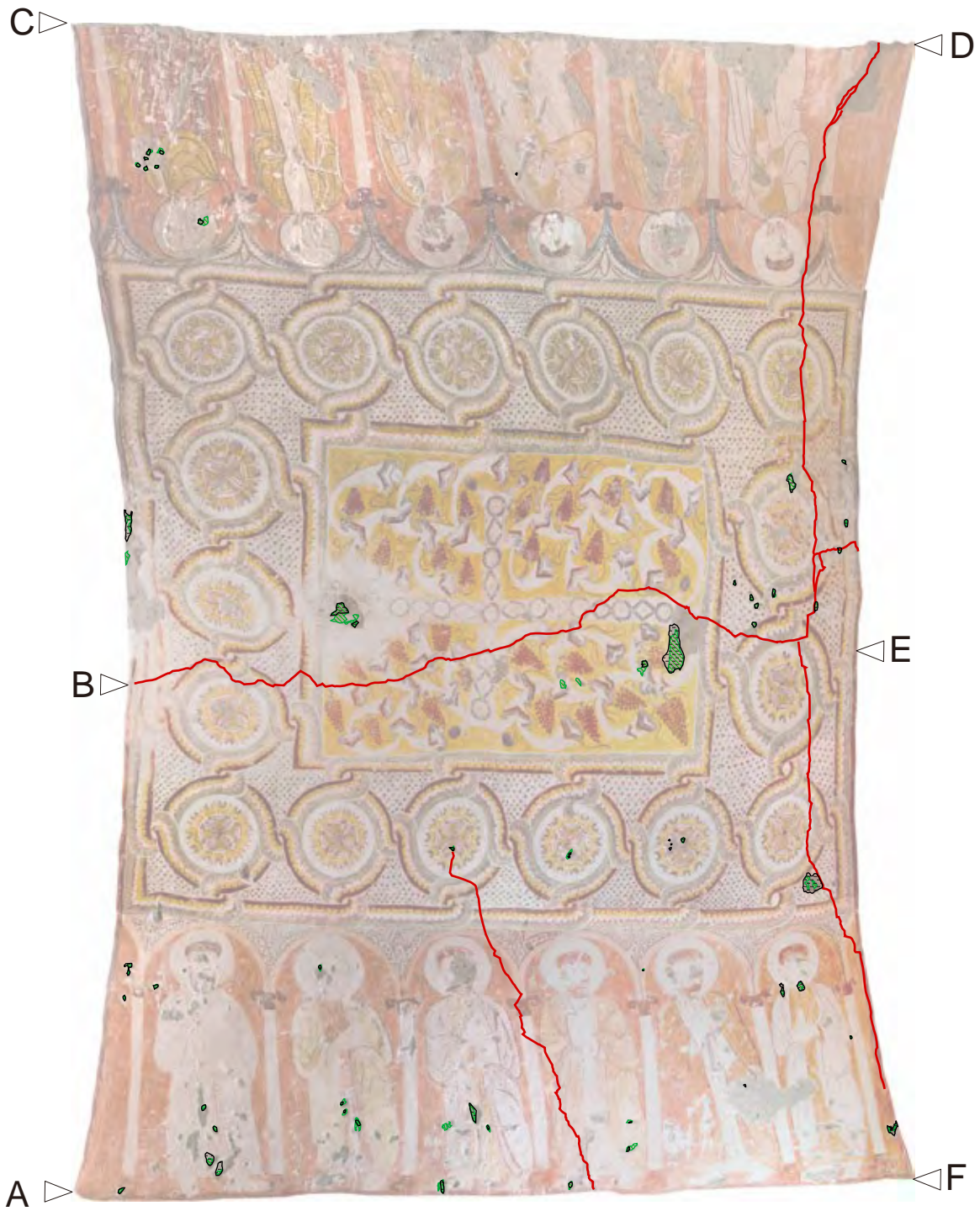


0 1 (m)

Ceiling

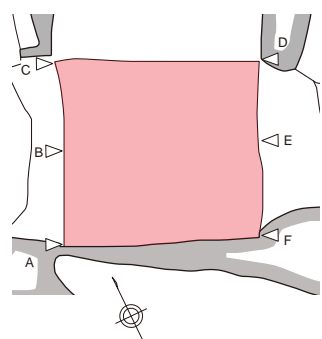


Church Name (Turkish)	
Üzümlü Kilise	
Church Name (English)	
Chapel of Niketas the Stylite	
Location	
Ceiling of Chamber 2	
Subject	
Mural condition map	
Scale	Category
1/20	Photograph
Plate No.	
Plate026 UZM-C <sub>2</sub> -001	







0 1 (m)

Ceiling



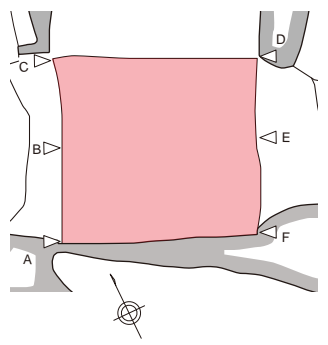
LEGEND A: Rock Deterioration

-  Deposition of Dark Material
-  Spalling
-  Structural Cracks
-  Biologic Activity






Church Name (Turkish)	
Üzümlü Kilise	
Church Name (English)	
Chapel of Niketas the Stylite	
Location	
Ceiling of Chamber 2	
Subject	
Mural condition map	
Scale	Category
1/20	A
Plate No.	
Plate027 UZM-C <sub>2</sub> -002	



**Ceiling**

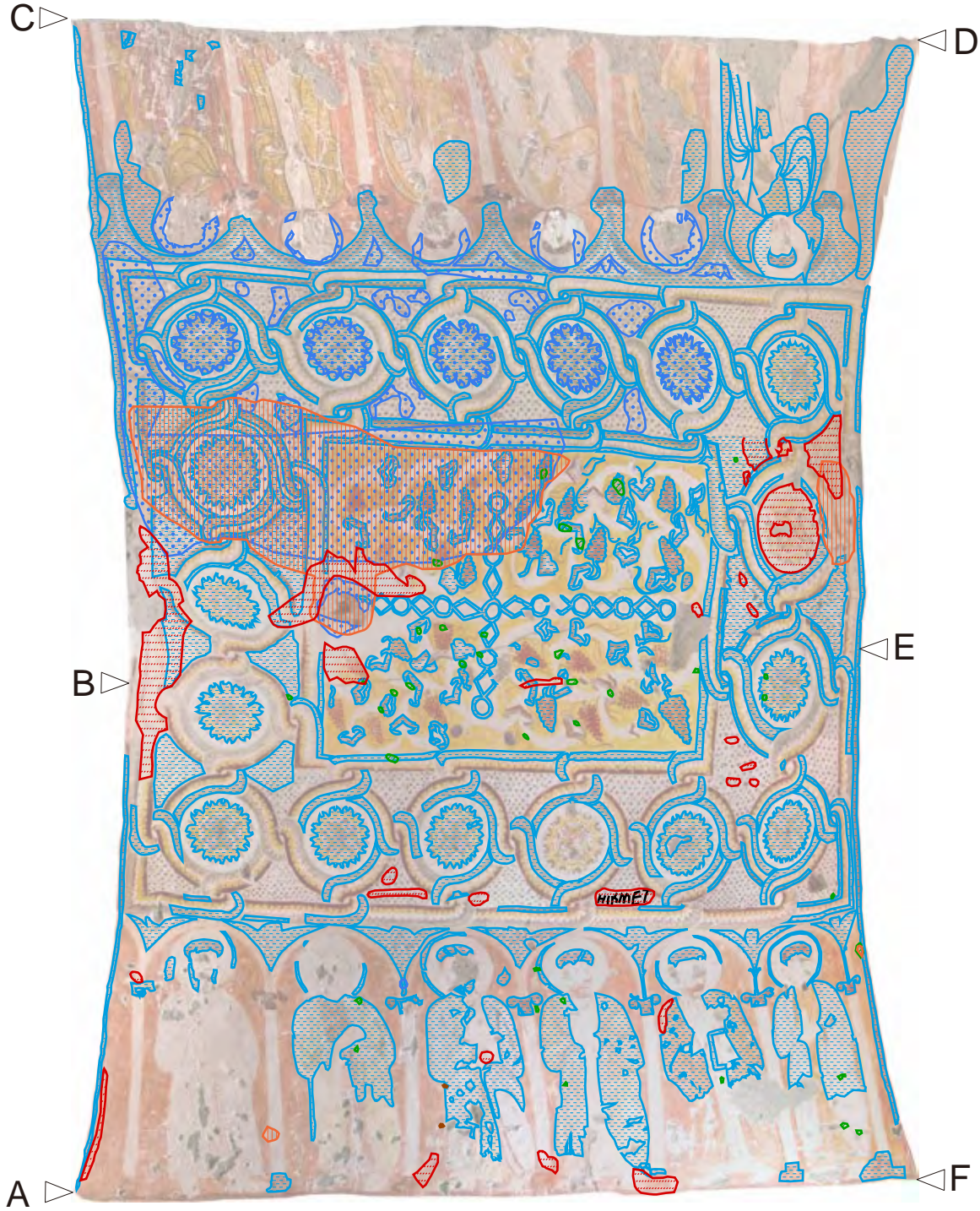


**LEGEND** B: Plaster Deterioration

-  Incised Graffiti
-  Detachment of Lower Layer
-  Mechanical Damage
-  Cracking
-  Holes

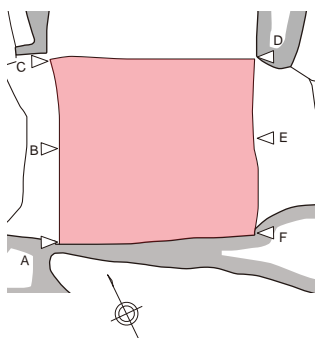
Church Name (Turkish)	
Üzümlü Kilise	
Church Name (English)	
Chapel of Niketas the Stylite	
Location	
Ceiling of Chamber 2	
Subject	
Mural condition map	
Scale	Category
1/20	B
Plate No.	
Plate028 UZM-C <sub>2</sub> -003	

IV-3. Documentation of wall paintings













0 1 (m)

Ceiling



LEGEND C: Paint Deterioration

- |   |   |
|---|---|
|  Smearing              |  Surface Deposition                    |
|  Dark Grey Veil        |  Micro Losses                          |
|  Grey Spotting         |  Original Fixing                       |
|  Biological Deposition |  Superficial Graffiti                  |
|  Nail                  |  Paint Loss due to Biological Activity |

Church Name (Turkish)

Üzümlü Kilise

Church Name (English)

