

OSMANLI DİNİ MİMARİSİNDE AKUSTİK PERFORMANSIN GELENEKSEL YAPIM TEKNİKLERİ ÇERÇEVESİNDE İNCELENMESİ

¹Muammer YAMAN, ²Özlem SAĞIROĞLU

¹Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Ankara, muammeryaman@gazi.edu.tr

²Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Ankara, ozlemsagioglu@gazi.edu.tr

Özet

Geleneksel mimari, toplumun yaşam şekli, kültürel ve sosyal hayatı, dini ve idari anlayışı gibi pek çok etmenle şekillenmiş, geçmişten gelen yoğun bilgi birikimi ve tecrübenin yanı sıra, yapım sistemlerindeki teknolojik olanaklar, malzemeye ve uygulamaya yönelik buluşlar ile günümüze kadar gelişerek süregelmiştir. Bu gelişim çizelgesine bakıldığında, Osmanlı İmparatorluğu; uzun süreli iktidar döneminin de etkisi ile bu gelişimin en rahat izlenebildiği dönemi oluşturmaktadır. Özellikle cami mimarisi bu gelişimin en rahat izlenebildiği yapıları bünyesinde barındırmaktadır. Merkezi mekân arayışının en güzel çözümlerinin görülebildiği klasik dönem, cami mimarisi bağlamında özellikle önem arz etmektedir. Bu dönem özellikle yapım teknolojisi yanı sıra, yapılarda teknik çözümler bağlamında da önemli olup, Mimar Sinan tarafından bulunan ve geliştirilen yöntemler ile en önemli örnekleri barındırmaktadır. Camilerde konuşmanın yanı sıra musikin de bulunması, özellikle akustik çözümler bağlamında optimum çözümlerin ortaya konulmasını zorlaştırmaktadır.

Bu çalışma kapsamında, Osmanlı cami mimarisinde akustik performans parametrelerinin sağlanmasında etkili olan yapısal detaylar ve sistemler örnek iki yapı üzerinden incelenerek, bu sistem ve detayların günümüzde kullanılabilirliğine yönelik tartışılmış, öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Akustik, Hacim akustiği, Cami, Osmanlı Mimarisi, Geleneksel yapım teknikleri

INVESTIGATION OF ACOUSTIC PERFORMANCE IN OTTOMAN RELIGIOUS ARCHITECTURE WITHIN THE FRAMEWORK OF TRADITIONAL CONSTRUCTION TECHNIQUES

Abstract

Traditional architecture is shaped by many factors such as the way of cultural and social life, religious and conceptive administrative of society; in addition to the extensive knowledge and experience from the past inventions related to material, construction and technological possibilities in construction systems have been developed and continued to the present day. When we look at this development chart, the Ottoman Empire, with the influence of the long-term period of power, constitutes the period in which this development can be viewed most easily. Especially the architecture of the mosque contains the structures where this development can be viewed most easily. The classical period, in which the best solutions of the search for central space can be seen, is particularly important in the context of mosque architecture. This period is especially important in the context of technical solutions in buildings as well as construction technology, and contains the most important examples with the methods found and developed by Mimar Sinan. Besides speaking in mosques, the presence of music makes it difficult to establish optimum solutions, especially in the context of acoustic solutions.

Within the scope of this study, the construction details and systems that are effective in providing acoustic performance parameters in the Ottoman religious architecture have been examined through two examples, this system and details have been discussed and suggestions have been presented for its availability today.

