

9.Ulusal Akustik Kongresi
ODTÜ Kültür ve Kongre Merkezi, Ankara
26-27 Mayıs 2011

TARİHİ TÜRK HAMAMLARININ AKUSTİK NİTELİKLERİ: ÖZGÜN HALİ VE BUGÜNKÜ DURUMU

Ayşe Tavukçuoğlu¹, Asuman Aydın¹, Mehmet Çalışkan²,

¹Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Ankara, Türkiye

Tel: 312 210 62 20, e-posta: aysetavukcuoglu@yahoo.com

²Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

Tel: 312 210 25 72, e-posta: caliskan@metu.edu.tr

ÖZET

Tarihi Türk hamamlarının kendine özgü akustik niteliklerini keşfetmek ve sahip oldukları özgün niteliklerini koruyarak işlevlerinin devamını sağlamak için kapsamlı araştırmalara ihtiyaç vardır. Bu çalışma ile 15.yy Osmanlı dönemi yapısı olan Kadı Hamamı (Diyarbakır) ve Şengül Hamamı (Ankara)'nın özgün akustik nitelikleri tanımlanmış; son dönem onarımları ile birlikte ortaya çıkan akustik sorunları incelenmiştir. Hamam yapılarının, özgününde iyi tasarlanmış akustik niteliklere sahip olduğu anlaşılmıştır. Bu başarıda, ses yutma kapasitesi yüksek olan tarihi kireç sıvalarının kullanılması önemli rol oynamaktadır. Ses yutma özellikleri çok düşük olan çimento sıvaları ile yapılan bilinçsiz onarımlar sonucunda tarihi hamam yapıları, özgününde sahip oldukları iyi akustik niteliklerini kaybetmişlerdir.

Anahtar Kelimeler: Tarihi Türk hamamları, tarihi kireç sıvaları, akustik benzetim, akustik parametreler, ses yutma katsayısı.

ACOUSTICAL FEATURES OF HISTORICAL TURKISH BATHS: ORIGINAL AND AS-IS CASES

ABSTRACT

Comprehensive studies are needed to discover the original acoustical features of historical Turkish baths and to keep their functioning together with their inherent characteristics for long periods of time. The main concern of the study was the discovery of original acoustical features the Kadı Hamamı (Diyarbakır) and Şengül Hamamı (Ankara), two 15th century historical baths belonging to the Ottoman period, and acoustical failures occurred in time due to the recent improper repairs. The historical baths had originally well-designed

acoustical features. This success was attributed to the conscious use of historical lime plasters having high sound absorption characteristics. The original acoustical features of these structures have been destroyed due to the wrong repairs using cement-based plasters, which had considerably-lower sound absorption coefficients than the historic ones.

Keywords: *Historical Turkish baths; historical lime plasters, acoustical simulation; acoustical parameters, sound absorption coefficient.*

1. GİRİŞ

Türk hamamları, Anadolu'daki yıkanma kültürü ve yüzyıllar boyunca geliştirdiği tarihi mimari, malzeme ve işlevsel teknolojilerini temsil etmekte olan önemli tarihi yapılarımızdır. Tarihi hamamlar, ısıtma, sıcak ve soğuk su tesisatı, atık su sistemi gibi işlevsel sistemleri içeren, sağlıklı, verimli ve dayanıklı yapı örnekleridir; yapı teknoloji tarihinde önemli yerleri vardır. Mimari ve teknolojik niteliklerini iyi anlamak, aslen sahip oldukları akustik performanslarını da keşfetmemize yardımcı olacaktır.

Tarihi hamamlarda, hafif, gözenekli, yüksek su buharı geçirimli, yeterli ısı yalıtımı, su yalıtımı ve dayanıklılık özelliklerine sahip olan; bu özellikleri sayesinde bir çok işlevi birarada yerine getirebilen çok katmanlı tarihi kireç sıvaların kullanılmış olması, geçmişte üstün bir sıva teknolojisinin var olduğunu göstermektedir [1-5]. Bu birikimin başarılı akustik ortamların yaratılmasına katkıda bulunduğu düşünülmektedir. Bu sebeple, tarihi hamam sıvalarının akustik özellikleri merak konusudur.

Tarihi Türk hamamları, aslında kendilerine özgü akustik ortamlarıyla anılan yapılardır. Oysa ki, bu tarihi hamamların özgün akustik niteliklerini, tarihi malzemelerin akustik özellikleri ve iç ortam koşullarını dikkate alarak inceleyen çalışmalar bulunmamaktadır. Bu yapıların özgün niteliklerinin devamını sağlamak için bu tür çalışmalara ihtiyaç vardır. Bu sebeplerle, halen özgün mimari ve işlevsel teknolojilerini günümüze taşıdığı düşünülen Ankara'daki Şengül Hamamı ve Diyarbakır'daki Kadı Hamamı bu çalışma kapsamında ele alınmıştır. 15.yy Osmanlı dönemine ait bu hamamların özgün akustik nitelikleri ve zaman içinde geçirdiği onarımların, bu akustik özelliklerine olan olumsuz etkileri incelenmiştir.

