



AK MEDRESENİN (NİĞDE) YAPIMINDA KULLANILAN TAŞLARIN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ VE SORUNLARI

Mustafa KORKANÇ^{1,2,*} 

¹Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 51240, Niğde Türkiye

²Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Endüstriyel Hammaddeler ve Yapı Malzemeleri Uygulama ve Araştırma Merkezi, 51240, Niğde Türkiye

ÖZET

Ak Medrese (Niğde) 1409-1410 yılında Karamanoğlu hükümdarı Alâeddin Ali Bey'in oğlu Ali Bey tarafından yaptırılmıştır. Bazı onarımlar görenek günümüze kadar gelen medrese, orijinal durumunun muhafaza etmekte olup, dönem medrese yapıları arasında en önemlilerinden birisidir. Yapı, Cumhuriyet döneminden itibaren farklı amaçlar için kullanılmaktadır (okul, müze deposu, kütüphane vb.). Bu tür yapıların korunması ve gelecek nesillere aktarılması için bakımlarının düzenli bir şekilde yapılması gerekmektedir. Bu çalışmada yapıda kullanılan taşların jeomekanik özellikleri ve sorunlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada yapıda kullanılan taşların karakteristik özellikleri belirlenmiştir. Yapıda temel seviyesine yakın kesimlerdeki yapı taşlarında zemin suyuyla ilişkili olarak önemli oranda bozunmalar gözlemlenmiştir. Anıtta restorasyon aşamasında gerçekleştirilen drenaj uygulamasından sonra da anıtın bazı kesimlerde zemin suyu ile ilişkili olarak renklenme, çiçeklenme ve taşın dayanımının azalması sonucunda yüzeysel ve bazı kesimlerde oldukça önemli miktarda taş kayıpları gözlemlenmiştir. Restorasyon uygulamalarında yörenin orijinal taşının kullanılmadığı belirlenmiştir olup, yerine kullanılan restorasyon taşların özellikle kapiler bölgede bozunma sürecini hızlandırdığı belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Ak Medrese, Bozunma, Jeomekanik özellikler, Kapiler seviye, Niğde

ENGINEERING PROPERTIES AND PROBLEMS OF STONES USED IN THE CONSTRUCTION OF AK MADRASA (NIGDE)

ABSTRACT

Ak Madrasa was built in 1409-1410 by Ali Bey who is the son of the sovereign of the Karamanoğlu, Aliâddin Ali Bey. The madrasah, which has survived to the present day with some repairs, maintains its original state and is one of the most important of the madrasah structures of the period. The building has been used for different purposes since the Republican era (school, museum warehouse, library, etc.). In order to protect such structures and transfer them to future generations, they should be maintained regularly. In this study, it was aimed to determine the geomechanical properties and problems of the stones used in the building, and the characteristic features of the stones were determined on three samples. Significant degradation was observed in the building stone close to the basement level due to ground water. After the drainage application performed at the restoration stage of the monument, as a result of coloration, efflorescence formation and decreased resistance of the stone in some parts of the monument, a significant amount of stone losses were observed in some areas. It was determined that the original stone of the region was not used in restoration applications, and it was determined that the restoration stones used instead accelerated the decay process especially in the capillary region.

Keywords: Ak Medrese, Decay, Geomechanical properties, Capillary level, Niğde

1. GİRİŞ

Tarihi eserler bir ulusların uygarlık yolunda kat ettiği mesafenin temel göstergelerinden biridir. Tarihi yapılar geçmişten günümüze milletin kültürünü taşıdığı gibi, gelecek nesiller için de ışık tutan, yol gösteren ve kıvanç veren kültür varlıklarıdır. Aynı zamanda bu yapılar milletin kabiliyetlerinin, bilgilerinin, hünerlerinin, his ve heyecanlarının yanı sıra uğradıkları felaketlerin de aynası durumundadır. Bütün bu değerler göz önüne alındığında, milli kültürün devamlılığı açısından, bu eserlerin titizlikle korunup gelecek nesillere aktarılması kaçınılmaz bir görevdir [1].

* Sorumlu yazar / Corresponding author, e-posta / e-mail: mkorkanc@ohu.edu.tr

Geliş / Received: 24.06.2020 Kabul / Accepted: 24.07.2020 doi: 10.28948/ngmuh.757299

M. Korkanç

Tarihi yapılarda kullanılan yapı elemanları arasında taş malzeme, en dayanıklısı olmasına rağmen yine de zaman içerisinde farklı nedenlerle ayrışıp parçalanmakta ve koruma çalışmaları gündeme gelmektedir. Tarihi yapılarda kullanılan taşların iyi ya da kötü durumda olması, eserin koruma ve kullanımını etkilediği gibi olumsuz şartlarda, eserin yok olmasına varabilecek pek çok sorunu da beraberinde getirebilmektedir. Günümüzde bozunmanın nitelikleri konservasyon, biyoloji, kimya, jeoloji vb. disiplinlerden uzmanlar tarafından incelenerek bazen esere dokunmadan, çevre koşulları iyileştirilerek sorunlar giderilmektedir. Bu nedenle tarihi yapılar üzerinde meydana gelen bozunmaların doğru tanımlanması oldukça önemlidir. Bu sorunların kökenlerinin iyi belirlenmesi gerekmektedir [2,3].

Tarihsel dönemlerde, yalnızca yüksek statülü taş bloklar daha uzun mesafelere taşınırken, yerel yapı taşları daha büyük yapılar için kullanılmıştır [4,5]. Yerel taşlar düşük ulaşım maliyetleri nedeniyle uygun olmaları durumunda fazlaca kullanılabilirler [6]. Burada en önemli özellik, taş ocağından çıkarılan bloklarda eklem, çatlak veya diğer zayıflık düzlemleri yakın aralıklarda olmaması istenir [7]. Helenistik dönem mimarisinde mermer, gnays, kireçtaşı, kumtaşı, granit, andezit, tüf, breş, serpantin, porfir ve trakit gibi taşlar yaygın olarak kullanılmıştır [8]. Diğer taşlar arasında tüflerin çıkartılması, taşınması ve işlenmesi daha kolay olup, nispeten ucuz ve hava koşullarından korunması şartıyla yapının herhangi bir kesiminde kullanılabilir [9]. Ülkemizde de düşük birim ağırlığı, yüksek-çok yüksek gözenekliliği ve durabilitesi orta-iyi olan tüfler, antik yapılarda olduğu gibi Selçuklu-Osmanlı devrinin birçok tarihi eserlerinde de dayanıklı olmaları sonucu geçmişten günümüze kadar başarıyla kullanılmıştır [10-15, 3, 16, 8, 17-20].

Tarihi yapılar üzerinde meydana gelen bozunmalarla ilgili gerek uluslararası gerekse de ülkemizde son yıllarda yapılan çalışmalar artmakla birlikte yeterli değildir. Türk Tarih Kurumu'na 2001 yılında Prof. Dr. Mehmet ÖZKARCI tarafından hazırlanan "Niğde'de Türk Mimarisi" adlı envanter çalışmasında, Niğde Merkezde bulunan yapıların daha çok mimari özellikleriyle ilgili bilgiler bulunmaktadır [21]. Niğde yöresindeki kültürel yapılarda kullanılan taşların özellikleri ve bu taşlarda meydana gelen bozunmalarla ilgili çalışmalar genellikle tarafımızca yapılmış olup, daha sonra birkaç çalışma daha eklenmiştir. [3, 16, 19, 22-24]. Ülkemiz ve dünyada bu tür yapılar için taş değişimi veya yeniden inşası durumunda, orijinal taş ihtiyacına yönelik kapsamlı çalışmalar da kısıtlı sayıdadır. Bu konularda son dönemlerde araştırmalar artmakla birlikte istenilen düzeyde değildir.