Key Words: Acoustic, Room acoustic, Mosque, Ottoman Architecture, Traditional construction techniques

1. GİRİŞ

Osmanlı Mimarisinin erken döneminden günümüze kadar gelen yapıların çoğu dini mimariye bağlı olarak gelişim göstermektedir. Osmanlı dini mimarisinde ise camiler, büyük yer tutmaktadır. Camiler bir bina olarak ele alındığında, kütlelerin temel tasarım etkeni Kible'ye yönelme durumundan ortaya çıktığı söylenebilir. İslam coğrafyasında camiler hem bireyselliğin hem de birlik hissinin önem kazandığı mekânlar olarak değerlendirilmektedir. Farklı dönemlerde ve coğrafyalarda camiler farklı fonksiyonları bünyesinde barındırmaktadır. İbadet mekânları, eğitim alanları, toplanma alanları gibi farklı temel fonksiyonların gerçekleştiği mekânlar olmuştur. Geçmişten günümüze kadar olan süreçte kent planlamasında caminin yeri, odak noktası olacak şekilde kurgulanmıştır.

Namaz bir kültürel fizik olmamakla birlikte, detaylı bir şekilde tarif edilmiş kalp ve ruh işidir ve en önemli bileşeni huşudur. Dolayısıyla ibadet mekânının da huşuyu zedeleyecek, yok edecek faktörlerden arınmış olması beklenmektedir. Aşırı sıcak, aşırı soğuk, aşırı ışık, aşırı karanlık, dikkat dağıtıcı esinti, koku, ses gibi mekân konsantrasyonunu zayıflatacak faktörlerden arınmış olmalıdır (Cebeci, 2008). Camide hem istenmeyen seslerin kontrolü hem de ibadetin huşu içinde gerçekleşebilmesi için cami akustiği büyük önem arz etmektedir. Farklı fonksiyon kullanımına yönelik (dini okumalar ve sohbetler, vaazlar, ilahiler vb.) uygun olacak şekilde mimari akustik performans analizinin yapılmış olması beklenmektedir.

Osmanlı dini mimarisindeki cami gelişiminde ise Mimar Sinan, Osmanlı İmparatorluğu'nun en parlak dönemi olan 16. yüzyılda yaşamış, sadece ülkemizde değil dünya genelinde kabul görmüş bir sanatkar olarak bilinmektedir (Erdem, 2011). Mimar Sinan'ın eserlerinin yer ve zamana bağlı olarak detaylı bir şekilde incelenmesi gerekli olmaktadır. Mimar Sinan'ın yapılarını listeler halinde içeren Tezkiretül-Bünyan, Tezkiretül-Ebniye ve Tuhfetül-Mi'marin adlı yazmalarda bulunan toplam 107 camiden 18'i günümüze ulaşmamıştır. Sinan'ın camilerinin başlıca özellikleri, simetri kullanımı ve denge kurallarına dayalı merkezi planlama yaklaşımıdır. Sinan'ın kurgulamış olduğu camilerde kitle dikeyleşmekte ve binanın iç mekânı ile dış biçimi arasında arkitektonik bir bağlantı kurulmaktadır. Geleneksel içe dönük cami yapısı Mimar Sinan ile birlikte bina dışından algılanan bir mimari düzene ve gösterişli cephe bütünlüğüne kavuşmakta; bu durum Osmanlı sanatına yeni bir estetik anlayış katmaktadır. Erken Osmanlı mimarisinde yer alan uzun süre mimaride yansımaları bulunan Selçuklu motiflerinin son izleri de Sinan döneminde ayıklanmıştır. Mimar Sinan önderliğinde akılcı ve modüler klasik cami, üslup bütünlüğüne erişmektedir (Kuran, 1979; 1998).