2. MALZEME VE YÖNTEM

Bu çalışmaya konu olan Şengül Hamamı ve Kadı Hamamı, sahip oldukları tarihi geçmişi ve ait olduğu dönemin mimari tecrübesiyle oluşturulmuş özgün akustik karakterini, geçmişten günümüze taşıyan ve halen halk hamamı olma işlevini sürdüren önemli tarihi yapılarımızdır. Şengül Hamamı, bir "çifte hamam"dır ve kadınlar ve erkekler olmak üzere iki ayrı kısımdan oluşmaktadır. Kadı Hamamı, "Eşbek Hamamı"olarak da anılır ve tek hamamdır. Bu yapıların her biri, temelde "soyunmalık", "ılıklik" ve "sıcaklık" olmak üzere üç ayrı mekandan oluşmaktadır. Ilıklık ve sıcaklık mekanları yıkanmak için kullanılmaktadır ve bu mekanlar 40°C ve %100 bağıl neme ulaşan çok yüksek sıcaklık ve bağıl nem koşullarına sahiptirler [5]. Yıkanma mekanlarının toplam hacmi, Şengül Hamamı Kadınlar Kısmı'nda 714m³, Erkekler Kısmı'nda 508m³, Kadı Hamamı'nda ise 2000m³tür. Sıcaklık mekanının ortasında "göbek taşı" diye adlandırılan mermer kaplı yükseltilmiş bir platform vardır ve burası hamamın en sıcak kısmıdır. Her iki yapıda, duvarlar taş örgü olup, üst yapı ve geçiş elemanları tuğla örgüdür.

Hamamların sıcaklık ve ılıklik mekanları, bilgisayar ortamında yapılan üç boyutlu modelleme ve akustik benzetim (simülasyon) teknikleri ile analiz edilmiş; bu çalışma laboratuvar analizleri ile desteklenmiştir. Bu mekanların işitsel performansları, mekan hacmi, mikroklimatik koşulları, kullanılan malzemelerin akustik özellikleri ve ses kaynağı-alıcı konumları dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Laboratuvar analizleri kapsamında, tarihi hamam sıvalarının ses yutma katsayıları belirlenmiş; nemli ortamların ses yutma kapasitesine etkisi incelenmiştir.

Çalışmada kullanılan yöntemler, aşağıda ilgili alt başlıklar altında açıklanmıştır:

a. Laboratuvar analizleri

Bu analizler kapsamında, hamamlarda kullanılmış olan tarihi kireç sıvalarının ses yutma katsayıları (α) belirlenmiş; nemli ortamların ses yutma kapasitelerine etkisi incelenmiştir. Tarihi kireç sıva örnekleri, Şengül Hamamı ve Kadı Hamamı ile aynı dönem yapısı olan Amasya Hızır Paşa Hamamı'nın sıcaklık mekanından toplanmıştır. Halen işlevlerini sürdürdüklerinden dolayı, Şengül Hamamı ve Kadı Hamamı'ndan örnek toplamak mümkün olamamıştır. Tarihi sıva örnekleri, pembe ve beyaz katman olmak üzere iki ayrı sıva katından oluşmaktadır. Pembe renkli kireç sıvası 25mm, üzerindeki beyaz renkli kireç sıvası 11mm kalınlıklarındadır. Her iki katman benzer fiziksel özelliklere olup, birim hacim ağırlıkları ortalama 1.27g/cm^3 , gözeneklilikleri ise ortalama %52'dir [6]. Oldukça nemli bir ortamla doğrudan ilişkide olan bu sıva katmanlarının, ortamın bağıl nemi ile dengede oldukları ve bu durumun ses yutma özelliklerini etkileyeceği düşünülmüştür. Bu sebeple, bu sıvaların kuru, nemli ve ıslak durumlarında sahip oldukları ses yutma katsayıları ayrı ayrı belirlenmiştir. Örneklerin, kuru durumdaki, %85 ve %100 bağıl nemle dengedeki ses yutma katsayıları (α_d , α_{85} ve α_{100}) "durağan dalga yöntemi (*Standing wave metod*)" ile belirlenmiştir [7]. Bu amaçla, "P.A. Hilton Testing Tube" kullanılmış, 70mm çapında yuvarlak kesitli tarihi sıva örnekleri hazırlanmış ve ölçümler 100Hz ile 2000Hz frekans arasında (1/3 oktav bandındaki frekans aralıklarında) yapılmıştır. Akustik bilgisayar modellemelerinde, nemli sıva örneklerine ait ses yutma katsayıları, yani α_{85} değerleri, veri olarak kullanılmıştır.