İncelenen yapıda da günümüze kadar yapılan restorasyon uygulamalarında yapının orijinal taşı kullanılmamış olup, Nevşehir ve Kayseri yöresinde ticari olarak işletilen alanlardan getirilen ve orijinal taşta hem fiziksel ve mekanik özellikleri hem de renk ve dokusal olarak uymayan taşlar kullanılmıştır. Bölgedeki tarihi yapılarda kullanılan taşlar ile yerleri yaklaşık da olsa eski ocak alanları ile potansiyel bölgelerden alınan benzer dokusal özelliklere sahip örneklerin de mühendislik özellikleri yine tarafımızca yapılan çalışmalarla belirlenmiştir [25, 26]. Yeni taş ihtiyacına yönelik olarak bu alanlar ayrıntılı olarak tanımlanmış olup, yörede devam eden restorasyon uygulamalarında hala aynı orijinal taş yerine uygun olmayan taşların kullanımı devam etmektedir. Bilindiği gibi restorasyon çalışmalarında kullanılacak yeni taşların mühendislik özelliklerinin, yapıda kullanılmış örnekler ile aynı ya da benzer davranışı gösterecek mühendislik özelliklere sahip olması gerekmektedir.

Bu çalışmada, Ak Medrese'de kullanılan yapı taşlarının mühendislik özelliklerinin belirlenmesi ve taşların sorunlarının ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu amaçla restorasyon sırasında izinler ölçüsünde yapıdan düşmüş ve bir daha kullanılması mümkün olmayan örnekler üzerinde yapıda kullanılmış olan taşların mineralojik, petrografik, jeomekanik özellikleri ve taşlarda gözlenen sorunları ayrıntılı bir biçimde ortaya konulmaya çalışılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Ak Medresenin Tarihi ve Mimari Özellikleri

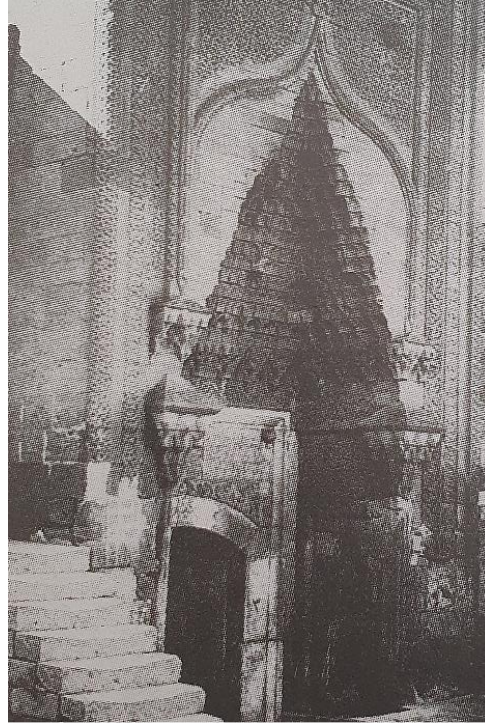
Ak Medrese, Niğde ilinin merkezinde Saruhan mahallesinde bulunmaktadır. Taçkapının üstündeki inşa kitabesine göre, 812 H./ 1409-1410 M. yılında Karamanoğlu hükümdarı Alâeddin Ali Bey'in oğlu Ali Bey tarafından yaptırılmıştır. Medresenin taçkapısı tamamen beyaz mermerden yapıldığı için yapıya "Ak Medrese" adı verilmiştir [21].

Bazı onarımlar görenek günümüze kadar gelen medrese, orijinal durumunun muhafaza etmektedir. Yapı, I. Dünya Savaşı'nda nalbathane olarak kullanılmış, 1922 yılında 60 öğrencisiyle medrese olarak fonksiyonunu sürdürmüştür. Cumhuriyet döneminde de çeşitli okul hizmetlerinde kullanılmıştır. 1936 yılından itibaren çevrede bulunan tarihi eserler medresede toplanmaya başlanmış, 1939-1950 yılları arası ise II. Dünya Savaşı tehlikesine karşı İstanbul Arkeoloji Müzesi'nin deposu olarak hizmet vermiştir. 1950-1957 tarihleri arasında Niğde Müzesi deposu, 1957-1977 yılları arasında ise Niğde Müzesi Müdürlüğü, 1977'den itibaren de yine Niğde Müzesi'nin deposu olarak bazı taş eserler burada muhafaza edilmiştir. Vakıflar Genel Müdürlüğü'nün mülkiyetinde olan yapı, 19.03.1993 tarihinden itibaren 10 yıl süreyle Niğde Üniversitesi'ne kütüphane amacıyla kullanılmak üzere devredilmiştir. Günümüzde ise Niğde Belediyesi tarafından sosyal amaçlı (sergi, söyleşi, tanıtım vb.) olarak kullanılmaktadır. Medrese 1963, 1976, 1983, 1986-1987, 2008-2009 yıllarında Vakıflar Genel Müdürlüğü tarafından çeşitli onarımlar yaptırılmıştır. Albert Gabriel tarafından 1928'de çekilen resimde [27] üst katın revak cephelerindeki bezemelerin kısmen tahrip olduğu, üst kattaki eyvanların oda şekline dönüştürüldüğü, üst katın kuzey cephesi sofaların oda şeklinde düzenlendiği ve sofalara çıkmak için kuzey cephede taçkapının iki yanına merdivenlerin yapıldığı görülmektedir (Şekil 1). Bu

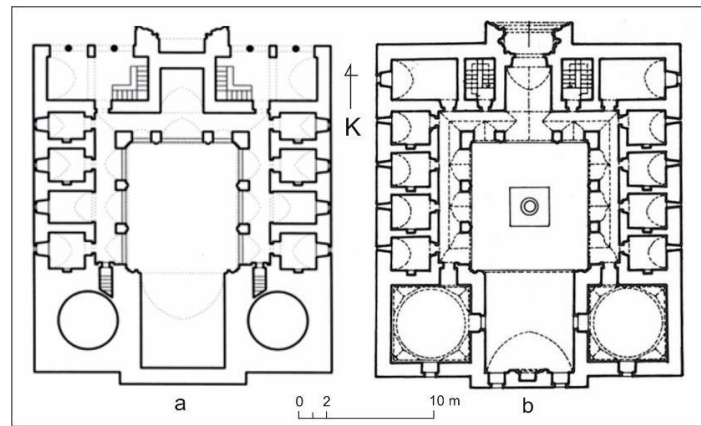
AK MEDRESENİN (NİĞDE) YAPIMINDA KULLANILAN TAŞLARIN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ VE SORUNLARI

onarımlarda bütün mekanlar restore edilmiş kuzey cephedeki merdivenler kaldırılmış, aşınan taşlar yenilenmiş, çatıdaki toprak tabakası kaldırılmış, odaların içleri sıvanarak badana edilmiştir [21].

Yapı, açık avlulu ve iki katlı medreseler grubuna girer. Alt iki kat eyvanlı bir şemaya sahipken, üst katta ise iki kat yüksekliğinde tutulan ana eyvan ile beraber dört eyvanlı bir düzenleme görülür. Medresenin plan şeması son derece simetrik olup, plan düzenlemesi bakımından Türk medrese mimarisinde tek örnektir (Şekil 2). Kuzey-güney doğrultusunda yerleştirilen kapı, dıştan 21.80 x 24.50 m. boyutlarındadır [28]. Medrese zamanla yol seviyesinin altına indiği için, taçkapağı oniki basamaklı merdivenle inilmekte ve yapı biraz çukurda kalmaktadır [21].