Chapel of Niketas the Stylite

Location

Ceiling of Chamber 2

Subject

Mural condition map

Scale

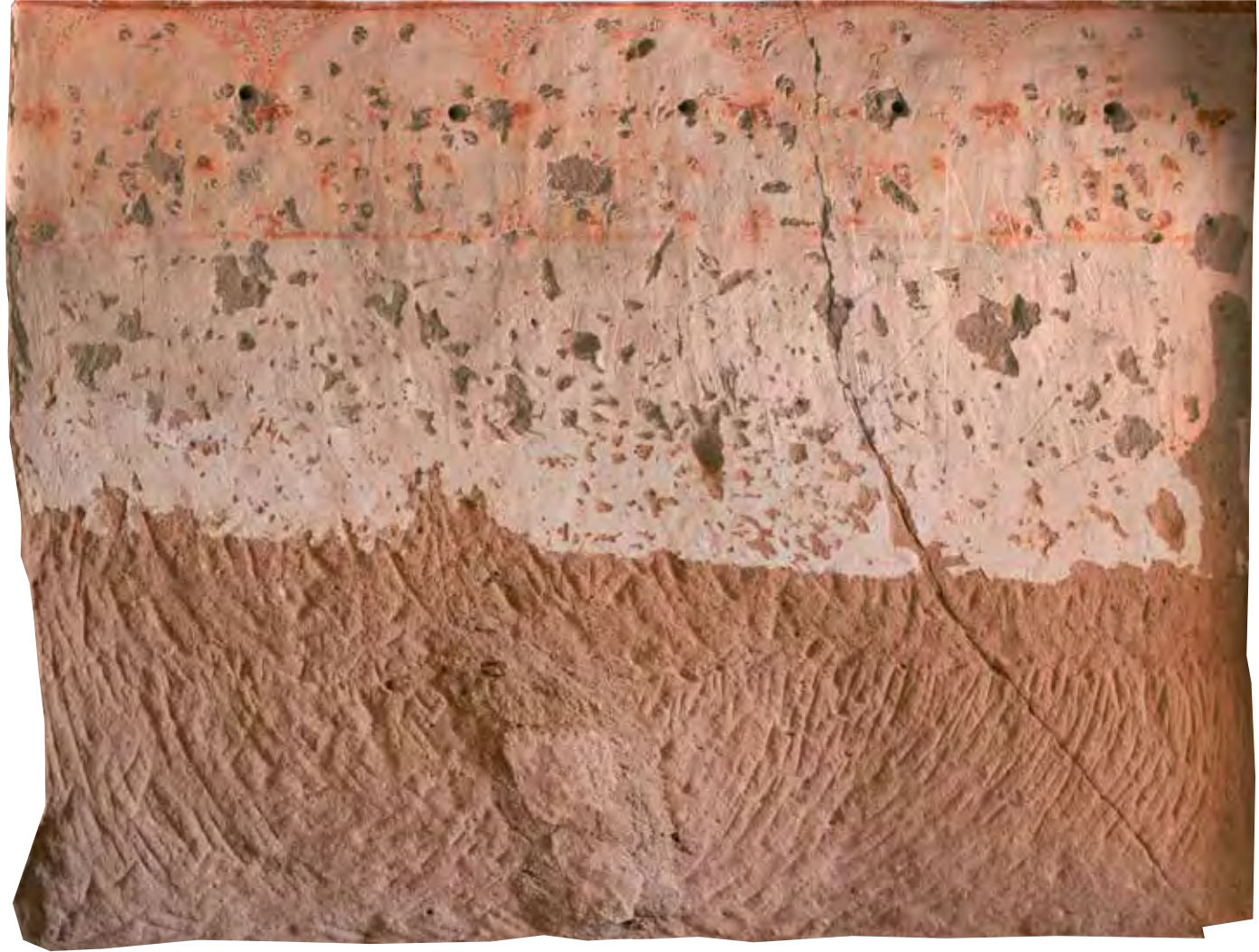
1/20

Category

C

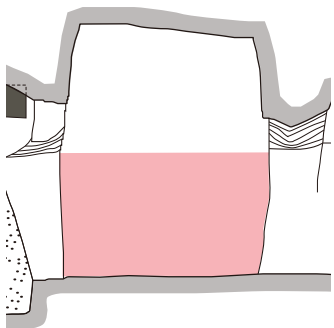
Plate No.

Plate029 UZM-C<sub>2</sub>-004



0 1.0 (m)

Section A-A'

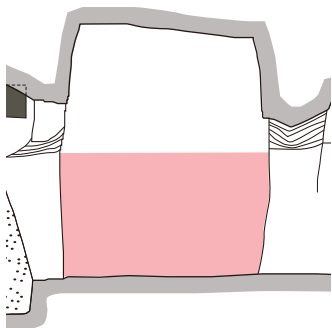


Church Name (Turkish)	Üzümlü Kilise		Subject	Mural condition map	
Church Name (Turkish)	Chapel of Niketas the Stylite	Scale	1/15	Category	Photograph
Location	South Wall of Chamber 2		Plate No.	Plate030 UZM-C <sub>2</sub> -005	









Section A-A'



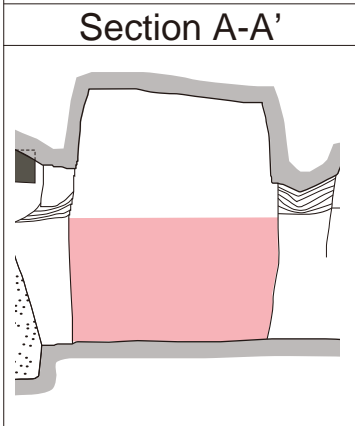
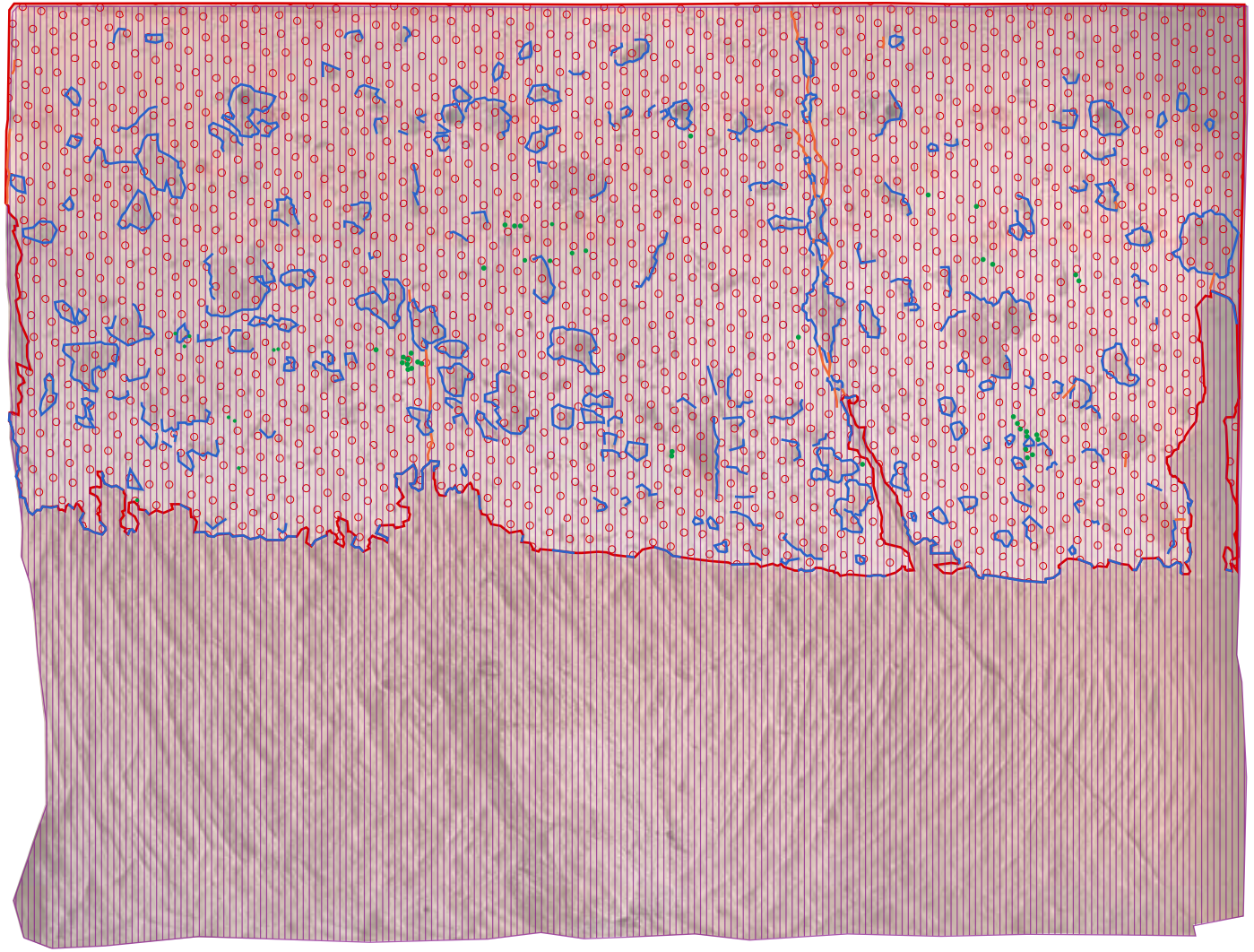
LEGEND A: Rock Deterioration

 Deposition of Dark Material  
 Spalling

 Biologic Activity  
 Structural Cracks

0 1.0 (m)

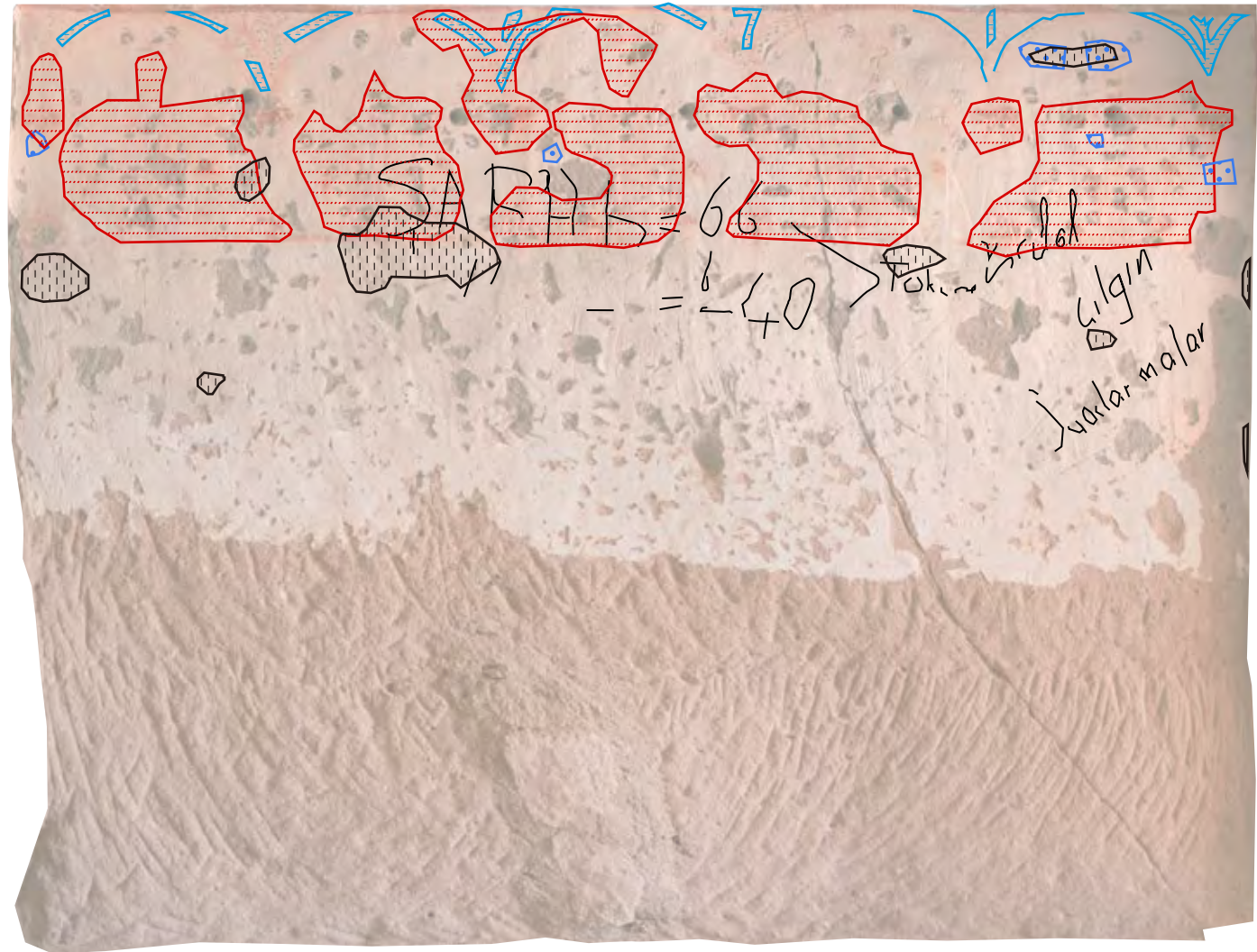
Church Name (Turkish)		Subject	
Üzümlü Kilise		Mural condition map	
Church Name (Turkish)		Scale	Category
Chapel of Niketas the Stylite		1/15	A
Location		Plate No.	
South Wall of Chamber 2		Plate031 UZM-C <sub>2</sub> -006	