b. Üç Boyutlu Modelleme ve Akustik Simülasyon Analizleri

Şengül Hamamı ve Kadı Hamamı'nın sıcaklık ve ılıklik mekanlarındaki akustik nitelikleri ortaya çıkarmak amacıyla üç boyutlu modelleme ve akustik simülasyon teknikleri kullanılmıştır. İç mekanların gerçek geometrik yapısını temsil eden üç boyutlu bilgisayar modelleri "AutoCAD 2007" çizim programı kullanılarak hazırlanmış; kubbe, tonoz, kemer gibi üst yapı bileşenleri ile birlikte mermer kaplı sekiler (duvar boyunca yükseltilmiş oturma alanları), kurnalar, göbekaşı gibi sabit mobilyaların konumu ve boyutları da özenle modellere aktarılmıştır. Mekanların akustik davranışını temsil eden akustik simülasyonlar ise "ODEON combined 8.5" yazılımı ile modellenmiş ve analiz edilmiştir. Bu mekanların işitsel performansları, mekan hacmi, mikroklimatik koşulları, kullanılan malzemelerin akustik özellikleri ve ses kaynağı-alıcı konumları dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

Her bir yapı için, özgünündeki (ÖZGÜN durum) ve bugünkü (MEVCUT durum) ortamlarını temsil eden iki ayrı model hazırlanmıştır. Her iki modelde tüm döşeme alanlarının, kurnalar ve göbek taşının mermerle kaplı olduğu, kubbelerdeki aydınlık deliklerinin (*fil gözleri*) 3mm

kalınlığındaki cam malzeme ile örtüldüğü kabul edilmiştir. İki modeldeki temel farklılık şunlardır: “ÖZGÜN durum”da, duvar ve tavan yüzeylerinin tarihi kireç sıva katmanlarıyla sıvanmış olduğu, diğer bir deyişle, iç yüzeylerinin özgün malzeme özelliklerini halen koruduğu kabul edilmiştir. *MEVCUT durum*’da ise, duvarların 1.5 m yüksekliğine kadar uzanan alt kısımları mermer kaplanmış, geride kalan tüm iç yüzeyler çimento esaslı sıva ile sıvanmış ve üzerleri yağlı boya ile boyanmıştır. Akustik simülasyonlar için gerçeğe uygun iç iklim koşulları esas alınmış; analizler 40°C ve %100 bağıl nem ortamına göre yapılmıştır. Her iki modelin akustik simülasyonları için malzemelere ait ses yutma değerleri yazılıma veri olarak girilmiştir. Mermer, cam, çimento sıvaları ve yağlı boya malzemelerinin ses yutma değerleri literatürden alınmıştır [8-9]. Tarihi kireç sıva katmanlarının ses yutma değerleri için nemli tarihi sıva örneklerinin ses yutma değerleri (α_{85}) kullanılmıştır. Akustik modellerde, ses kaynağı sıcaklık mekanının ortasında bulunan göbek taşının merkezine; alıcı ise ses kaynağından batısında 6m uzaklıktaki bir kurna başında konumlandırılmıştır.

Yıkama mekanlarının akustik nitelikleri esasen global çınlama süresi (*GRT*) dikkate alınarak tartışılmıştır. Kurna başında yıkanan kişiler (alıcı) ile göbek taşında yıkanan kişilerin (ses kaynağı) birbirleriyle yaptıkları karşılıklı konuşmaların ve göbek taşında, şarkılı sözlü darbuka, tef gibi vurmali çalgılarla yapılan hızlı ritimli ve kısa notalı müzik performanslarının, mekan içinde ne düzeyde algılandığı merak konusudur. Bu bakımlardan, sözkonusu mekanların özgün hallerindeki işitsel performansları ve mevcut durumdaki farklılıkları, alıcı konumu için belirlenen çınlama süresi (*RT*), erken sönümlenme süresi (*EDT*), berraklık (*C80*), erken yansıma oranı (*LF80*) ve konuşma iletim indisi (*STI*) gibi temel akustik parametrelerle analiz edilmiştir [10]. Elde edilen veriler, literatürde tanımlanan standart optimum/uygun değerler ve/veya aralıklar esas alınarak değerlendirilmiş [8-14]; yıkama mekanlarının konuşma ve müzikal performansları üzerine tartışılmıştır. Bu analizler, hamamın boşken ki durumu esas alınarak yapılmıştır.