Şekil 1. Albert Gabriel [27] tarafından 1928'de çekilen Ak Medrese'nin giriş kapısının görünümü ([21]'den alınmıştır)



Şekil 2. Ak Medresenin a) alt ve üst kat b) zemin kat planları (Kuran, [28]'den düzenlenmiştir)

Medresenin doğu batı ve güney cephelerinde iki katlı pencereler açılarak duvarların masifliği giderilmeye çalışılmıştır. Bu cephelerin alt taraflarında dışa açılan toplam onbeş pencerenin sekizi mazgal, diğerleri dikdörtgen kesitlidir. Mazgal pencereler odaların duvarlarının üst kısmında bulunmaktadır. Ayrıca doğu cephenin güney tarafındaki ile kuzey cephenin doğu kısmında yer alan alt pencerelerin sonradan onarımlar sırasında açıldığı sanılmaktadır. Pencereler dıştan demir parmaklıklıdır. Üst katın doğu ve batı tarafların da yer alan hacimlerin dışa açılan birer penceresi vardır. Ayrıca ana eyvanın iki yanında bulunan kubbeli odaların da üst kısmında dışa açılan birer mazgal penceresi mevcuttur. Kuzey cephe yapının en muhteşem kısmını

M. Korkanç

oluşturmaktadır. Bu cephenin alt katı sağır yapılmış, fakat ortada medresenin yüksekliğini bir kat daha aşan anıtsal taçkapı bulunmaktadır. Taçkapının doğusuna ve batısına simetrik olarak yerleştirilen ve ikiz kaş kemerlerle belirtilen çift gözlü sofalar yapılarak, kuzey cephenin önemi kuvvetle vurgulanmıştır. Cephe duvarları dışa hafif taşıntı yapan kesme taş kornişle nihayetlenmektedir. Çatının güneydoğu köşesinde taş çörten mevcuttur, orijinalinde çatının muhtelif yerlerinde çörtlenlerin olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca çatının doğu ve batı taraflarında dörderden sekiz tane, dikdörtgen kesiti ve konik külahlı baca bulunmaktadır [21].

Yapıda sadece taş bezeme görülür. Süslemenin en yoğun olduğu eleman şüphesiz ki taçkapıdır. Taçkapıda bütün yüzeyler boş bırakılmadan süslemeye çalışılmıştır. Bezemeler alçak ve yüksek kabartma olarak oyulmuştur. Ayrıca iç kısımda mihrap, bazı kapılar ve revakların ön yüzleri çeşitli şekillerde dekore edilmiştir [21].

2.2. Yapıdan Alınan Örneklerle Ait Veriler

Niğde sarısı olarak bilinen ve yöredeki eserlerde yaygın olarak kullanılan tüfler Melendiz Tüfü olarak bilinen birimler olup, burada da en fazla kullanılan taş çeşididir. Bundan başka yörede yaygın olarak bulunan Kızılkaya İgnimbiritlerinden alınan kayaçlar da özellikle önemli tadilatların ve eklemelerin olduğu kesimlerde kullanılmıştır. Yapının özellikle alt kesimlerinde Bor yöresindeki bazalt litolojilerine çok benzer olan bazalt blokları ile yine aynı kesimde ve giriş portalı Niğde Masifine ait mermerler kullanılarak yapılmıştır. Yapının taş işçiliği oldukça muntazam ve kalitelidir. Avlu, revaklar ve diğer mekânların zeminleri de kesme taşla kaplanmıştır. Örnek alımına ilişkin olarak 2008-2009 yıllarındaki tadilatlar sırasında alınan izinler ölçüsünde yapıdan düşmüş bir daha kullanılması mümkün olmayan sarı tüf ve ignimbiritlerden 3 blok örnekleme yapılmıştır (Tablo 1). Daha sonra örneklerin mineralojik, petrografik ve jeomekanik özelliklerini belirlemek amacıyla laboratuvarında; ince kesitler ile toz numune, karot numunesi ve parça numuneler hazırlanmıştır. Hazırlanan toz numuneler üzerinde kimyasal analizler ve XRD analizleri yapılarak örneklerin mineral bileşimleri tanımlanmıştır. Deneysel çalışmalarda ISRM [29]'de belirtilen esaslar göz önünde bulundurulmuştur.

Tablo 1. Ak Medreseden alınan örneklerin tanıtımı ve kayaç özellikleri

Örnek kodu	Formasyon	Örnekleme Yeri	Kaya Adı	Açıklamalar
AK1	Melendiz tüfü	Yapıda kullanılmış örnek	Sarı Tüf	Açık sarı renkli, İri taneli, yer yer boşluklu, ayrışma etkileri gözlenmiyor.
AK2	Melendiz tüfü	Yapıda kullanılmış örnek	Sarı Tüf	Kısmen AK1 örneğine göre ince taneli, makro boşlukları daha azdır.
AK3	Kızılkaya ignimbiriti	Yapıda kullanılmış örnek	İgnimbirit	Gri renkli, yer yer iri taneli pomza çakıllı, kaynaşmış ignimbirit özellikli olup, ayrışma etkisi gözlenmemektedir, makro boşluk oranı düşüktür.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. İncelenen Örneklerin Kimyasal ve Petrografik Özellikleri

Yapıda kullanılan sarı tüf ve ignimbiritler üzerinde numune hazırlama aşamalarından sonra kimyasal analizler, petrografik incelemeler ve jeomekanik deneyler yapılmıştır. İncelenen örneklerin ana element içerikleri ICP-AES yöntemi (Kanada –Acme Lab.) ile gerçekleştirilmiş olup, elde edilen sonuçlar Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2. İncelenen örneklerin kimyasal bileşimi

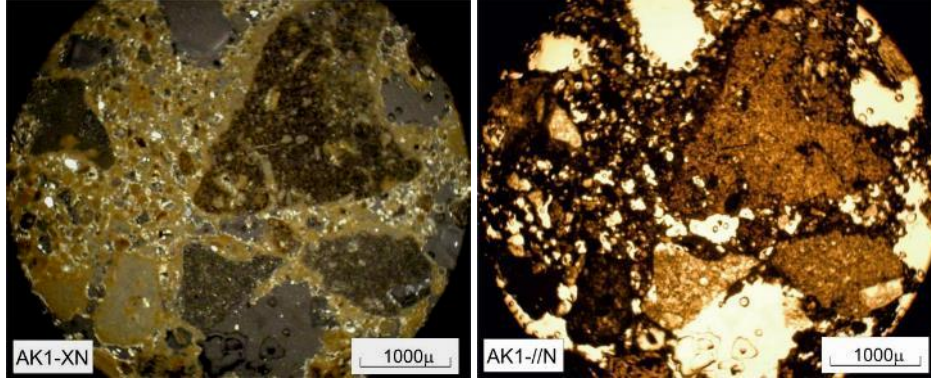
Element oksit (%)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Cr ₂ O ₃	LOI	Toplam
AK1	58,08	2,81	13,39	0,15	1,63	0,81	3,26	0,69	0,82	0,01	0,005	18,1	99,91
AK2	56,82	4,79	13,61	0,17	0,76	0,50	3,69	0,71	0,88	0,02	0,009	17,7	99,89
AK3	75,68	12,86	1,20	0,14	1,02	2,98	4,48	0,20	0,05	0,05	<0,002	1,2	99,95

Sarı tüflerin kimyasal bileşimleri birbirlerine oldukça benzer olup, demir içerikleri ile ateşte kayıp oranları ignimbirite göre oldukça yüksektir. İgnimbiritlerin ise SiO₂ ve Al₂O₃ değerleri sarı tüflere oranla belirgin olarak daha yüksek değerlerdedir.