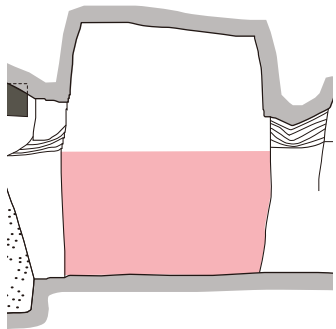
**LEGEND** B: Plaster Deterioration

- Incised Graffiti
- Detachment of Lower Layer
- Cracking
- Holes
- Mechanical Damage

Church Name (Turkish)		Subject	
Üzümlü Kilise		Mural condition map	
Church Name (Turkish)		Scale	Category
Chapel of Niketas the Stylite		1/15	B
Location		Plate No.	
South Wall of Chamber 2		Plate032 UZM-C <sub>2</sub> -007	



Section A-A'



LEGEND C: Paint Deterioration

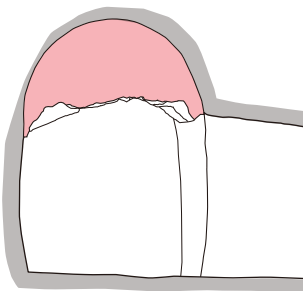
- Smearing
- Surface Deposition
- Dark Grey Veil
- Micro Losses
- Grey Spotting
- Superficial Graffiti

Church Name (Turkish)		Subject	
Üzümlü Kilise		Mural condition map	
Church Name (Turkish)		Scale	Category
Chapel of Niketas the Stylite		1/15	C
Location		Plate No.	
South Wall of Chamber 2		Plate033 UZM-C <sub>2</sub> -008	

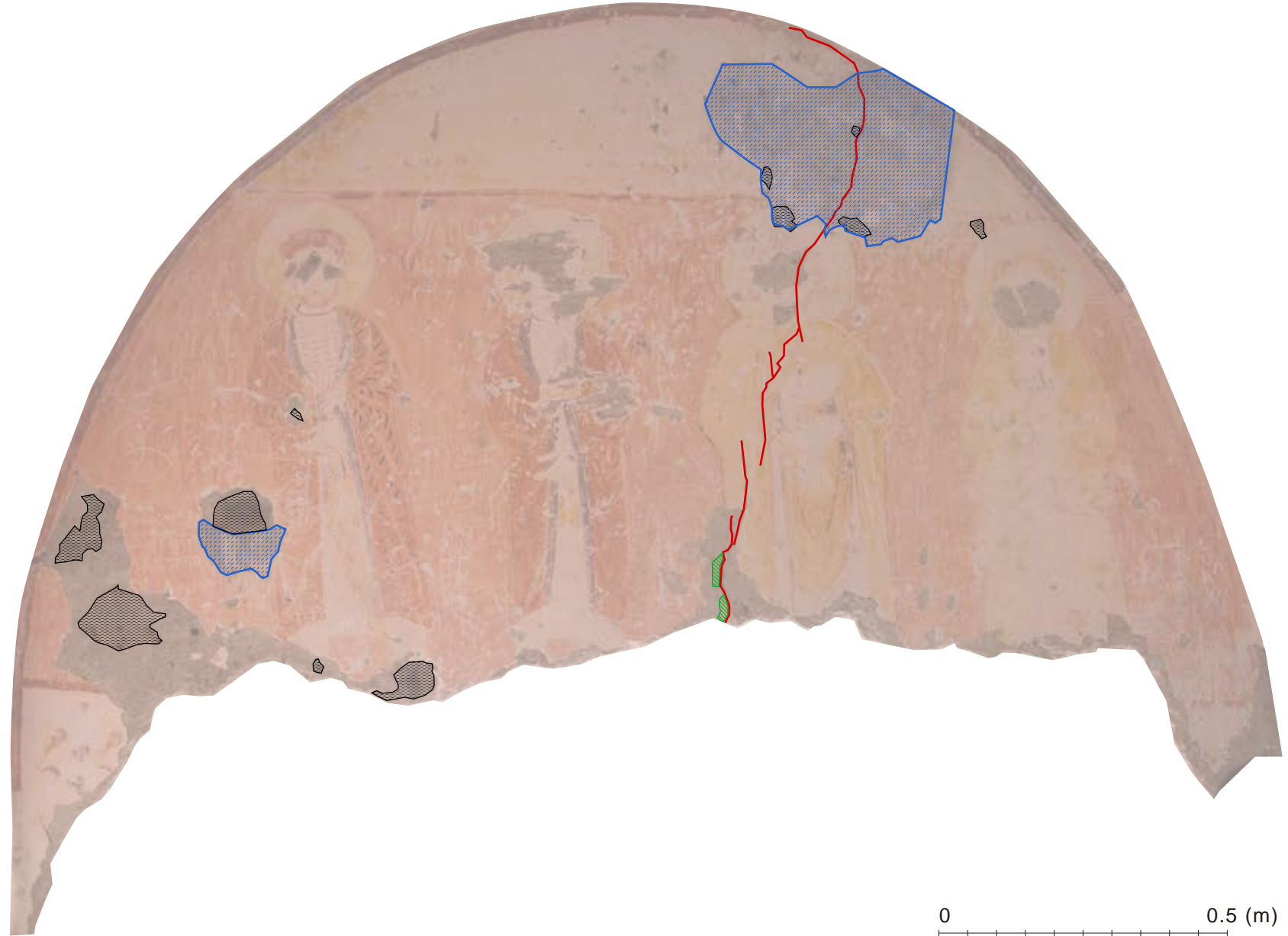


0 0.5 (m)

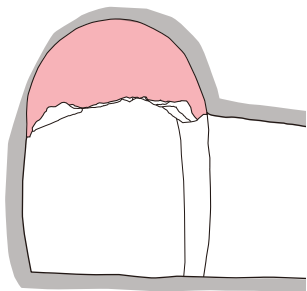
Section D-D'



Church Name (Turkish)		Subject	
Üzümlü Kilise		Mural condition map	
Church Name (English)		Scale	Category
Chapel of Niketas the Stylite		1/10	Photograph
Location		Plate No.	
West Wall of Chamber 2		Plate034 UZM-C <sub>2</sub> -009	



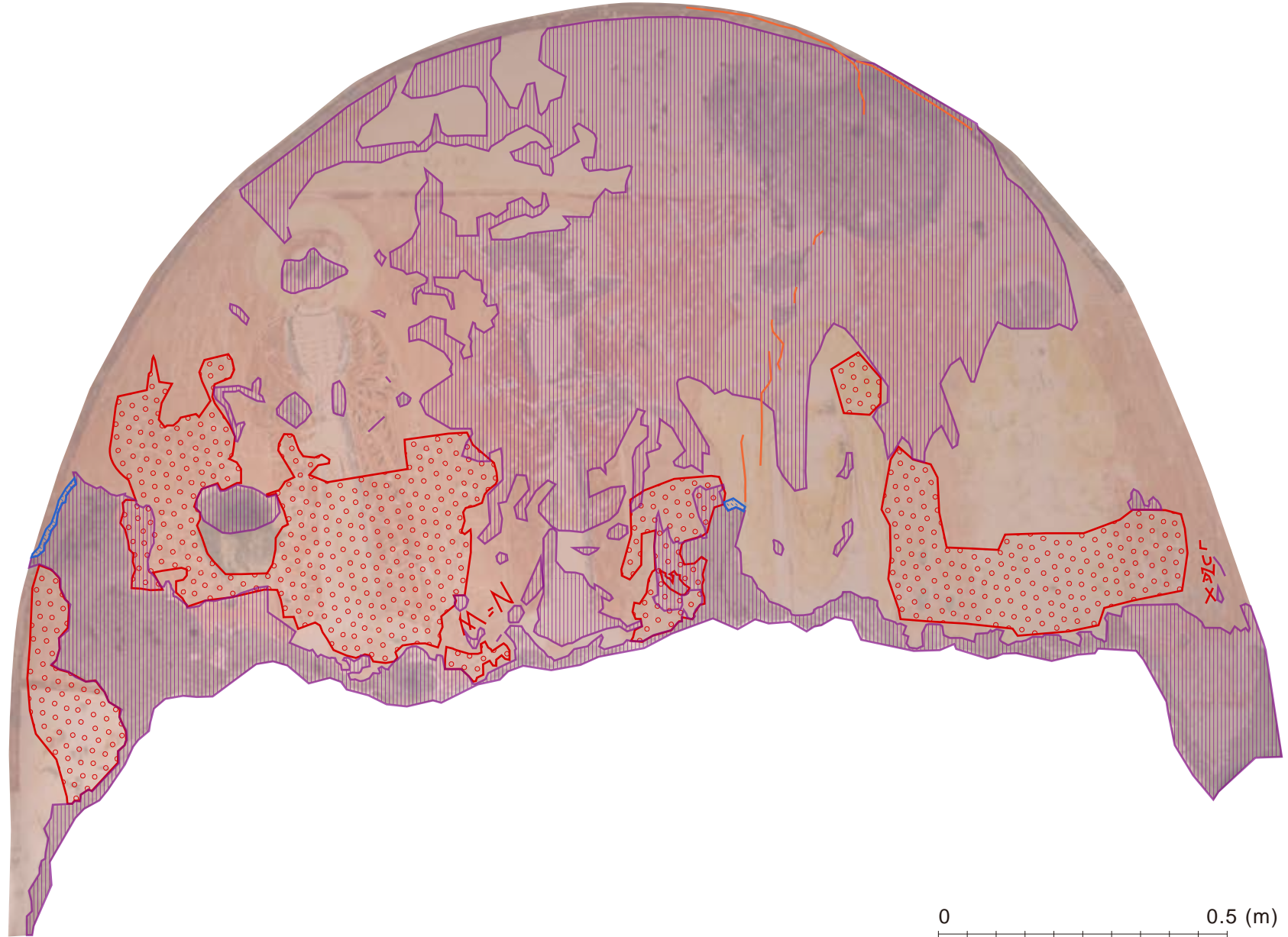
Section D-D'



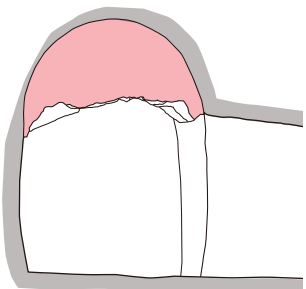
**LEGEND** A: Rock Deterioration

- Deposition of Dark Material
  - Spalling
- Biologic Activity
  - Structural Cracks

Church Name (Turkish)		Subject	
Üzümlü Kilise		Mural condition map	
Church Name (English)		Scale	Category
Chapel of Niketas the Stylite		1/10	A
Location		Plate No.	
West Wall of Chamber 2		Plate035 UZM-C <sub>2</sub> -010	





Section D-D'