Yapının akustik simülasyonu, “görüntü kaynağı (*image source*)”, “ışın izleme (*ray tracing*)” ve “ışınım (*ray radiosity*)” işlemlerinin birarada uygulandığı “karma/melez yansıma (*hybrid reflection*)” yöntemi kullanılarak yapılmıştır. İç mekanların ses sızdırmaz olup olmadıkları, “ışın izleme metodu (*ray tracing*)” kullanılarak incelenmiştir. Akustik parametrelerle ilgili tüm veriler 1/1 oktav bandındaki 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 ve 8000Hz frekansları için hesaplanmıştır. İnsan sesi orta frekans aralığında tanımlanır ve orta frekans aralığı 500Hz ile 1000Hz arasındadır. Bu sebeple 500Hz ve 1000Hz için elde edilen değerler ve bu ikisinin ortalaması değerlendirmelerde önem kazanmıştır [8,9,14].

3. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

Sonuçlar, “tarihi hamam sıvalarının ses yutma özellikleri”, “tarihi Türk hamamlarının özgün akustik nitelikleri” ve “tarihi Türk hamamlarının bugünkü akustik nitelikleri” açılarından değerlendirilmiştir.

a. Tarihi Hamam Sıvalarının Ses Yutma Özellikleri

Tarihi kireç sıva örneklerinin, 1/3 oktav bandındaki frekans aralıklarında incelenen ses yutma katsayıları Tablo 1’ de verilmiştir. Orta frekans (500Hz - 1000Hz) aralığında, kuru, nemli ve ıslak örneklerin ses yutma katsayıları (α_d , α_{80} , α_{100}), sırasıyla, 0.26 ± 0.04 , 0.21 ± 0.07 ve

0.12±0.05'dir. Islak örneklerin α ses yutma katsayıları, kuru ve nemli örneklere göre düşük bulunmuştur.

Tarihi kireç sıvalarının ses yutma özellikleri, son dönem onarımlarında bitirme malzemesi olarak kullanılan "üzeri yağlı boyalı çimento esaslı onarım sıvası"nın ses yutma özellikleriyle karşılaştırılmıştır. Hamamın nemli koşulları gözönünde bulundurulduğunda, tarihi sıvanın orta frekans aralığındaki ses yutma değeri ortalama 0.21 iken üzerine yağlı boya uygulanmış çimento esaslı onarım sıvasının ses yutma değeri 0.03'tür [8-9,15]. Nemli tarihi sıva, çimento esaslı onarım sıvasından yedi kat daha fazla ses yutma kapasitesine sahiptir. Yüksek ses yutma özelliğine sahip olan kireç esaslı tarihi hamam sıvalarının, özellikle yüksek frekanslarda, iç mekanlardaki konuşmaların anlaşılabilirliğini arttırdığı düşünülmektedir. Nem miktarındaki artış, bu sıvaların ses yutma kapasitelerini düşürdüğü anlaşılmıştır.

Tablo 1. Kuru, nemli ve ıslak tarihi kireç sıva örneklerinin 1/3 oktav bandındaki frekans aralıklarında belirlenen ses yutma (α_d , α_{85} ve α_{100}) değerleri.

Tarihi Kireç Sıva	Bağlı nem %	1/3 oktav bandındaki frekans aralıkları - Frekans, Hz													
		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000
α_d	30	0.08	0.10	0.10	0.19	0.12	0.19	0.24	0.25	0.20	0.26	0.29	0.31	0.30	0.33
α_{85}	80	0.11	0.13	0.11	0.26	0.14	0.15	0.12	0.17	0.15	0.22	0.29	0.29	0.37	0.30
α_{100}	100	0.09	0.06	0.06	0.10	0.08	0.09	0.12	0.09	0.18	0.08	0.17	0.08	0.14	0.15

b. Tarihi Türk Hamamlarının Özgün Akustik Nitelikleri

Şengül Hamamı ve Kadı Hamamı'nın özgün akustik niteliklerini temsil eden veriler, Tablo 2'de özetlenmiştir. Bu veriler, yapıların geçmişteki konuşma ve müzikal performanslarını tariflemek üzere literatürde verilmiş olan uygun değer aralıkları esas alınarak değerlendirilmiştir [11,14,16-21].