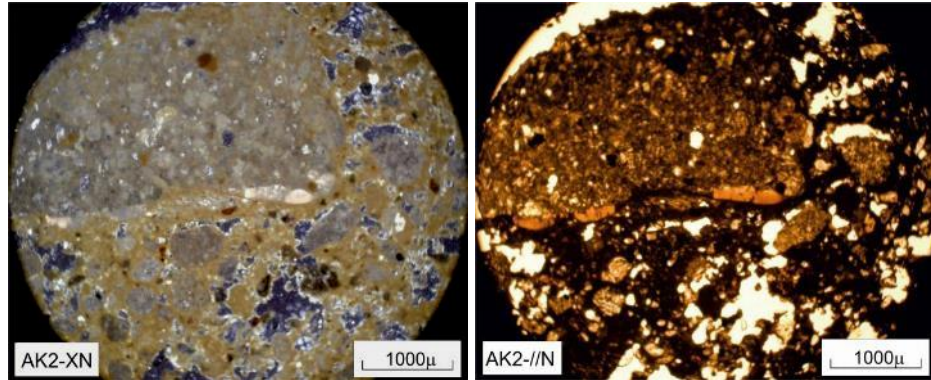
AK MEDRESENİN (NİĞDE) YAPIMINDA KULLANILAN TAŞLARIN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ VE SORUNLARI

Melendiz sarı tüfleri ile Kızılkaya ignimbiritlerinden olduğu düşünülen ve yapıda kullanılmış örneklerden hazırlanan ince kesitler üzerinde petrografik incelemeler de yapılmıştır. Bu incelemelerle örneklerin; başlıca mineralojik bileşimi, dokusu, ayrışma, boşluk ve kristal boyutları, fenokristal-matriks oranları belirlenmeye çalışılmıştır.

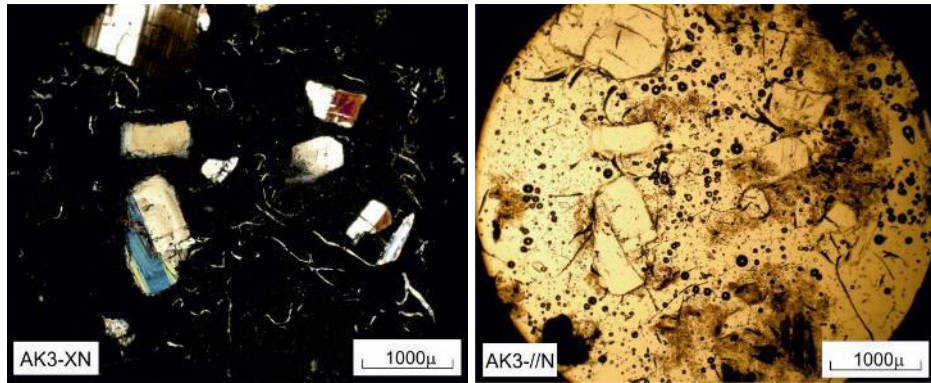
AK1 örneği, AK2 örneğine nazaran nispeten daha küçük kaya parçası bulundurmaktadır. Litolojik olarak oldukça benzer mineral içeriğine ve dokusal özelliklere sahiptir. AK1 örneği AK2 örneğine nazaran daha boşluklu ve ayrışma etkileri nispeten daha belirgindir. Kayaçta tane oranı, hamur oranından fazladır (Şekil 3, Şekil 4). AK3 örneği iyi kaynaklanmış ignimbirit özellikleri sunmaktadır. Kayaçta fenokristaller ince tanelidir. Matriks oranı, tane oranından fazladır. Yer yer opak mineraller de gözlenen kayaç, hipokristalin porfirik dokuludur (Şekil 5).



Şekil 3. AK1 örneğinin mikroskop görüntüsü a) çift nikol, b) tek nikol (büyütme 4X)



Şekil 4. AK2 örneğinin mikroskop görüntüsü a) çift nikol, b) tek nikol (büyütme 4X)

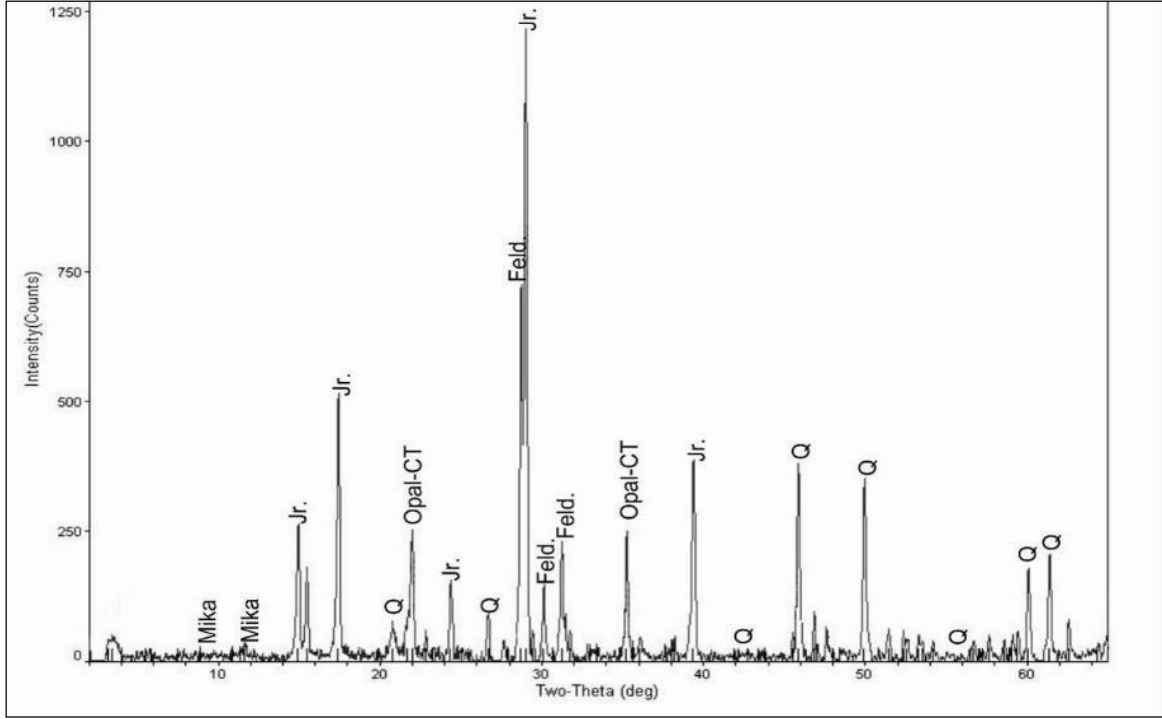


Şekil 5. AK3 örneğinin mikroskop görüntüsü a) çift nikol, b) tek nikol (büyütme 4X)