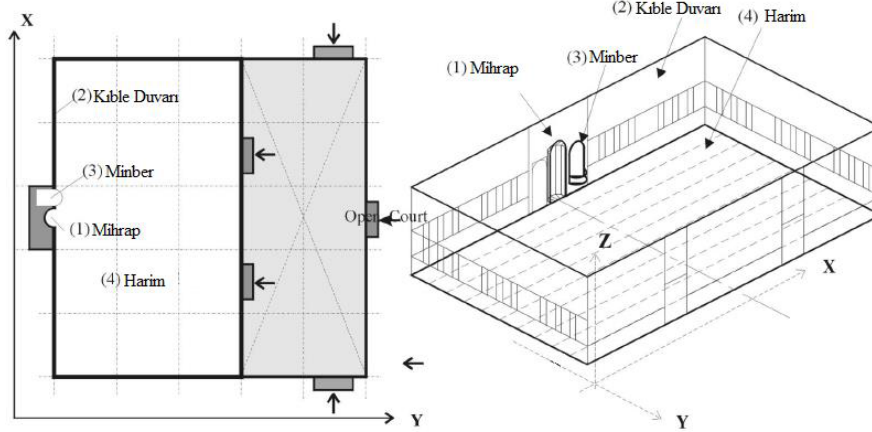
Mimar Sinan'ın akustik bilim ve teknolojisine olan hâkimiyeti ile ortaya çıkacak akustik sorunları önceden belirlediği ve bunlara çözüm önerileri getirdiği dini mimaride ortaya çıkmaktadır. Sinan'ın uyguladığı teknolojilerden; hacim içi ses basınç seviyelerinin düzenlenmesi, üst örtü elemanlarında boşluklu rezonatör kullanımı, sesin hacim içerisinde arka noktalara iletilmesi esasına dayalı önlemler Sinan öncesinde de görülmektedir. Ancak, akustik mimari tasarıma dayanan uygulama, ilk defa Sinan'da görülmektedir. Sinan camilerinin plan ve kesitleri incelendiğinde, hacim içinde homojen ses dağılımının sağlanması amacıyla yönelik önlemlerin alınmış olduğu ve bunların tasarıma aktarıldığı görülmektedir (Kayılı, 1988a).

Çalışmanın amacı, Osmanlı dini mimarisinde akustik performansın ortaya konulmasında kullanılan geleneksel yapı tekniklerinin tespit edilmesi ve malzeme kullanımları aracılığıyla değerlendirilmesidir. Amaç doğrultusunda öncelikle Osmanlı dini mimarisinde büyük yer tutan camilerin, iç mekân tasarım elemanları incelenmiştir. İç mekân tasarım elemanlarının hacim geometrisi ve ses dalgaları ile ilişkisi üzerinde durulmuştur. Kullanılan geleneksel malzeme ve bileşenlerin analizleri yapılmış ses dalgalarına verdiği yanıtlar üzerine araştırmalar yapılmıştır. Çalışma kapsamında alan incelemeleri olarak literatüre geçmiş kaynaklardan dönemine uygun örnek camiler ele alınmış ve akustik açıdan analizleri yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda ise Osmanlı dini mimarisinde akustik performansın oluşturulmasına yönelik örnekler üzerinden geleneksel malzeme ve teknik detay çözümleri çerçevesinde değerlendirmelerde bulunulmuş, günümüz dini mimarisinde hacim akustiği gerekliliklerine yönelik öneriler sunulmuştur.

2. OSMANLI DİNİ MİMARİSİNDE İÇ MEKÂN TASARIM ELEMANLARI

Osmanlı dini mimarisinde fonksiyona yönelik bulunan camilerin iç mekân elemanlarının tanımlanması gerekmektedir. İç mekân elemanları cami mimarisinde mimari akustiğin oluşturulmasında büyük bir öneme sahiptir. Bu nedenle iç mekânı oluşturan elemanlar ve bileşenler olarak harim (namaz holü), duvarlar (kible

duvarı, yan duvarlar, arka duvar), mihrap, minber, kürsü, mahfiller, üst örtü elemanları ve taşıyıcılar, geçiş elemanları ve bitiş malzemeleri incelenmelidir (Şekil 1). İç mekân elemanlarının kurgulanmasında farklı yaklaşımlar hacim içi ses dalgalarının farklı niteliklerde hareket etmesini sağlamaktadır. Bu durum caminin hacim içi akustik performansını büyük oranda etkilemektedir.