Orta frekans aralığında, Kadı Hamamı'nın global çınlama süresi ortalama 2.6s; Şengül Hamamı'ndaki Kadınlar Kısmı ve Erkekler Kısmı'nın *GRT* değerleri ise, sırasıyla, 1.5s ve 1.4s olarak hesaplanmıştır (Tablo 2). Bu değerler, boş konser salonlarında müzikal performanslar için önerilen optimum standart değerler aralığına denk düşmektedir [11,14,16]. Kadı Hamamı, daha uzun çınlama süresi ile optimum aralığın üst sınırlarına yakın iken; Şengül Hamamı, optimum aralığın ortalarında yer almaktadır. Bu farklılık, Kadı Hamamı'nın Şengül Hamamı Kadınlar Kısmı ve Erkekler Kısmı'ndan hacimce daha büyük olmasından kaynaklanmaktadır. Hamamların kullanıma açık zamanlarında, yani dolu olduklarında, global çınlama sürelerinde hafif bir artış beklenmelidir. Hesaplanan temsili global çınlama süreleri baz alındığında, Kadı Hamamı, özgününde müzikal performanslar, özellikle de senfonik müzik gibi etkinlikler için uygun bir akustik ortama sahip görünmektedir. Bu tür akustik ortamlarda, müzikal sesin daha zengin ve dolu dolu algılanacağı, ancak konuşma sesinde az da olsa bazı kayıpların olabileceği beklenmelidir. Şengül Hamamı'nın hem Kadınlar Kısmı hem de Erkekler Kısmı'nın özgününde müzikal ve konuşma etkinlikleri için uygun bir akustik ortama sahip olduğu anlaşılmıştır. Akustik veriler, Şengül Hamamı'ndaki sıcaklık ve ılık mekanlarının, özgününde, opera gibi müzikal etkinliklere uygun olduğunu göstermektedir.

Göbek taşıdaki alıcı konumu için hesaplanan çınlama süreleri, ortamın global çınlama sürelerine çok yakın bulunmuştur. Aynı konum için hesaplanan erken sönümlenme süreleri, çınlama süreleri ile de benzerdir (Tablo 2). Bu durum mekan içerisindeki sesin iyi dağıldığına ve çınlamanın, hamamı kullananlar tarafından eşit algılandığına işaret etmektedir.

Orta frekans aralığındaki *LF80* değerlerinin ortalaması, Şengül Hamamı Kadınlar Kısmı ve Erkekler Kısmı için sırasıyla, 0.233 ve 0.230; Kadı Hamamı için bu değer 0.353 bulunmuştur (Tablo 2). Bu değerler, standartlarca uygun görülen 0.1 ile 0.3 *LF80* aralığının üst sınırlarına denk düşmektedir [17-18]. Bu *LF80* değerlerine sahip olan akustik ortamlarda müzikal sesler, kişilere, ses ve müzikle kuşatılmışlık duygusunu, yani, müzikle iç içe olma duygusunu verir. Bu akustik davranış biçimi, yapının mermer kaplı döşemeleri ve duvar boyunca konumlanan sekilerin yüzeylerinden yansiyarak kulağa gelen güçlü ses ışınları sayesinde oluşmaktadır.

Tablo 2. Hamamların özgün koşulları dikkate alınarak hesaplanmış temsili *GRT* değerleri ve göbekteşına yerleştirilen alıcı konumundaki temsili *RT*, *EDT*, *C80*, *LF80*, *STI* değerleri – 500 Hz ve 1000 Hz frekans değerlerinin ortalaması.

Hamam Yapıları	Şengül Hamamı – ÖZGÜN durum		Kadı Hamamı – ÖZGÜN durum
	Kadınlar Kısmı	Erkekler Kısmı	
Hacim, m ³	714	508	2000
Orta frekans aralığı – 500 Hz ve 1000 Hz frekans değerlerinin ortalaması			
<i>GRT</i> , s	1.5	1.4	2.6
<i>RT</i> , s	1.7	1.3	2.6
<i>EDT</i> , s	1.6	1.3	2.1
<i>LF80</i>	0.233	0.230	0.353
<i>C80</i> , dB	-0.1	2.6	-0.3
<i>STI</i>	0.54	0.63	0.41

C80, ortamın müzikal performansını tanımlanmasında etkili rol oynayan ve *RT* değerini tamamlayan bir parametredir. Berraklık, aslında sesin ne kadar temiz işitildiğini ifade eder. Müzikal etkinlikler için makul uzunlukta çınlama süresi ile birlikte +4dB ve -4dB arasındaki berraklık değerleri önerilmektedir [9,14,21]. Şengül Hamam'ın Kadınlar ve Erkekler kısımları için orta frekans aralığındaki ortalama *C80* değerleri, sırasıyla, -0.1dB ve +2.6dB; Kadı Hamamı için bu değer -0.3dB'dir. (Tablo 2). Optimum aralıklarda belirlenen *GRT*, *RT* and *C80* değerleri dikkate alındığında, Şengül Hamamı Kadınlar Kısmı ve Kadı Hamamı'nın, çınlama kalitesinin iyi olduğu ve özellikle müzikal etkinlikler bakımından uygun bir akustik ortama sahip oldukları görülmektedir. Şengül Hamamı Erkekler Kısmı'nda berraklık pozitif seviyelerdedir; buradaki yıkanma mekanlarında ses, diğerlerine göre daha berrak ve daha iyi anlaşılır düzeyde algılanabilmektedir.