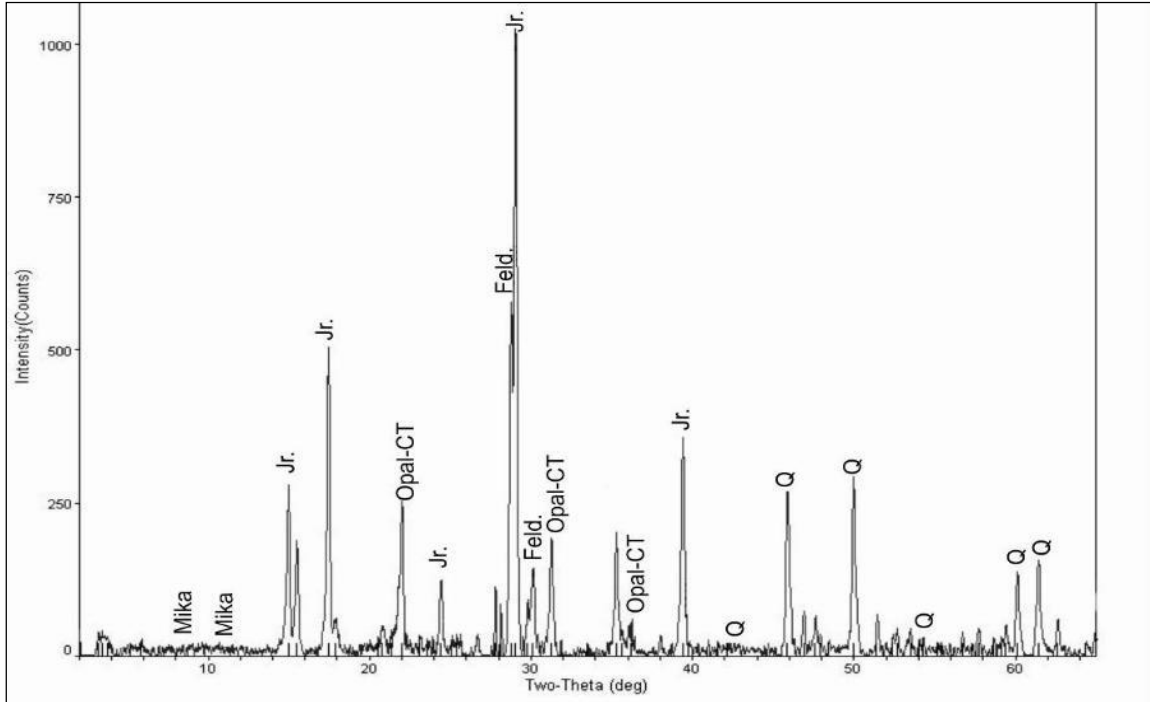
Aynı örnekler üzerinde hazırlanan toz numunelerin XRD yöntemi ile yapılan incelemelerinde AK1 ve AK2 örnekleri sarı tüflere ait örnekler olup, bu örneklerden elde edilen XRD sonuçlarına göre benzer mineral birlikeliklerine sahiptir (Şekil 6, Şekil

M. Korkanç

7). Bu örneklerde gözlenen mineraller ise sırasıyla Jarosit (Jr.), Feldispat (Feld.), Opal-CT, Kuvars (Q) ve Mika mineralleridir. İğnimbirit özelliği gösteren AK3 örneğinde ise Opal-CT, Plajiyoklas (Plj.) ve Feldispat (Feld.) mineralleri en fazla gözlenen mineraller olmuştur (Şekil 8).

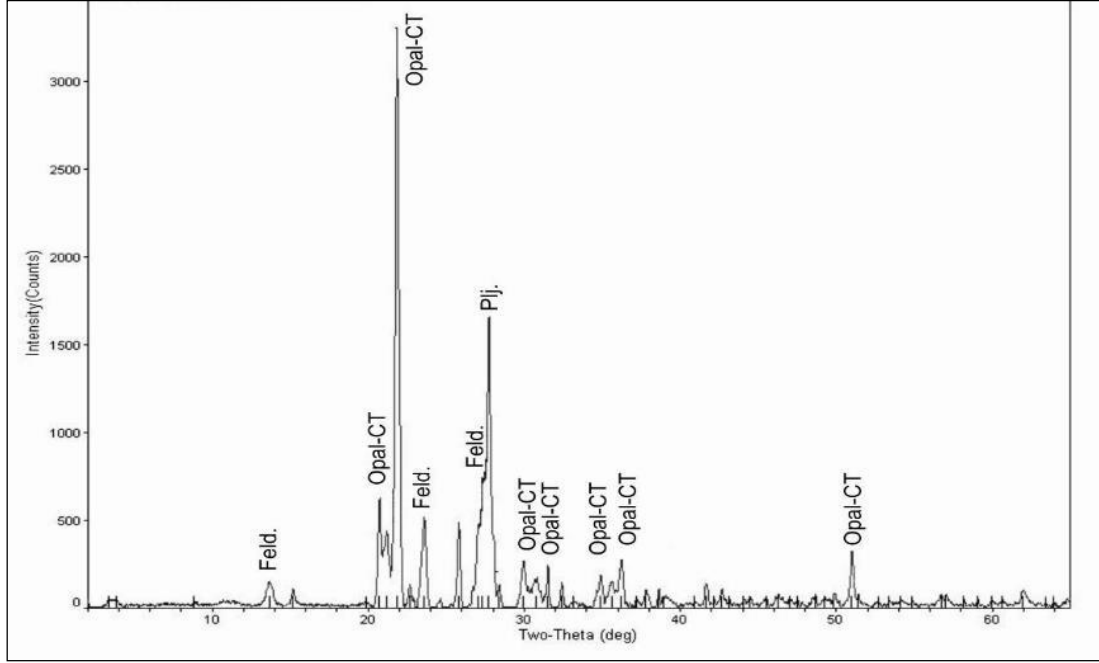


Şekil 6. AK1 örneğinin difraktometre analiz sonuçları



Şekil 7. AK2 örneğinin difraktometre analiz sonuçları

AK MEDRESENİN (NİĞDE) YAPIMINDA KULLANILAN TAŞLARIN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ VE SORUNLARI



Şekil 8. AK3 örneğinin difraktometre analiz sonuçları

3.2. İncelenen Örneklerin Jeomekanik Özellikleri

Yapıda kullanılan sarı tuf ve ignimbiritler üzerinde ISRM [29] tarafından önerilen yöntemler esas alınarak; kuru (γ_d) ve doymun birim ağırlık (γ_s), ağırlıkça su emme (a_w), görünür porozite (n), kapiler su emme (C), suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi (Id_2), P-dalga hızı (V_p), Böhme yüzeysel aşınma (BAV) ve tek eksenli basınç dayanımı (TBD) deneyleri yapılmıştır. Suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi deneyi parça numuneler üzerinde 2 tekrarlı olarak yapılmış olup, diğer deneyler karot boyu/karot çapı oranı 2,5-3 olan karot örnekleri üzerinde en az 5 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Deneylerden elde edilen jeomekanik özelliklere ait ortalama veriler aşağıda sunulmuştur (Tablo 3).

Tablo 3. İncelenen örneklerin bazı ortalama jeomekanik özellikleri

Örnek No	γ_d (kN/m ³)	γ_s (kN/m ³)	a_w (%)	n (%)	C (Kg/m ² /h)	Id_2 (%)	V_p (km/s)	BAV (%)	TBD (MPa)
AK1	14,85	17,13	15,37	23,26	6,39	94,08	2,74	23,00	18,88
AK2	16,29	18,35	12,64	20,99	5,81	96,87	3,23	30,75	32,24
AK3	13,68	17,00	24,21	33,78	23,77	89,33	1,82	48,68	6,43