**LEGEND** B: Plaster Deterioration

 Incised Graffiti

 Detachment of Lower Layer

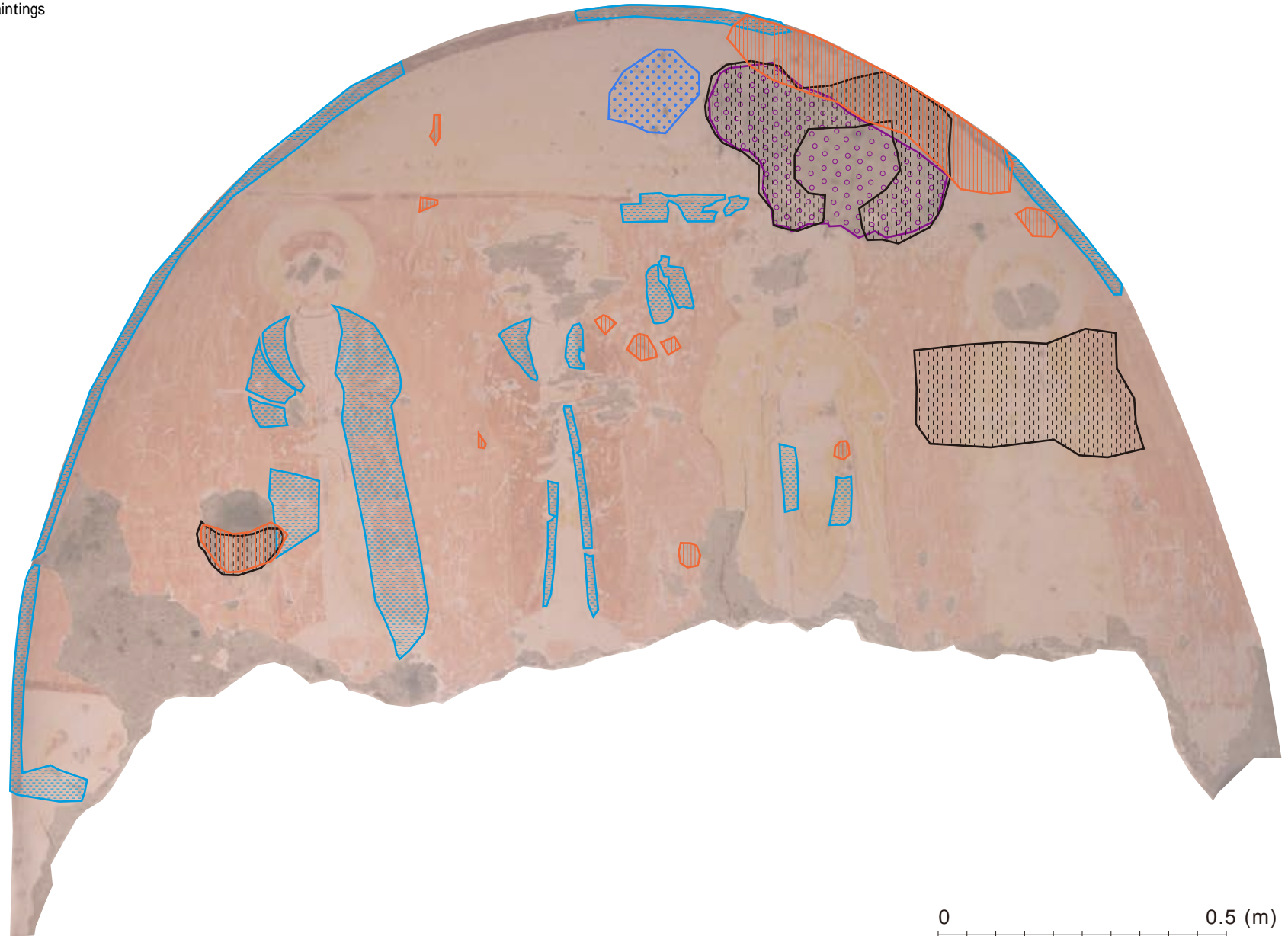
 Mechanical Damage

 Cracking

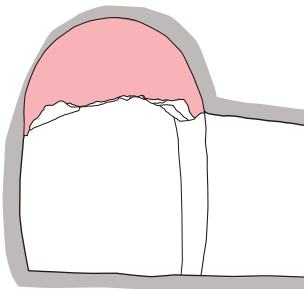
 Holes

0 0.5 (m)

Church Name (Turkish)		Subject	
Üzümlü Kilise		Mural condition map	
Church Name (English)		Scale	Category
Chapel of Niketas the Stylite		1/10	B
Location		Plate No.	
West Wall of Chamber 2		Plate036 UZM-C <sub>2</sub> -011	



Section D-D'



0 0.5 (m)

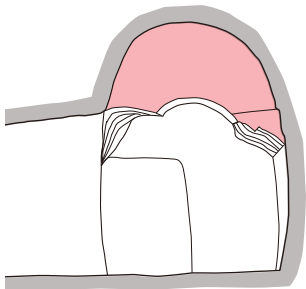
LEGEND C: Paint Deterioration

- Micro Losses
- Biological Deposition
- Dark Grey Veil
- Grey Spotting
- Paint Loss due to Biological Activity

Church Name (Turkish)		Subject	
Üzümlü Kilise		Mural condition map	
Church Name (English)		Scale	Category
Chapel of Niketas the Stylite		1/10	C
Location		Plate No.	
West Wall of Chamber 2		Plate037 UZM-C <sub>2</sub> -012	



Section C-C'



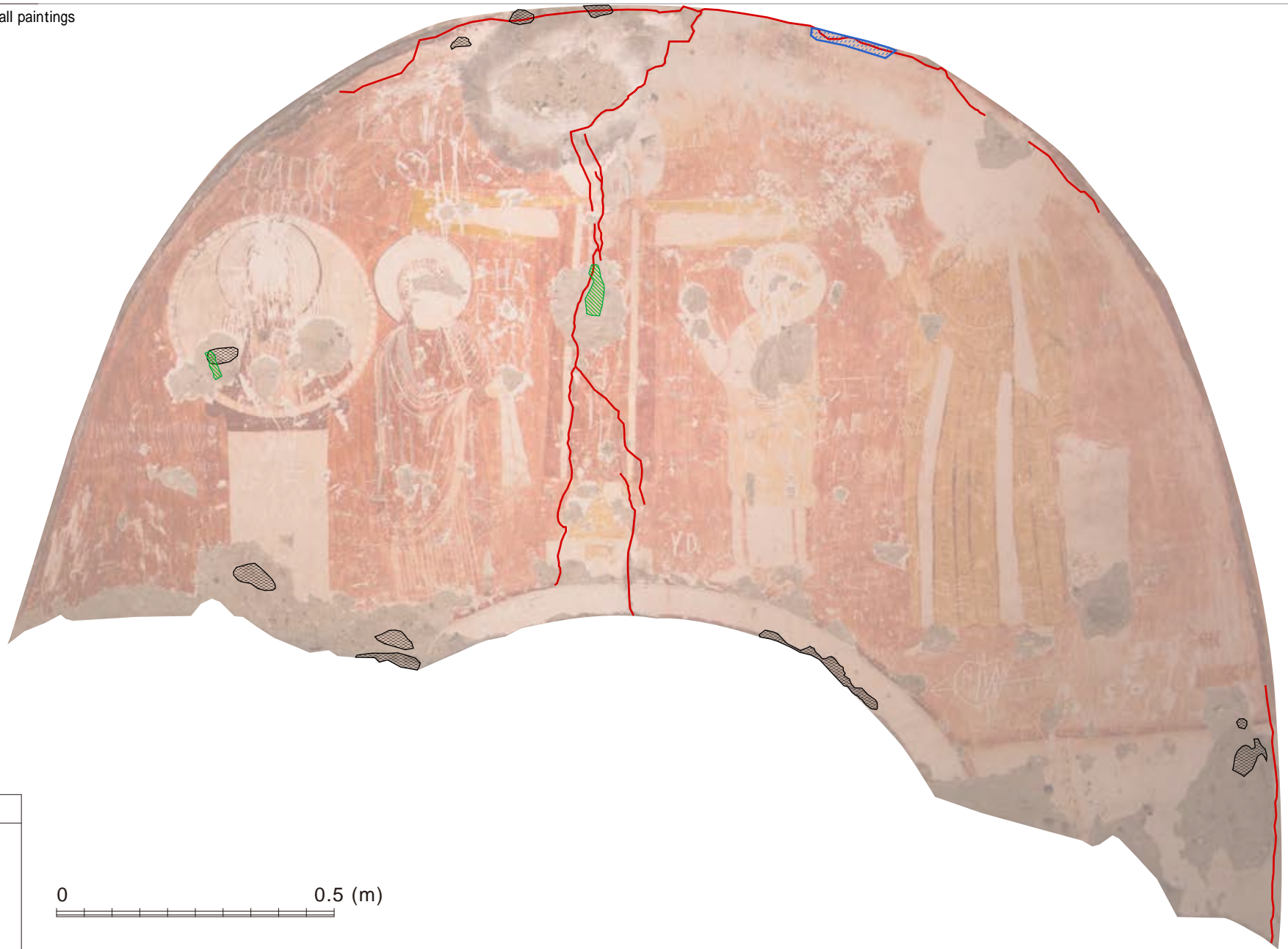
0 0.5 (m)



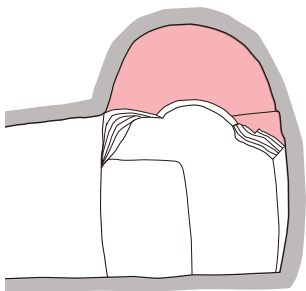
Church Name (Turkish)		Subject	
Üzümlü Kilise		Mural condition map	
Church Name (English)		Scale	Category
Chapel of Niketas the Stylite		1/10	Photograph
Location		Plate No.	
East Wall of Chamber 2		Plate038 UZM-C <sub>2</sub> -013	



IV-3. Documentation of wall paintings



Section C-C'