Konuşma iletim indisi, konuşmanın ne kadar anlaşılabilir olduğunu göstermekte olup, arka plandaki gürültü düzeyi, çınlama süresi ve mekanın büyüklüğü ile ilişkilidir. *STI* değerleri 0 ile 1 sayıları, yani “hiç anlaşılmaz” ile “tamamen anlaşılır” konuşmaları arasında derecelendirilir [9,19-20]. Alıcı konumunda, Şengül Hamamı Kadınlar Kısmı ve Erkekler Kısmı için elde edilen *STI* değerleri, sırasıyla, 0.54 and 0.63; Kadı Hamamı için bu değer 0.41'dir. Şengül Hamamı'nın kadınlar ve erkekler kısımları, Kadı Hamamı'nda daha kısa çınlama süresi ve daha yüksek konuşma iletim indisi özelliklerine sahip olduklarından, Şengül

Hamamı'ndaki yıkanma ortamlarında konuşma sesinin anlaşılabilirlik düzeyi Kadı Hamamı'na göre daha iyidir. Bu durumda, Kadı Hamamı'nda göbek taşında yıkanan alıcı konumundaki kişiler, konuşmaları daha zor anlayacaklardır. Şengül Hamamı ile Kadı Hamamı arasındaki bu farklılık aslında, Kadı Hamamı'nın müzikal performansı destekleyen uzun çınlama süresine sahip olmasından ve bu akustik ortamın konuşma sesinin anlaşılabilirliğine olumsuz etkisinden kaynaklanmaktadır. *RT* değerlerinin yanısıra, hamam yapılarının kubbeli ve tonozlu bir üst yapıya ve çok sıcak ve nemli bir iç ortama sahip olmaları da konuşma sesinin anlaşılabilirlik düzeyini azaltan etkenlerdir. Hamamların dolu oldukları dönemlerde *GRT* değerlerinin düşeceği ve *C80* değerlerinin de biraz artacağı düşünülmelidir. Bu durum hamamlarda müzikal ve konuşma etkinlikleri için daha uygun akustik ortamlar oluşturacaktır.

Elde edilen veriler sonucunda, Şengül Hamamı'nın, özgününde iyi tasarlanmış akustik niteliklere sahip olduğu anlaşılmıştır. Tarihi hamam yapılarında ses yutma kapasitesi yüksek olan tarihi sıvaların kullanılmış olması, geçmişte üstün bir birikime sahip olan tarihi sıva teknolojisinin varlığına destek vermektedir. Bu birikimin başarılı akustik ortamların yaratılmasında önemli katkılar sağladığı anlaşılmıştır.

c. Tarihi Türk Hamamlarının Bugünkü Akustik Nitelikleri

Hamam yapılarının bugünkü akustik özelliklerini özetleyen akustik veriler Tablo 3'te özetlenmiştir. Onarımlardan sonra, hamamların özgün akustik özelliklerinde ciddi farklılıklar olduğu gözlenmiştir.

MEVCUT durum'daki global çınlama süreleri, *ÖZGÜN durum*'a kıyasla önemli ölçüde uzamıştır. Orta frekans aralığında, Kadı Hamamı'nın *GRT* değeri 8.4s'ye, Şengül Hamamı Kadınlar Kısmı ve Erkekler Kısmı'nın *GRT* değerleri de, sırasıyla, 6.8s ve 5.7s'ye çıkmıştır. Göbek taşındaki alıcı konumu için hesaplanan çınlama süreleri, ortamın global çınlama sürelerine çok yakın bulunmuştur. Bu kadar uzun çınlama süreleri, iç mekanlardaki ses saçılımının fazla olduğunu ve sesin anlaşılabilirlik düzeyinin belirgin ölçüde azaldığını anlatmaktadır. Aynı konum için belirlenen *EDT* değerleri de *RT* değerleriyle benzerdir. Tüm bu değerler, yapının *ÖZGÜN durumu*'ndakilere göre oldukça yüksek değerlerdir (Bakınız Tablo 2).