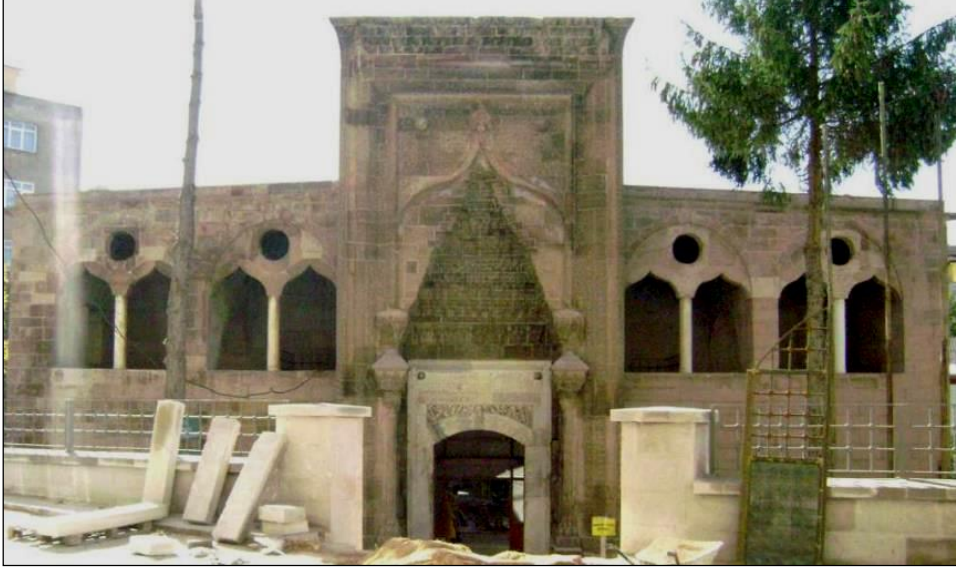
İncelenen örneklerin ortalama kuru birim hacim ağırlığı, doymun birim hacim ağırlık, su emme, porozitesi, kapiler su emme, P-dalga hızı, suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi, Böhme yüzeysel aşınma ve tek eksenli basınç değerlerine bakıldığında, sarı tuf örneklerinden nispeten daha yüksek jeomekanik özellikler elde edilmiştir. İgnimbiritlerin daha yüksek porozite değerlerine sahip oldukları belirlenmiş olup, kapiler su emme, suda dağılmaya karşı duraylılık indeks değerleri ile P-dalga hızları ve tek eksenli basınç dayanımları, tuf örneklerine göre bariz olarak düşüktür (Tablo 3). İncelenen örneklerin kuru birim ağırlıkları NGB [30]'e göre değerlendirildiğinde, “çok düşük” birim ağırlıklı kayaç sınıfında yer almaktadır. Örneklerin porozite değerleri NGB [30]'e göre değerlendirildiğinde “çok yüksek” poroziteye sahip kayaç sınıfında yer almaktadır. İncelenen örneklerin kapiler su emme değerleri 5,81–23,77 K/m²/h arasında olup, Sneath [31]'a göre sınıflandığında “yüksek emici” kayaç olarak sınıflandırmıştır. Örneklerin P-dalga hızları NGB [30]'e göre değerlendirildiğinde ise ignimbiritler “çok düşük” sismik hız

M. Korkanç

gurubunda yer alırken, tüfler “düşük” sismik hız sınıfında yer almaktadır. İncelenen örnekler tek eksenli basınç direnci açısından Deere ve Miller [32]’e göre değerlendirildiğinde ise “çok düşük-düşük” dirençli kayaç sınıfında yer almaktadır.

3.3. Yapıya Kullanılan Taşların Mühendislik Jeolojisi Sorunları

Ak Medrese’nin yapımında Niğde sarısı olarak bilinen tüfler en fazla kullanılan yapı taşlarıdır. İgnimbiritler de nispeten yapının daha çok üst taşıyıcı duvarlarında ve tadilat yapılan kesimlerinde kullanılmıştır. Bunun dışında daha çok alt benden duvarlarında bazı kesimlerde bazalt ve mermer blokları da devşirme taş olarak kullanılmıştır. Yapının giriş portalinde beyaz mermerler kullanılmış olup, yapının isminin de buradan geldiği belirtilmektedir [21] (Şekil 9, Şekil 10).



Şekil 9. Ak Medrese’nin ana giriş kapısının görünümü



Şekil 10. Medrese taç kapısındaki mermerlerin yakından görünümü

AK MEDRESENİN (NİĞDE) YAPIMINDA KULLANILAN TAŞLARIN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ VE SORUNLARI

Yapının kuzeybatıya bakan beden duvarlarında daha belirgin olmak üzere nemin etkisi ile kapiler zonda ignimbiritlerde düşükten ileri derecede ayrışmaya kadar geçiş gösteren kesimler gözlenmektedir. Bu taşlarda özellikle kapiler zonda yüzeysel dökülmeler, kopmalar ve çiçeklenmeler gözlenmektedir (Şekil 11, Şekil 12). Kapiler yükselme bölgesindeki tüflerde ise nispeten dökülme ve parçalanma etkisi daha azdır. Bunda tüflerdeki mineralojik bileşim ve büyük boşlukların fazlalığı ile geçirimli derzlerin etkisinin büyük olduğu düşünülmektedir. Yerinde yapılan gözlemlerle yapıda belirlenen bozunma etkileri görsellerle birlikte aşağıda verilmiştir (Şekil 13 - Şekil 18).



Şekil 11. Ak Medresenin iç kısmında ignimbiritlerde nemlenme nedeni ile meydana gelen çiçeklenmeler



Şekil 12. Ak Medresede taş yüzeyinde yer yer 5 cm'yi aşan kopmalar ve yerine eklenen taş

M. Korkanç

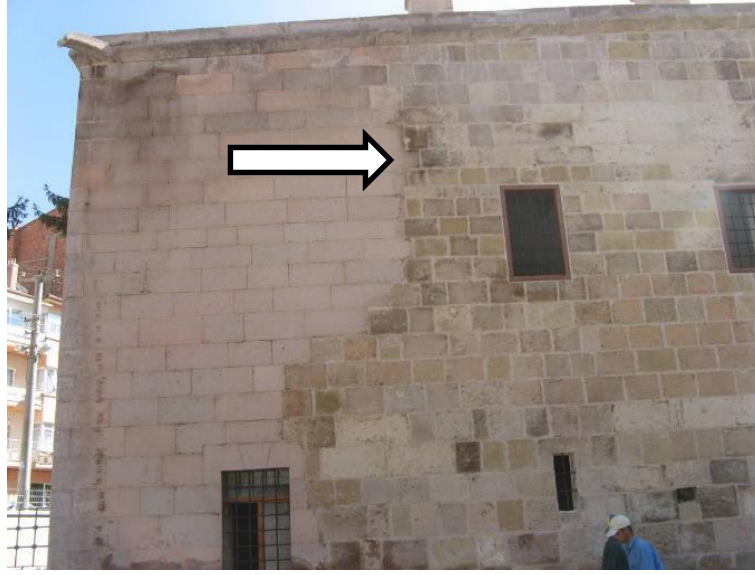


Şekil 13. Yapıda zemin suyuna bağlı kapiler yükselme bölgesindeki nemlenme etkilerine karşı alınan drenaj önlemleri



Şekil 14. Farklı litolojik özelliklerdeki taşların birlikte kullanımı ve farklı yüksekliklerdeki nemlenme sonucu bozunmalar

AK MEDRESENİN (NİĞDE) YAPIMINDA KULLANILAN TAŞLARIN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ VE SORUNLARI



Şekil 15. Sonradan yapılan tadilatlarda orijinal taşla benzemeyen taşların kullanımı



Şekil 16. Taç kapı üst kesiminde yağmur ve kar sularının drenaj sisteminin çalışmaması nedeniyle süslemelerde meydana gelen ileri derecedeki bozunmalar

M. Korkanç



Şekil 17. Giriş portali sol üst kesimindeki süslemelerdeki önemli kayıplar ve orijinal olmayan taşla yapılan değiştirme işlemi



Şekil 18. Yapının iç kesimlerinde ignimbiritlerde kirlenme etkilerinin fazlaca görüldüğü alanlar

4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Yapıda gözlenen bozulmalar genellikle üç ana başlık altında değerlendirilmektedir (atmosferik, biyolojik ve antropojenik). Atmosferik etkiler, donma-çözünme [33-37], termal etkiler [38-41], ıslanma-kuruma [42,43] ve tuz kristalizasyonu [44-46] olarak sıralanabilir. Biyolojik etkiler ise bitkilerin, likenlerin, mantarların, bakterilerin ve alglerin kayaların fiziksel ve kimyasal parçalanmasına doğrudan ve dolaylı katkısı olarak tanımlanmaktadır [47-50]. Antropojenik etkiler, yapı taşlarına mekanik müdahalelerin ve doğrudan insan temasının neden olduğu aşınmalar ile kötü kullanımın neden olduğu tahribatlar olarak

AK MEDRESENİN (NİĞDE) YAPIMINDA KULLANILAN TAŞLARIN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ VE SORUNLARI

tanımlanmaktadır [40, 51-53]. Bu çalışmada yapıdaki bozunma sorunları tanımlanırken Vergès-Belmin [54] ve Fitzner ve Heinrichs [55]'deki çalışmalar göz önünde bulundurularak tanımlanmıştır. Yapıdaki en yaygın bozulma türü, zemin ve yağış suyuna bağlı nemlenme etkileri sonucu oluşan bozunmalardır. Ayrıca sonradan yapılan restorasyon uygulamalarında yapının orijinal taşı yerine orijinal taşlara benzemeyen taşlar kullanılmıştır. Bu yeni taşlar, nemlenme etkilerinden ve bozunma süreçlerinden daha fazla etkilendiği gözlenmiştir.