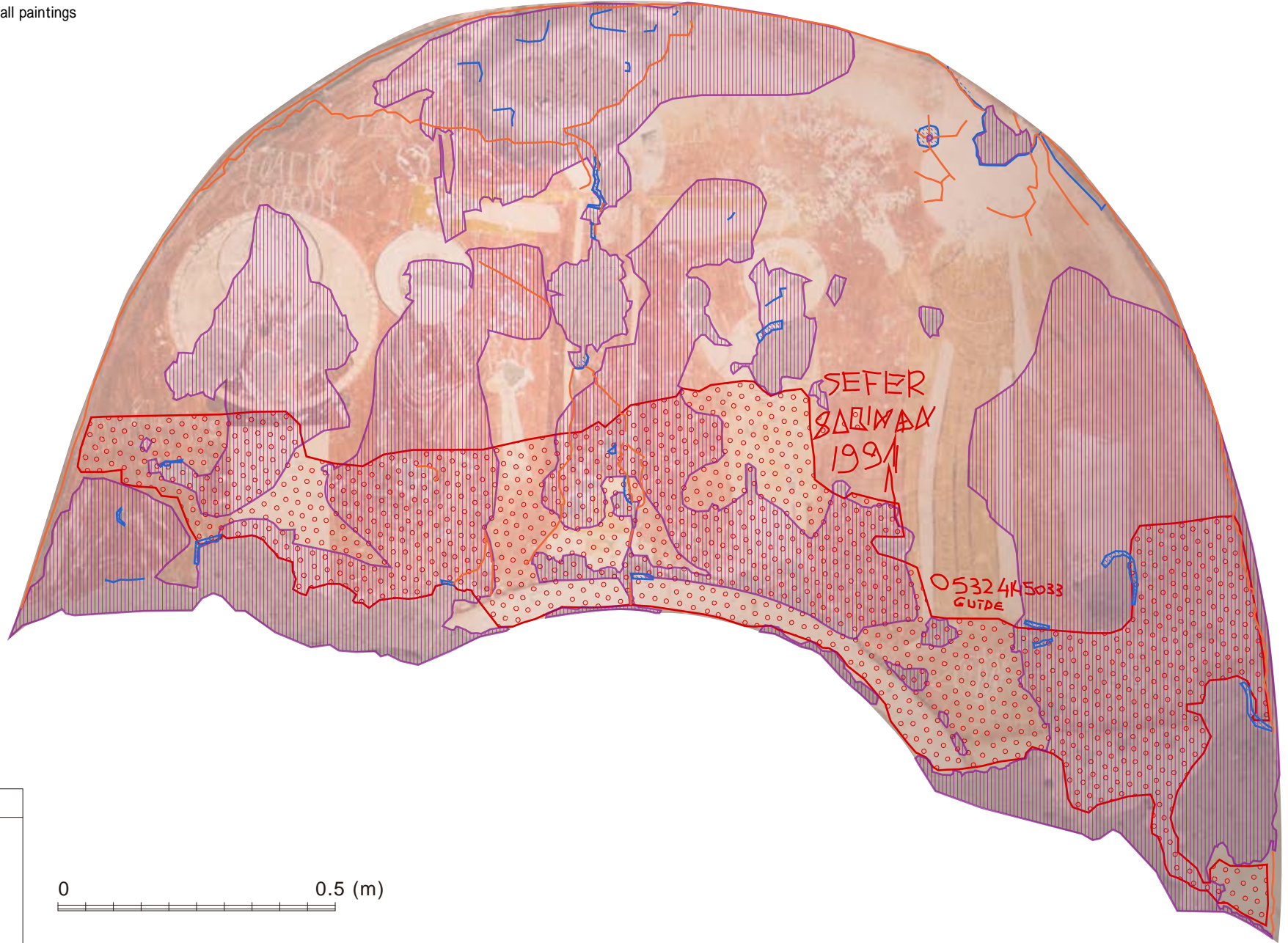
0 0.5 (m)

LEGEND A: Rock Deterioration

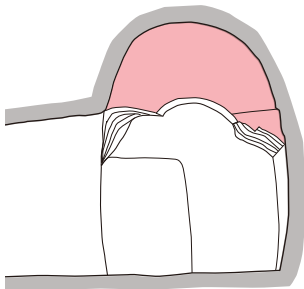
- Deposition of Dark Material
  - Spalling
- Biologic Activity
  - Structural Cracks

Church Name (Turkish)		Subject	
Üzümlü Kilise		Mural condition map	
Church Name (English)		Scale	Category
Chapel of Niketas the Stylite		1/10	A
Location		Plate No.	
East Wall of Chamber 2		Plate039 UZM-C <sub>2</sub> -014	

IV-3. Documentation of wall paintings




Section C-C'




0 0.5 (m)


LEGEND B: Plaster Deterioration

 Incised Graffiti

 Detachment of Lower Layer

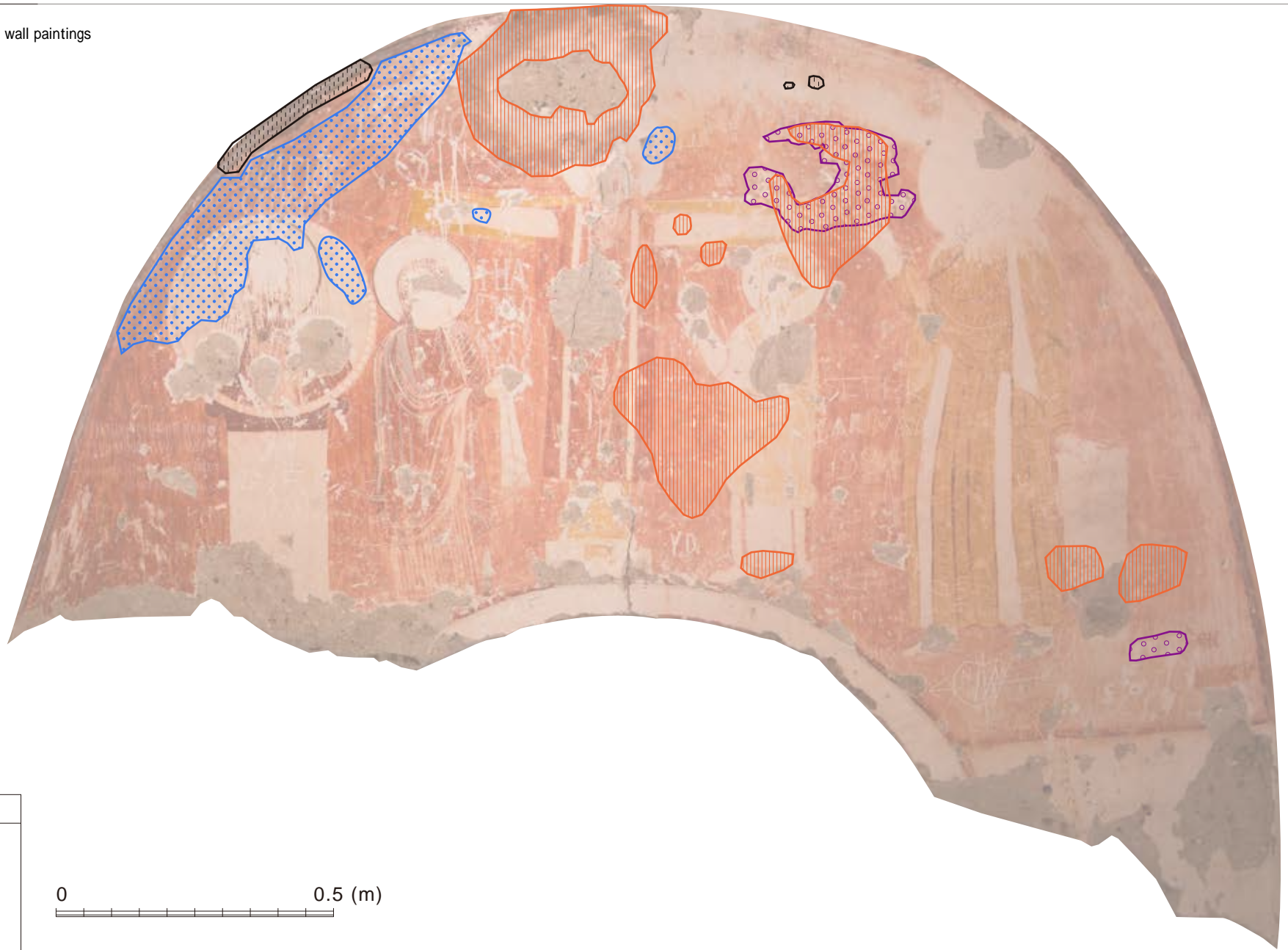
 Mechanical Damage

 Cracking

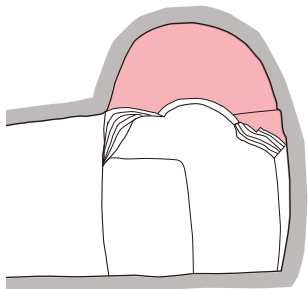
 Holes

Church Name (Turkish)		Subject	
Üzümlü Kilise		Mural condition map	
Church Name (English)		Scale	Category
Chapel of Niketas the Stylite		1/10	B
Location		Plate No.	
East Wall of Chamber 2		Plate040 UZM-C <sub>2</sub> -015	

IV-3. Documentation of wall paintings








Section C-C'



0 0.5 (m)

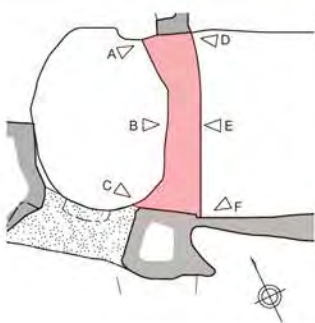
LEGEND C: Paint Deterioration

-  Micro Losses
-  Biological Deposition
-  Dark Grey Veil
-  Grey Spotting
-  Paint Loss due to Biological Activity

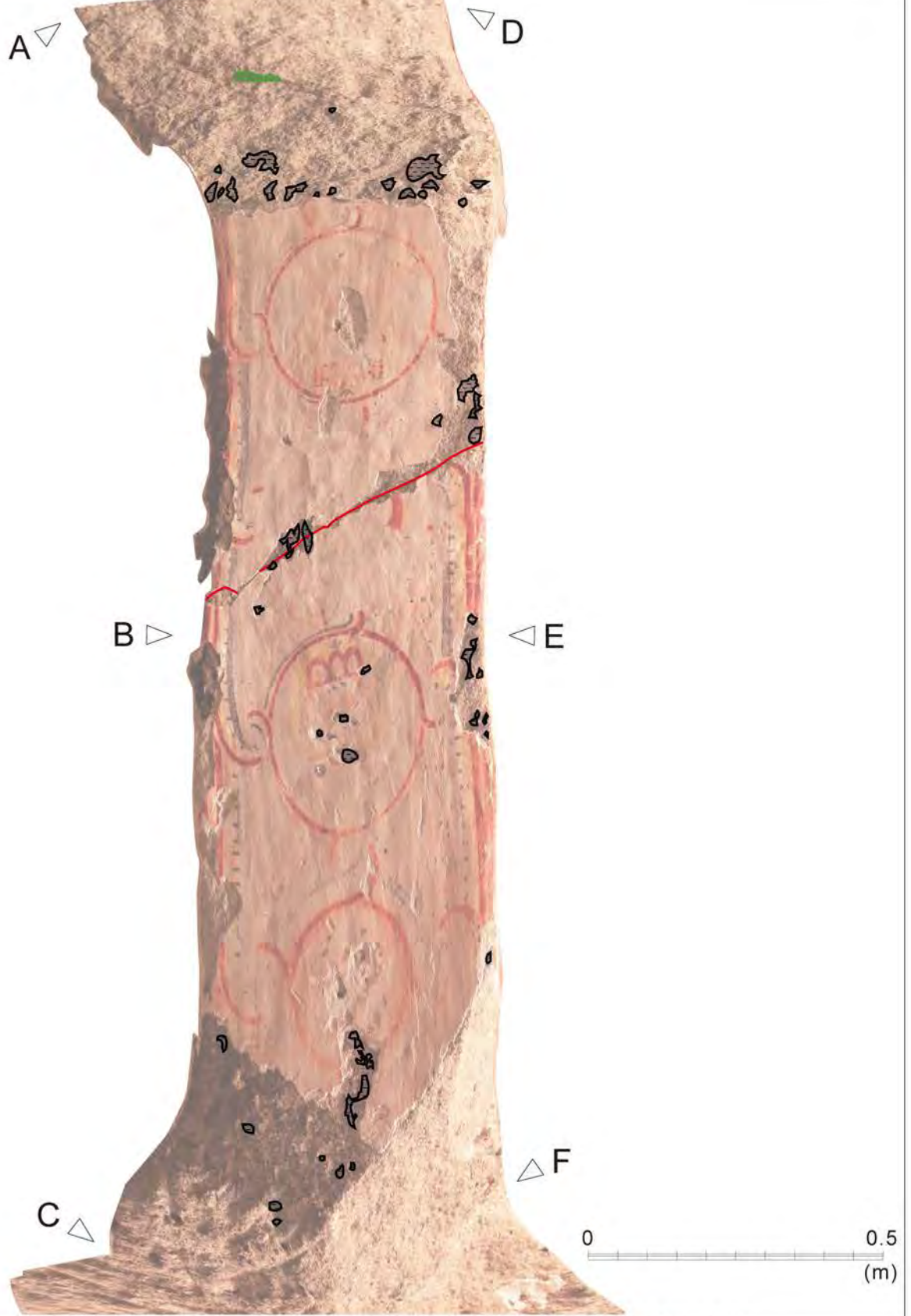
Church Name (Turkish)		Subject	
Üzümlü Kilise		Mural condition map	
Church Name (English)		Scale	Category
Chapel of Niketas the Stylite		1/10	C
Location		Plate No.	
East Wall of Chamber 2		Plate041 UZM-C <sub>2</sub> -016	