MEVCUT durumdaki, *C80* değerleri -4dB'den düşük bulunmuştur (Tablo 3). Bu değerler, ortamdaki sesin tek düze, zengin tınılardan ve berraklıktan uzak bir ses kalitesinde olduğunu göstermektedir. *STI* değerleri, *MEVCUT durumda* daha zayıflamıştır. 0.4'ün altına düşen *STI* değerleri, mekan içerisindeki konuşma seslerinin güçlkle anlaşıldığını göstermektedir (Tablo 3). Orta frekans aralığındaki *LF80* değerleri de *ÖZGÜN durum*'daki *LF80* değerleriyle benzer bulunmuştur (Tablo 3). Bunun nedeni, şu anki durumda da, özgününde olduğu gibi mermer kaplı döşeme, seki ve kurna yüzeylerinin mevcut olmasıdır. Aslında uygun aralıklarda bulunmuş olan bu *LF80* değerleri, tek başına ses kalitesini değerlendirmek için yeterli değildir. *MEVCUT durum*'da *RT* ve *EDT* değerleri, standartlarda önerilen sürelerin oldukça üzerinde; *C80* ve *STI* değerleri ise, yine standartlarda kabul edilen uygun aralıkların altında bulunmuştur. Bu değerler, arka planda rahatsız edici düzeyde uğultu ve yankıların oluştuğunu, bu koşullardaki sesin anlaşılabilirlik düzeyinin son derece azaldığını ve bulanıklaştığını, göstermektedir. Böyle bir akustik ortamda konuşan kişiler, karşı tarafa seslerini iletebilmek amacıyla daha yüksek sesle konuşma ihtiyacı duymaktadırlar. Bu durum da ortamdaki gürültüyü artırmaktadır.

Akustik analizler, Şengül Hamamı ve Kadı Hamamı'nın günümüz çimento sıvalarıyla yapılan son dönem onarımlarından sonra, özgününde iyi tasarlanmış olan akustik niteliklerini tamamen kaybettiklerini ortaya koymuştur. Tarihi sıvalarınkine göre ses yutma özellikleri çok düşük olan çimento sıvaları, tarihi Türk hamamlarının onarımları için akustik açıdan uygun malzemeler değildir.

Tablo 3. Onarımlardan sonra hamamların bugünkü akustik ortamını temsil eden GRT değerleri ve göbekteşine yerleştirilen alıcı konumundaki temsili RT, EDT, C80, LF80, STI değerleri – 500 Hz ve 1000 Hz frekans değerlerinin ortalaması.

Hamam Yapıları	Şengül Hamamı – <i>MEVCUT durum</i>		Kadı Hamamı – <i>MEVCUT durum</i>
	Kadınlar Kısmı	Erkekler Kısmı	
Hacim, m ³	714	508	2000
Orta frekans aralığı – 500 Hz ve 1000 Hz frekans değerlerinin ortalaması			
<i>GRT</i> , s	6.8	5.7	8.4
<i>RT</i> , s	6.8	5.6	8.3
<i>EDT</i> , s	6.4	5.2	8.5
<i>LF80</i>	0.269	0.264	0.346
<i>C80</i> , dB	-7.6	-5.7	-8.2
<i>STI</i>	0.30	0.35	0.25

4. SONUÇ

Bu çalışma, Şengül Hamamı ve Kadı Hamamı'nın özgününde iyi düşünülmüş akustik niteliklere, özellikle de müzikal etkinlikler için uygun akustik ortamlara sahip olduklarını göstermiştir. Bu başarıda, ses yutma özellikleri yüksek olan tarihi kireç sıvalarının kullanımı önemli rol oynamaktadır. Sıcaklık ve ılık mekanlarında kullanılan tarihi kireç sıvaları, yeterli su sızdırmazlık, su suharı geçirimsizlik ve ısı yalıtımı özelliklerinin yanında yüksek ses yutma özellikleri ile de dikkat çekmektedirler. Böylece, hamam yapılarında birçok işlevi/gerekliliği birarada yerine getirebilen üstün bir sıva teknolojisine var olduğu görülmektedir. Bu teknolojiyi oluşturan başarımların özelliklerinin keşfedilmesi, günümüz malzeme teknolojisine mükemmelleştirilmesine ve akustik nitelikleri iyi olan mekanlar oluşturmamıza yardımcı olacaktır.

Bu hamamların onarımlarında, tarihi sıvalarınkine tersine, ses yutma özellikleri çok düşük olan çimento sıvaları kullanılmıştır. Çimento sıvaları, harçları ve beton ile yapılan müdahalelerin, tarihi yapılarda ciddi malzeme sorunlarına ve hatta yapısal sorunlara da neden olduğu bilinmektedir. Bu tür malzemelerle yapılan bilinçsiz onarımlar sonucunda tarihi hamam yapıları, özgününde sahip oldukları iyi akustik niteliklerini de kaybetmişlerdir.

Bu çalışma, tarihi malzemelerle uyumlu onarım malzemelerinin akustik niteliklerini tanımlaması bakımından yol gösterici olmuştur.