600 yıldan beri bazı onarımlar gören yapı hala orijinal durumunu korumaktadır. 1900'lü yılların başından itibaren farklı fonksiyonlar üstlenen yapı, birçok kez önemli restorasyonlar geçirmiştir. En son 2008 yılı sonu ile 2009 yılı restorasyonu esnasında alınan izinler ölçüsünde yapıdan düşmüş ve bir daha kullanılması mümkün olmayan sarı tüf ve ignimbirit bloklarından temsilci örnekler alınmıştır. Alınan bu örnekler üzerinde yapıda kullanılan taşların karakteristik özellikleri ayrıntılı biçimde ortaya konulmuştur.

Elde edilen sonuçlara göre yapıda yoğun olarak kullanılan sarı tüflerden alınan nispeten farklı dokuya sahip iki örneğin kimyasal ve petrografik özellikleri birbirine oldukça yakındır. Sarı tüflerden elde edilen dayanım değerleri ignimbiritlere göre daha yüksek değerler sunmaktadır. İgnimbiritlerin porozite ve su emme değerleri tüflere göre daha yüksek olup, bu etkinin arazi gözlemleriyle de örtüşmektedir. Yapıda kullanılmış ignimbiritlerde daha ciddi bozunmalar gözlenmiştir.

Yapıda kullanılan taşlardan temel seviyesine yakın olan özellikle ignimbiritlerde zemin suyuna bağlı olarak kayaçta bazı kesimlerde önemli oranda yüzeysel taş kayıpları gözlenmiştir. 2008-2009 dönemi restorasyonu sırasında zemin suyunun etkilerinde kurtulmak amacıyla drenaj önlemlerinin alındığı gözlenmiş olup, yine de bazı kesimlerde özellikle kapiler yükselme bölgelerinde renklenmeler, çiçeklenme ile taşa direnç azalması ve sonuçta yüzeysel ve bazı kesimlerde 5 cm'yi aşan taş kayıpları gözlenmiştir. Bu etki sarı tüflerde nispeten daha azdır. Yapım sırasında temel seviyesinde sarı tüfler, ignimbiritlere oranla daha fazla tercih edilmiş olup, bu durum yapının günümüze kadar kapiler seviyedeki taşların daha az yıpranması açısından önemli bir tecrübe olarak değerlendirilmiştir. Yapının bakımsız kaldığı dönemlerde özellikle taşıyıcı duvarlarının olduğu kesimde duvara yakın toprak birikintileri nedeniyle zemin suyu etkileri daha olumsuz olarak yapıyı etkilemiştir. Yapıda günümüzde herhangi bir yapısal sorun gözlenmemekte olup, yapının gerek zemin gerekse de çatı suyu drenajının ve drenaj elemanlarının bakımlarının aksatılmadan düzenli olarak yapılmasının, yapının gelecek nesillere aktarılmasında önemli bir görev olduğu unutulmamalıdır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma finansal olarak; Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TUBİTAK) tarafından (Proje No: 106Y220) desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] A. Savran, "Niğde İlinde tarihi eserler üzerinde yetişen bitkilerin yapılara verdiği zarar," *Kayseri Vakıflar Bölge Müdürlüğü Düünden Bugüne Vakıflar Niğde, Vakıflar Bülteni* 2, 2004.
- [2] G. Küçükaya, *Taşların bozulma nedenleri koruma yöntemleri*, Birsen Yayınevi, 2004.
- [3] M. Korkanç, "Deterioration of different stones used in historical buildings within Niğde province," *Cappadocia, Construction and Building Materials* vol. 48, pp. 789–803, 2013.
- [4] M. Gomez-Heras and R. Fort Gonzalez, "Location of quarries of non-traditional stony materials in the architecture of Madrid: the Crypt of the Cathedral Santa Mari'a de la Almudena," *Materiales de la Construcción*, vol. 14, pp. 33–49, 2004.
- [5] Török, A. and Prikryl, R., "Current methods and future trends in testing, durability analyses and provenance studies of natural stones used in historical monuments," *Engineering Geology*, vol. 115, pp. 139–142, 2010.
- [6] F. G. Bell, "Engineering geology and building Stones of historical monuments: construction materials, geological origin, quarries," In Proc.: Marinos, K. (ed.) *Engineering Geology of Ancient Works, Monuments and Historical Sites*. Rotterdam, A. A. Balkema, 1990, 1867–1880.
- [7] G. R. Rapp, *Archaeomineralogy*. Springer-Verlag, Berlin, 2002.
- [8] D. Ergenç, E.N.C. Satık, and T. Topal, "Antique stone quarries in Turkey: a case study on tuffs in the Temple of Apollon Smintheus," *The Geological Society of London*, vol. 416, pp. 133-144, 2016.
- [9] P. L. Tucci, "Materials and techniques of architecture," in: *Marconi, C. (ed.) The Oxford Handbook of Greek and Roman Art and Architecture*, Oxford University Press, New York, 2015, pp. 241–268.
- [10] T. Topal and V. Doyuran, "Engineering geological properties and durability assessment of the Cappadocian tuff," *Engineering Geology*, 47, pp. 175–187, 1997.
- [11] T. Topal and V. Doyuran, "Analyses of deterioration of the Cappadocian tuff, Turkey." *Environmental Geology*, vol. 34, pp. 5-20, 1998.