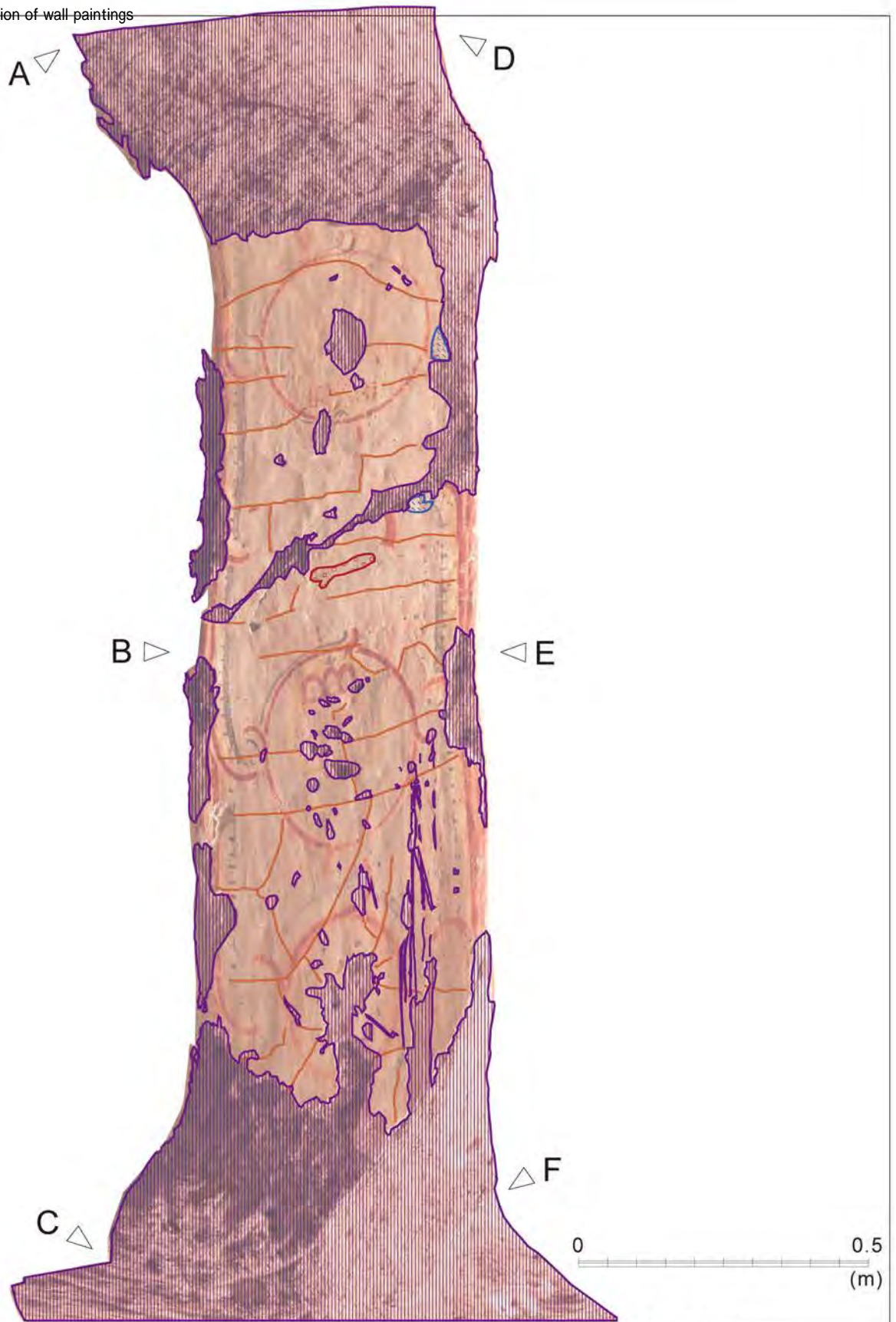
Ceiling



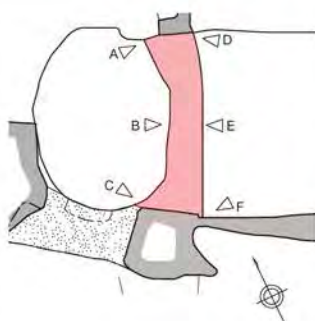
Church Name (Turkish)	
Üzümlü Kilise	
Church Name (English)	
Chapel of Niketas the Stylite	
Location	
Transverse Arch between 2-3	
Subject	
Mural condition map	
Scale	Category
1/10	Photograph
Plate No.	
Plate042 UZM-C <sub>2.3</sub> -001	



<p><b>Ceiling</b></p>	<p><b>LEGEND</b> A: Rock Deterioration</p>	<p>Church Name (Turkish)</p>	
	<p>  Deposition of Dark Material   Spalling   Structural Cracks                 </p>	<p>Üzümlü Kilise</p>	
		<p>Church Name (English)</p>	
		<p>Chapel of Niketas the Stylite</p>	
		<p>Location</p>	
		<p>Transverse Arch between 2-3</p>	
		<p>Subject</p>	
		<p>Mural condition map</p>	
		<p>Scale</p>	<p>Category</p>
		<p>1/10</p>	<p>A</p>
		<p>Plate No.</p>	
		<p>Plate043 UZM-C<sub>2.3</sub>-002</p>	



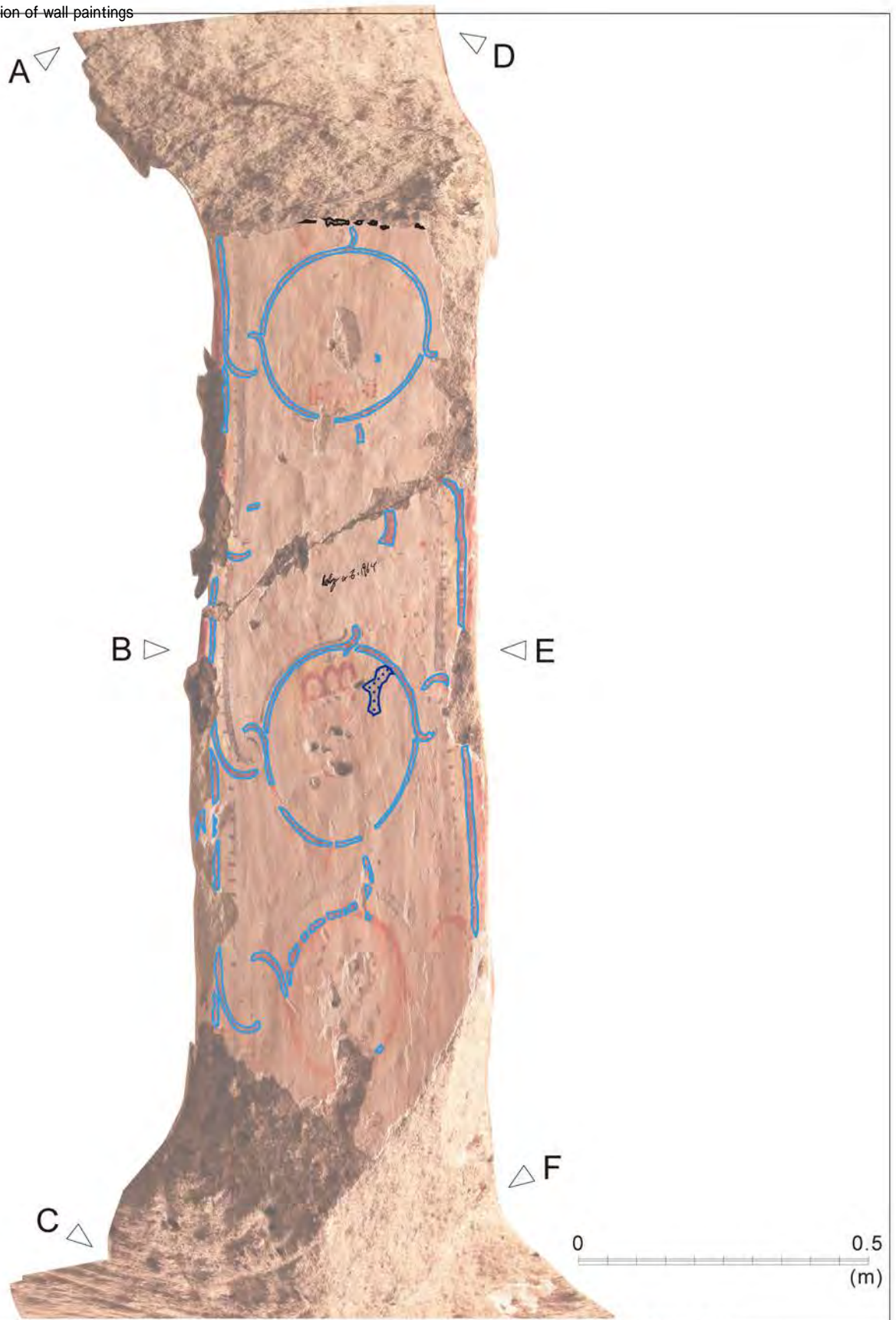
Ceiling



LEGEND B: Plaster Deterioration

-  Incised Graffiti
-  Detachment of Lower Layer
-  Mechanical Damage
-  Cracking

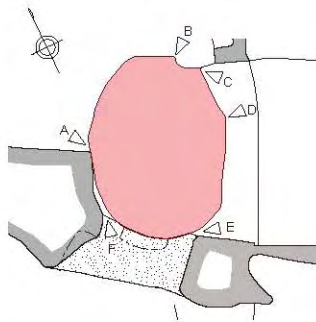
Church Name (Turkish)	
Üzümlü Kilise	
Church Name (English)	
Chapel of Niketas the Stylite	
Location	
Transverse Arch between 2-3	
Subject	
Mural condition map	
Scale	Category
1/10	B
Plate No.	
Plate044 UZM-C <sub>2.3</sub> -003	



<p><b>Ceiling</b></p>	<p><b>LEGEND</b> C: Paint Deterioration</p>	<p>Church Name (Turkish)</p> <p><b>Üzümlü Kilise</b></p>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li> Micro Losses</li> <li> Dark Grey Veil</li> <li> Grey Spotting</li> <li> Superficial Graffiti</li> </ul>	<p>Church Name (English)</p> <p><b>Chapel of Niketas the Stylite</b></p>	
<p>Location</p> <p><b>Transverse Arch between 2-3</b></p>		<p>Subject</p> <p><b>Mural condition map</b></p>	
<p>Scale</p> <p><b>1/10</b></p>		<p>Category</p> <p><b>C</b></p>	
<p>Plate No.</p> <p><b>Plate045 UZM-C<sub>2.3</sub>-004</b></p>			