KAYNAKLAR

- [1] E. Caner, Ş. Demirci and E.N. Caner-Saltik, "Bazı Bizans ve Selçuk sıvalarının özellikleri ve hammadde karakteristikleri (Major properties and raw material characteristics of some Byzantine and Selçuk plasters)," in Proceedings of 18th Meeting of Arkaeometry Results (T.C. Kültür Bakanlığı Anıtlar ve Müzeler Genel Müdürlüğü, Ankara, Turkey, 2003), pp. 101-108.
- [2] E. Caner, Ş. Demirci and E.N. Caner-Saltik, "Raw materials characteristics and durability of some medieval painted plasters in Anatolia," in Proceedings of 34th International Symposium on Archaeometry (Zaragoza, Spain, 2006a), pp.279-284.
- [3] E. Caner, G.K. Akoglu, E.N. Caner-Saltik, S. Demirci and T. Yasar, "Bazı Ortacağ çatı örtüsü sıvalarının hammadde özellikleri (Raw materials characteristics of Medieval plasters used for roof covering)," in Proceedings of the 21st International Symposium on Excavation, Research and Archeometry; Meeting of Research Results, (Ministry of Culture and Tourism, Antalya, Turkey, 2006b), pp. 155-160.
- [4] S. Esen, N. Tunc, S. Telatar, A. Tavukcuoglu, E.N. Caner-Saltik and Ş. Demirci, "Manisa Çukur Hamam'ın onarımına yönelik malzeme çalışmaları (Material analyses for the repair of Manisa-Çukur Hamam)", in Proceedings of 2nd National Congress and Exhibition on Building Materials (TMMOB Chamber of Architects - Istanbul Branch, İstanbul, Turkey, 2004), pp. 494-505.
- [5] A. Tavukcuoglu, P. Cicek and E. Grinzato, "Thermal analysis of an historical Turkish bath by quantitative IR thermography," Quantitative Infrared Thermography Journal **5(2)**, 151-173 (2008).
- [6] E.N. Caner-Saltik, A. Tavukcuoğlu, G. Akoglu and A. Guney, "Material Analyses of Amasya Hızır Pasa Bath," Technical Report in the context of REST 555, (Department of Architecture, Middle East Technical University, Ankara), 2004.
- [7] BS EN ISO 10534-2 Acoustics:2001, "Determination of Sound Absorption Coefficient and Impedance in Impedance Tubes -Part 2: Transfer-Function Method," British Standards Institution, 2001.
- [8] M.D. Egan, *Architectural Acoustics* (Mc-Graw Hill, Inc., New York, 1988).
- [9] M. Long, *Architectural Acoustics*, (Elsevier Academic Press, London, 2006).
- [10] ISO 3382:1997, "Acoustics measurement of the reverberation time of rooms with reference to other acoustical parameters," International Organization for Standardization, 1997.
- [11] M. Barron: *Auditorium Acoustics and Architectural Design*, (E&FN Spon, London, 1998)
- [12] H. Benade, *Fundamentals of Musical Acoustics*, (Oxford University Press, 1976)
- [13] W.J. Cavanaugh, J.A. Wilkes, *Architectural Acoustics: Principles and Practice*, (John Wiley & Sons, Inc., New York, 1999)
- [14] C.R. Nave and B.C. Nave, *Physics for the Health Sciences* (W. B. Saunders Co., 1985, Third edition).
- [15] J. Cowan, *Architectural Acoustics Design Guide*, (Mc-Graw Hill, New York, 2000).
- [16] W. Cavanaugh and J. Wilkes, *Architectural Acoustics: Principles and Practice*. (John Wiley & Sons, Inc. New York, 1999).
- [17] M. Barron, "Measured Early Lateral Energy Fractions in Concert Halls and Opera Houses," Journal of Sound and Vibration **232(1)**, 79-100 (2000).
- [18] A.H. Marshall and M. Barron, "Spatial Responsiveness in Concert Halls and the Origins of Spatial Impression" Elsevier Applied Acoustics **62**, 91-108 (2001).

- [19] H. Kuttruff, *Room Acoustics* (Spon Press, London, 2000, 4th edition).
- [20] H.J.M. Steeneken, “Standardization of Performance Criteria and Assessments Methods for Speech Communication” (2008). It is available online at the site: <http://www.steeneken.nl/sti/Standardization_STI_web-site.pdf>
- [21] L. Beranek, *How they sound Concert and Opera Houses*, (Acoustical Society of America, New York, 1996).

TEŞEKKÜR

Bu araştırma, EU FP6 Project: “Hamam-517704: Aspects and Multidisciplinary Methods for the Mediterranean Region” konulu Avrupa Topluluğu projesi kapsamında yapılmıştır. Tarihi sıra örneklerini temin eden ve deneyler aşamasında yardımcı olan ODTÜ Mimarlık Bölümü Malzeme Koruma Laboratuvarı’na; akustik analizler kapsamında her türlü desteği sağlayan ODTÜ Makine Mühendisliği Bölümü Akustik Laboratuvarı’na; ve Şengül Hamamı ve Kadı Hamamı’nın 1/50 ölçekli rölöve çizimlerini kullanmamıza izin verdikleri için Vakıflar Genel Müdürlüğü’ne teşekkür ederiz.