- [12] T. Topal, “Quantification of weathering depths in slightly weathered tuffs.” *Environmental Geology*, vol. 42, pp. 632–641, 2002.
- [13] T. Topal and B. Sözmen, “Deterioration mechanisms of tuffs in the Midas monument.” *Engineering Geology*, vol. 68, pp. 201–223, 2003.
- [14] A. B. Yavuz, “Durability assessment of the Alaçatı tuff (Izmir) in western Turkey,” *Environmental Earth Sciences*, vol. 67, pp. 1909–1925, 2012.
- [15] M. Y. Çelik, H. Akbulut and A. Ergül, “Water absorption process effect on strength of Ayazini tuff, such as the uniaxial compressive strength (UCS), flexural strength and freeze and thaw effect,” *Environmental Earth Sciences*, vol. 71, pp. 4247–4259, 2014.
- [16] M. Korkanç, A. Tuğrul, A. Savran and F.Z. Özgür, “Structural–geological problems in Gümüşler archeological site and monastery.” *Environmental Earth Sciences*, vol. 73 (8), pp. 4525-4540, 2015.
- [17] T. Topal, B.E. Deniz and N. Şahin Güçhan, “Deterioration of Limestone Statues at Mount Nemrut (Adiyaman, Turkey),” *International Journal of Architectural Heritage: Conservation, Analyses, and Restoration*, vol. 9 (3), pp. 244-264, 2015.
- [18] İ. İnce, A. Bozdağ, M.B. Tosunlar, M.E. Hatır and M. Korkanç, “Determination of deterioration of the main facade of the Ferit Paşa Cistern by non-destructive techniques (Konya, Turkey),” *Environmental Earth Sciences*, vol. 77 pp. 420, 2018.
- [19] M.E. Hatır, M. Korkanç and M. E. Başar, M.E., “Evaluating the deterioration effects of building stones using NDT: the Küçükköy Church, Cappadocia Region, central Turkey,” *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, vol. 78, pp. 3465–3478, 2019.
- [20] M. Korkanç, M.Y. Hüseyinca, M.E. Hatır, M.B. Tosunlar, A. Bozdağ, L. Özen and İ İnce, “Interpreting sulfated crusts on natural building stones using sulfur contour maps and infrared thermography.” *Environmental Earth Sciences*, vol. 78, pp. 378, 2019
- [21] M. Özkarcı, *Niğde’de Türk Mimarisini*, Türk Tarih Kurumu Basım Evi, Ankara, 2001.
- [22] M. Korkanç and A. Savran, “Impact of the surface roughness of stones used in historical buildings on biodeterioration,” *Construction and Building Materials*, vol. 80, pp. 279-294, 2015.
- [23] M. Korkanç and B. Solak, “Estimation of engineering properties of selected tuffs by using grain/matrix ratio,” *African Earth Sciences*, vol. 120, pp. 160-172, 2016.
- [24] M. Korkanç, “Characterization of building stones from the ancient Tyana aqueducts, Central Anatolia, Turkey: implications on the factors of deterioration processes,” *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, vol. 77, pp. 237-252, 2018.
- [25] M. Korkanç ve A. Savran, “Niğde Yöresindeki Tarihi Yapılarda Kullanılan Taşlar ve Sorunları,” Tübitak Projesi Proje No: 106Y220, 375 sayfa, 2010.
- [26] M. Korkanç ve A. Turgut, “Niğde yöresi tarihi yapılarında kullanılan taşların kaynak alan araştırmaları,” Ulusal Mühendislik Jeolojisi ve Jeoteknik Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 3-5 Ekim, s. 167-176, 2019.
- [27] A. Gabriel, *Monuments Turcs D’Anatolie I, Kayseri- Niğde*, Du Ministère Turc de L’Instruction Publique, Paris, 1931.
- [28] A. Kuran, “Karamanlı Medreseleri,” *Vakıflar Dergisi*, sayı: 8, ss. 209- 223, 1969.
- [29] ISRM (International Society for Rock Mechanics), The complete ISRM suggested methods for rock characterization, testing and monitoring: 1974–2006. In: Ulusay and Hudson (Eds.), Suggested methods prepared by the commission on testing methods, International Society for Rock Mechanics. ISRM Turkish National Group, Ankara, Turkey., 2007 p.628.
- [30] NBG (Norwegian Group for Rock Mechanics), 1985. Engineering Geology and Rock Engineering. Handbook No 2, 249 pp.
- [31] R. Snethlage, *Leitfaden zur Steinkonservierung*, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart., 2005.
- [32] D.U. Deere and R.P. Miller, “Engineering Classification and Index Properties for Intact Rock,” Technical Report No. AFNL-TR-65-116, Air Force Weapon Laboratory, New Mexico, 1966.
- [33] M. Fener and İ. İnce, “Effects of the freeze–thaw (F–T) cycle on the andesitic rocks (Sille-Konya/Turkey) used in construction building,” *Journal of African Earth Sciences*, vol. 109, pp. 96-106, 2015.
- [34] M.V. Gökçe, İ. İnce, M. Fener, T. Taşkıran and K. Kayabalı, “The effects of freeze–thaw (F–T) cycles on the Gödene travertine used in historical structures in Konya (Turkey),” *Cold Regions Science and Technology*, vol. 127, pp. 65-75, 2016.
- [35] J. Ondrasina, D. Kirchner and S. Siegesmund, “Freeze-thaw cycles and their influence on marble deterioration: a long-term experiment,” *Geological Society, London, Special Publications*, vol. 205(1), pp. 9-18, 2002.
- [36] S. Siegesmund, T. Weiss and A. Vollbrecht, “Natural stone, weathering phenomena, conservation strategies and case studies: introduction,” *Geological Society, London, Special Publications*, vol. 205(1), pp. 1-8, 2002.
- [37] D.M. Freire-Lista, R. Fort and M.J. Varas-Muriel, “Freeze–thaw fracturing in building granites,” *Cold Regions Science and Technology*, vol. 113, pp. 40-51, 2015.

AK MEDRESENİN (NİĞDE) YAPIMINDA KULLANILAN TAŞLARIN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ VE SORUNLARI

- [38] P. Wang, J. Xu, S. Liu, H. Wang and S. Liu, "Static and dynamic mechanical properties of sedimentary rock after freeze-thaw or thermal shock weathering," *Engineering Geology*, vol. 210, pp. 148-157, 2016.
- [39] A. Bonazza, C. Sabbioni, P. Messina, C. Guaraldi and P. De Nuntiis, "Climate change impact: mapping thermal stress on Carrara marble in Europe," *Science of the Total Environment*, vol. 407(15), pp. 4506-4512, 2009.
- [40] T.R. Paradise, "Sandstone architectural deterioration in Petra, Jordan," in Proceedings of the 9th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Venice June 19–24, pp. 145-154. 2000.
- [41] M. Gómez-Heras, B.J. Smith and R. Fort, "Surface temperature differences between minerals in crystalline rocks: Implications for granular disaggregation of granites through thermal fatigue," *Geomorphology*, vol. 78(3-4), pp. 236-249, 2006.
- [42] K. Hall and A. Hall, "Weathering by wetting and drying: some experimental results," *Earth Surface Processes and Landforms*, vol. 21(4), pp. 365-376, 1996.
- [43] A.S. Goudie, "Quantification of rock control in geomorphology," *Earth-Science Reviews*, vol. 159: pp. 374-387, 2016.
- [44] M. Ulusoy, "Different igneous masonry blocks and salt crystal weathering rates in the architecture of historical city of Konya," *Building and Environment*, vol. 42(8), pp. 3014-3024, 2007.
- [45] D. Camuffo, "Physical weathering of Stones," *Science of The Total Environment*, vol. 167(1), pp. 1-14, 1995.
- [46] H. Özşen, A. Bozdağ and İ. İnce, "Effect of salt crystallization on weathering of pyroclastic rocks from Cappadocia, Turkey," *Arabian Journal of Geosciences*, vol. 10(12), pp. 258, 2017.
- [47] N. Cutler and H. Viles, "Eukaryotic microorganisms and stone biodeterioration," *Geomicrobiology Journal*, vol. 27(6-7), pp. 630-646, 2010.
- [48] T. Warscheid and J. Braams, "Biodeterioration of stone: a review," *International Biodeterioration & Biodegradation*, vol. 46(4), pp. 343-368, 2000.
- [49] T. Warscheid, "Integrated concepts for the protection of cultural artifacts against biodeterioration," in: *Of Microbes and Art*, Springer, Boston, MA, 2000, pp. 185-201.
- [50] E. Doehne and C.A. Price, *Stone Conservation: An Overview of Current Research*, Getty Publications, 2010.
- [51] Pope, G.A., T.C. Meierding, and T.R. Paradise, "Geomorphology's role in the study of weathering of cultural stone," *Geomorphology*, vol. 47(2-4), pp. 211-225, 2002.
- [52] L. Zakar and K.K. Eyüpgiller, *Mimari Restorasyon Koruma Teknik ve Yöntemleri*, ed. R. Güngör. İstanbul: Ömür Matbaacılık A.Ş. 2015.
- [53] J. Ashurst and F.G. Dimes, "Conservation of Building and Decorative Stone," Butterworth–Heinemann Series in *Conservation and Museology*, Oxford and Woburn: Butterworth-Heinemann, 1998.
- [54] V. Vergès-Belmin, *Illustrated glossary on stone deterioration patterns*, ICOMOS, 2008.
- [55] B. Fitzner and K. Heinrichs, "Damage diagnosis on stone monuments-weathering forms, damage categories and damage indices, in Understanding and managing stone decay," V.H. In: Pirkryl R, Editor, The Karolinum Press: Prague. 2002, p. 11-56.