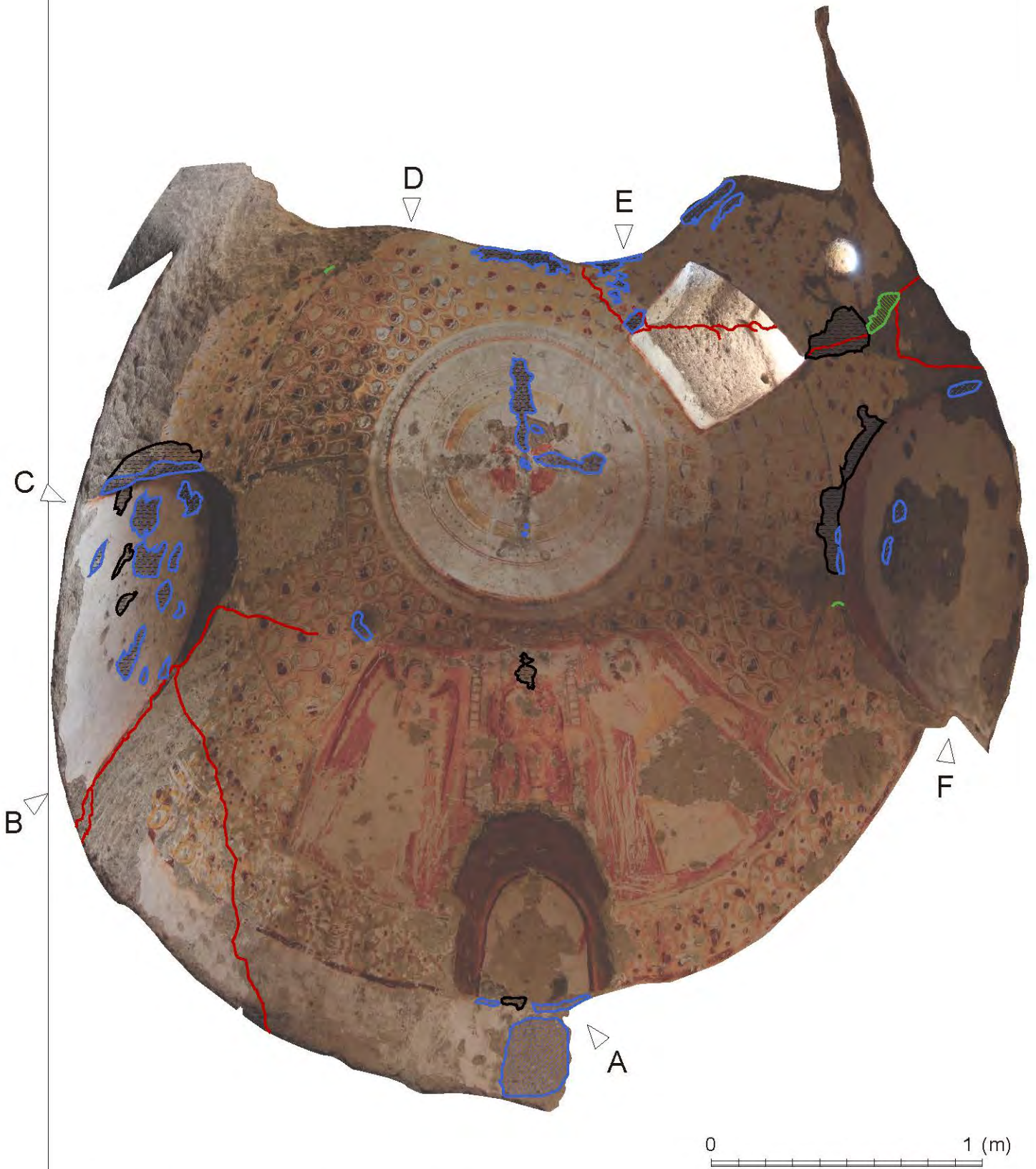


Ceiling



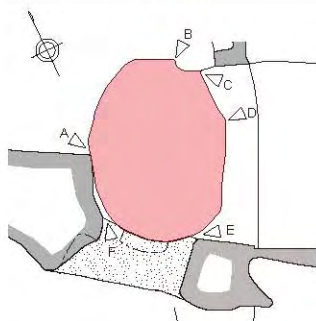
Church Name (Turkish)	
Üzümlü Kilise	
Church Name (English)	
Chapel of Niketas the Stylite	
Location	
Ceiling of Chamber 3	
Subject	
Mural condition map	
Scale	Category
1/20	Photograph
Plate No.	
Plate046 UZM-C <sub>3</sub> -001	





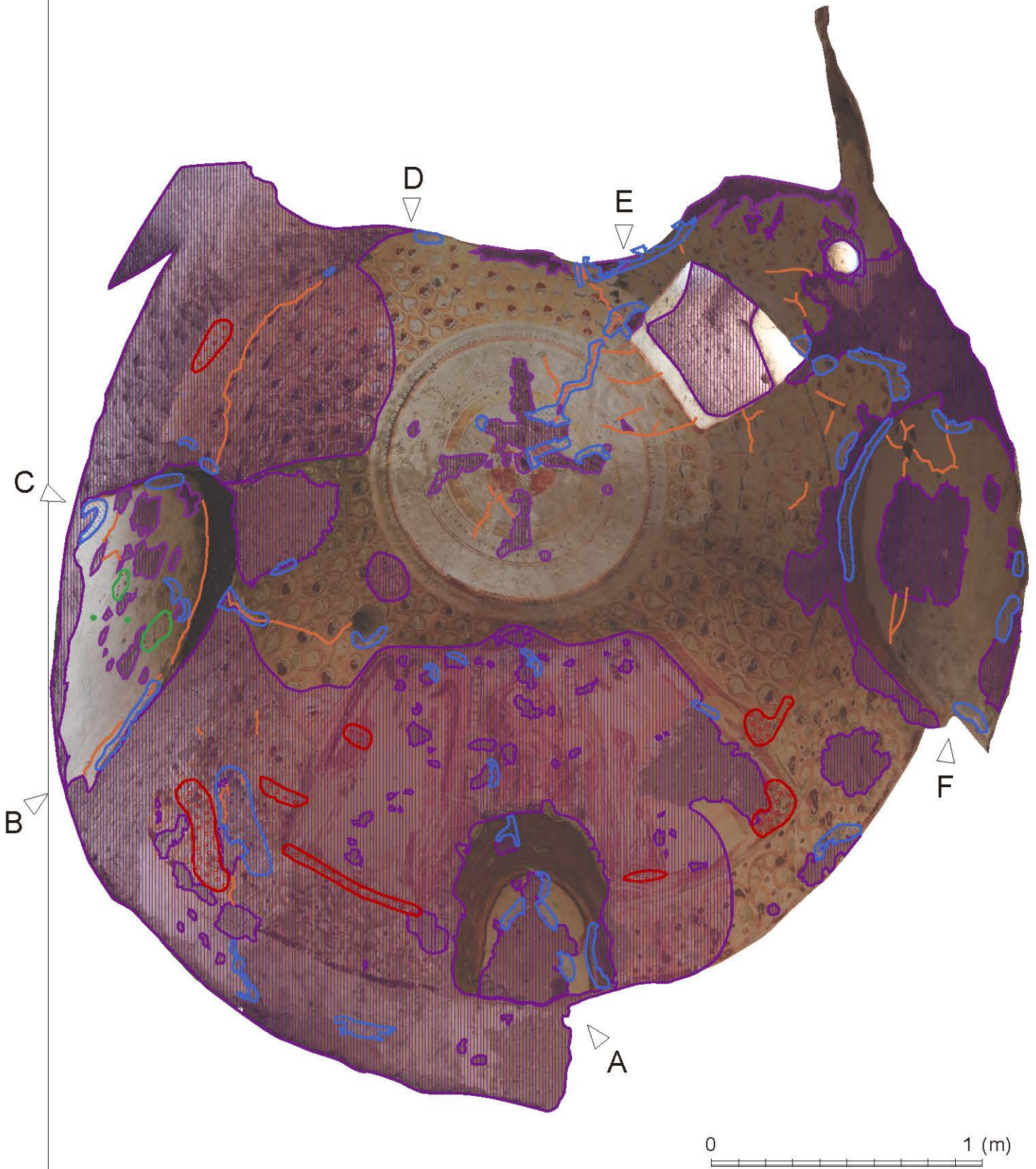
Ceiling

LEGEND A: Rock Deterioration

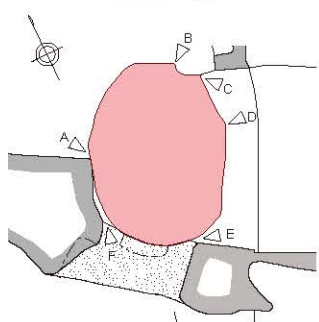


-  Deposition of Dark Material
-  Biologic Activity
-  Spalling
-  Structural Cracks

Church Name (Turkish)	
Üzümlü Kilise	
Church Name (English)	
Chapel of Niketas the Stylite	
Location	
Ceiling of Chamber 3	
Subject	
Mural condition map	
Scale	Category
1/20	A
Plate No.	
Plate047 UZM-C <sub>3</sub> -002	



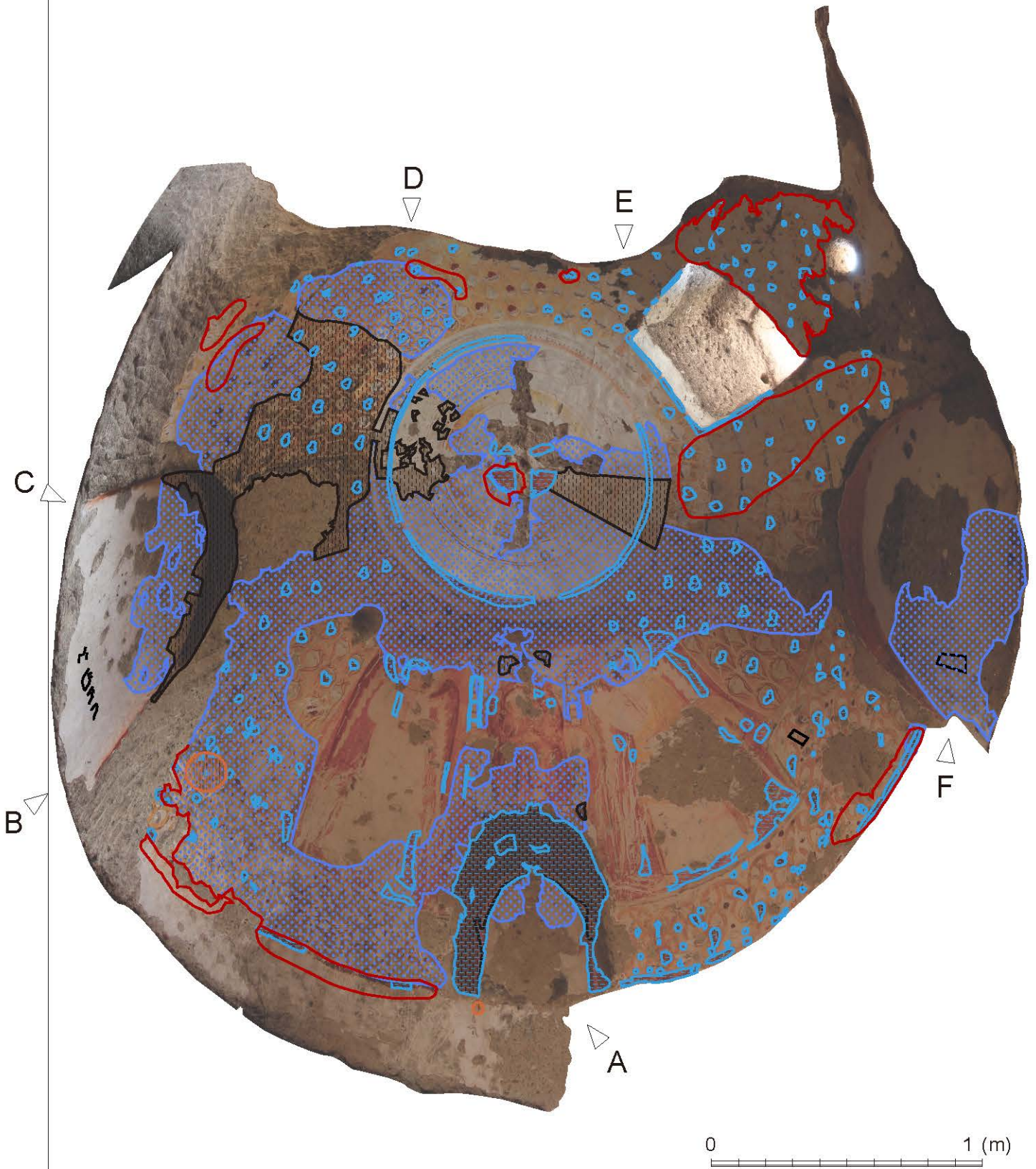
Ceiling



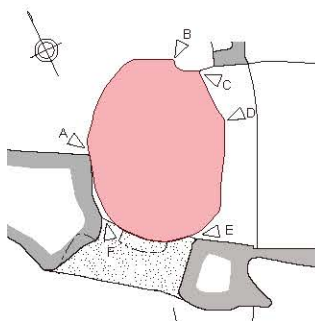
LEGEND B: Plaster Deterioration

-  Incised Graffiti
-  Detachment of Lower Layer
-  Mechanical Damage
-  Cracking
-  Holes






Church Name (Turkish)	
Üzümlü Kilise	
Church Name (English)	
Chapel of Niketas the Stylite	
Location	
Ceiling of Chamber 3	
Subject	
Mural condition map	
Scale	Category
1/20	B
Plate No.	
Plate048 UZM-C <sub>3</sub> -003	



Ceiling



LEGEND C: Paint Deterioration

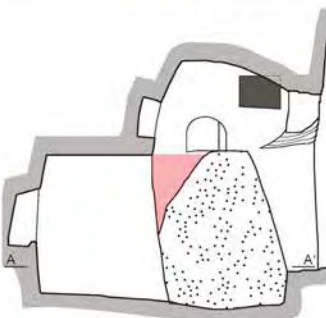
-  Smearing
-  Micro Losses
-  Biological Deposition
-  Grey Spotting
-  Superficial Graffiti
-  Dark Grey Veil

Church Name (Turkish)	
Üzümlü Kilise	
Church Name (English)	
Chapel of Niketas the Stylite	
Location	
Ceiling of Chamber 3	
Subject	
Mural condition map	
Scale	Category
1/20	C
Plate No.	
Plate049 UZM-C <sub>3</sub> -004	



0 0.5 (m)

Section A-A'

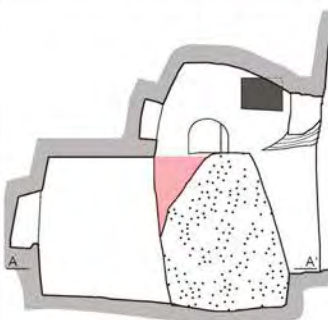


Church Name (Turkish)	
Üzümlü Kilise	
Church Name (English)	
Chapel of Niketas the Stylite	
Location	
South East Wall of Chamber 3	
Subject	
Mural condition map	
Scale	Category
1/10	Photograph
Plate No.	
Plate050 UZM-C <sub>3</sub> -005	



0 0.5 (m)

Section A-A'



LEGEND A: Rock Deterioration

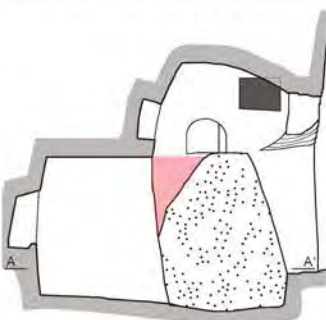
-  Deposition of Dark Material
-  Biologic Activity
-  Spalling
-  Structural Cracks

Church Name (Turkish)	
Üzümlü Kilise	
Church Name (English)	
Chapel of Niketas the Stylite	
Location	
South East Wall of Chamber 3	
Subject	
Mural condition map	
Scale	Category
1/10	A
Plate No.	
Plate051 UZM-C <sub>3</sub> -006	






0 0.5 (m)

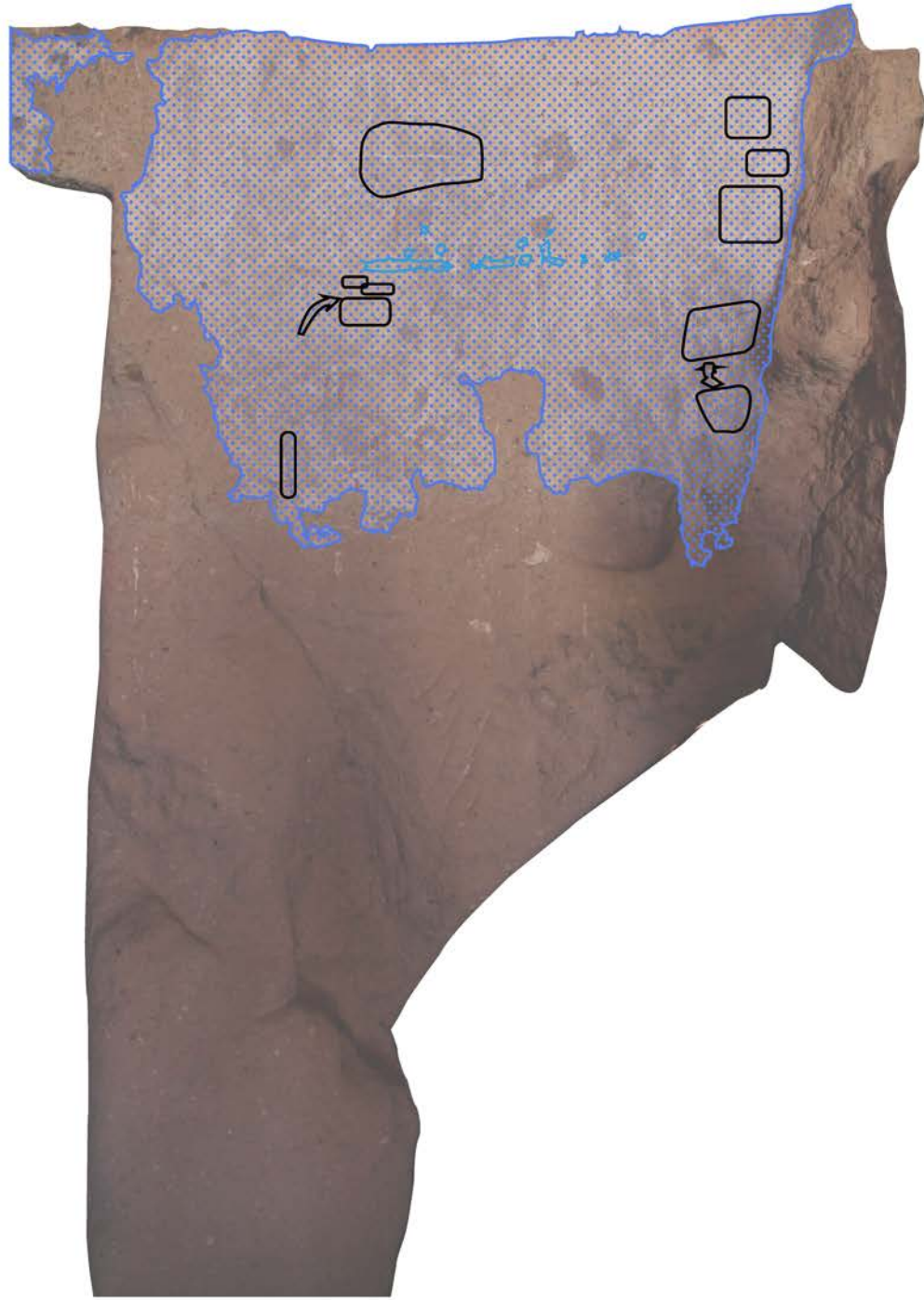
Section A-A'



LEGEND B: Plaster Deterioration

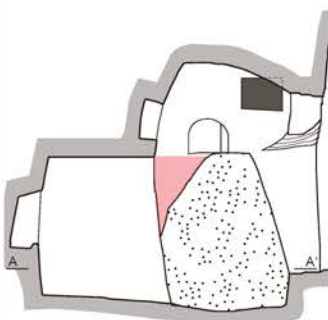
-  Incised Graffiti
-  Detachment of Lower Layer
-  Mechanical Damage

Church Name (Turkish)	
Üzümlü Kilise	
Church Name (English)	
Chapel of Niketas the Stylite	
Location	
South East Wall of Chamber 3	
Subject	
Mural condition map	
Scale	Category
1/10	B
Plate No.	
Plate052 UZM-C <sub>3</sub> -007	



0 0.5 (m)

Section A-A'



LEGEND C: Paint Deterioration

-  Micro Losses
-  Grey Spotting
-  Superficial Graffiti

Church Name (Turkish)	
Üzümlü Kilise	
Church Name (English)	
Chapel of Niketas the Stylite	
Location	
South East Wall of Chamber 3	
Subject	
Mural condition map	
Scale	Category
1/10	C
Plate No.	
Plate053 UZM-C <sub>3</sub> -008	

This project has been conducted under the agreement between University of Tsukuba, Nevşehir Museum, and Nevşehir Restoration and Conservation and Regional Laboratory as "Üzümlü Kilise Restorasyon-Konservasyon" Bilimsel Çalışmalarına İlişkin Protokol (Protocol on Restoration-Conservation Scientific Studies at Uzumlu Church) since September 2014.

#### **Editor**

Yoko Taniguchi (University of Tsukuba)

#### **Translation and Editorial assistance**

Jennifer Porter (Wall painting conservator/ University of Malta)

Alev Elçin Cankur (Hacettepe University)

Zuhal Koçyiğit (University of Tsukuba)

Satsuki Shobo (Tokyo University of the Arts)

#### **Contributors for this volume**

Piao Chunzu (Hytec co.)

Shunsuke Fukakusa (Nara Women's University)

Ryo Higuchi (Tokyo Institute of Technology)

Chiemi Iba (Kyoto University)

Kazuki Kawahara (Osaka University)

Keigo Koizumi (Osaka University)

Natsuko Kugiya (Visiting researcher, National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo)

Shigekazu Mizukoshi (D&D co.)

Takeshi Nakazawa (Nara Women's University)

Ayako Ogawa (Research Assistant, National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo)

Katsuhiko Sano (D&D co.)

Mina Shibata (Assistant, National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo)

Yoshiko Shimadzu (National Museum of Japanese History)

Tamaki Suzuki (Visiting researcher, National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo)

Miho Takashima (National Museum of Western)

Yoko Taniguchi (University of Tsukuba)

Jennifer Porter (Wall painting conservator / University of Malta)

Kunio Watanabe (Mie University)

#### **Front and back cover design**

Tamaki Suzuki (Visiting researcher, National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo)

## **Scientific Studies on Conservation for Üzümlü Church and its wall paintings in Cappadocia, Turkey Vol. 1 (Report on the activities in 2014)**

University of Tsukuba

This project was supported by Japan Society for the Promotion of Science (JSPS) Grant-in-Aid for Scientific Research, *Scientific studies on constituent materials and state of conservation for Cultural Heritage in West Asia* [24101014] by Yoko Taniguchi and *A research on the historical development and conservation of the medieval churches and monasteries around Black Sea region* [24760528] by Tamaki Suzuki.