Şekil 1. Cami iç mekân tasarım elemanları (Abdou, 2003)

Harim, cami ve kiliselerin içinde ibadete ayrılmış olan geniş bölüm şeklinde ifade edilir (Hasol, 2016). Camilerde ana ibadet mekânını oluşturmaktadır. Osmanlı dönem camilerinde geniş, ferah ortam sunmakla birlikte tavan yüksekliği oldukça fazladır. Harim geometrisi ve yüzey bileşenleri, hacim ile ilişkili olarak cami akustik performansına büyük oranda etki etmektedir.

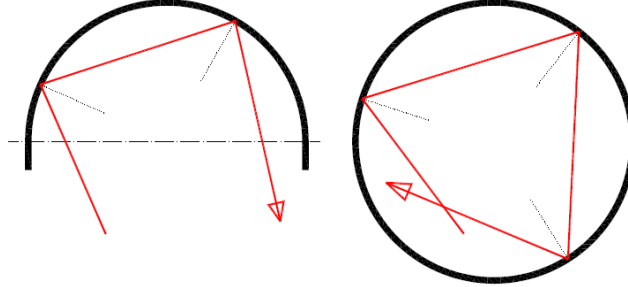
Kible duvarı, camilerde mihrabın bulunduğu ve kible yönüne bakan, kibleye paralel duvardır (Hasol, 2016). Camilerde ana giriş aksının karşısında olacak şekilde Kible yönüne dik olarak tasarlanan yapı elemanıdır. Yan duvarlar, sahinin oluşturulmasında kibleye yönelim ile sağ ve sol bölümde kalan duvarlardır. Arka duvar, ana giriş kapısının bulunduğu duvardır. İbadet sırasında insanların arkasında kalmaktadır. Duvarlar yüzey bileşenleri olarak, sesin yayılmasında, saçılmasında ve yutulmasında büyük rol oynamaktadır. Özellikle son bitiş malzemelerinin akustik niteliği ve kalınlıkları bu hususta önemli kriterler olmaktadır.

Mihrap, camilerin kible duvarında bulunan ve imamın namaz kıldırırken durması için ayrılmış olan safları bozmayacak şekilde dışa doğru girintili yerdir (Hasol, 2016). Kible duvarında olacak şekilde tasarlanan mihraplar, günümüzde niş yapılarak tasarlanmaktadır. Taş, alçı, çini, tuğla ve ahşap yapı malzemelerinin kullanıldığı mihrap bölümlerinde silmeler, süsleme elemanları, çeşitli kompozisyonlar ve yazı şeritleri bulunabilmektedir. Minber, camilerde hatibin hutbe okurken daha iyi görülmek ve sesini daha iyi duyurmak üzere çıktığı basamaklı bir bölümdür. Minber, mihrabın sağ tarafında bulunmaktadır. Kürsü, cami ve medreselerde vaaz veya eğitim öğretim amaçlı kullanılan, üst bölgeye merdivenle çıkılan mimari öğedir. Minber ya da kürsünün kullanıldığı konuşmalarda, konuşmacının yüksekte bulunması direkt sesin cemaate iletilmesi açısından olumlu etki oluşturmaktadır. Mimari akustik açısından ses kaynağının konumu olarak mihrap, minber ve kürsü önemli tasarım elemanlarıdır.

Mahfil için cami iç mekânında farklı bölümler bulunmaktadır. Müezzin mahfili, namaz kılınırken imamın tekbirlerini arka saflara ulaştırmak için tekbirlerin tekrar edildikleri bölümdür. Genellikle bir veya iki basamak ile üst kote yükseltilmiştir. Yükseltme ile sesin arka noktalara tam olarak ulaşması önemli olmaktadır. Kadınlar mahfili, camilerde kadınlara ayrılmış olan bölüm şeklinde ifade edilmektedir (Hasol, 2016). Genellikle, namaz holünün bir üst kotunda yer almaktadır. Hünkâr mahfili İslam dini mimarisinde devlet büyükleri ve yanındaki kimselerle birlikte ibadet eylemini gerçekleştirdikleri yerdir. Harim içerisinde ses hareketlerini değiştirdiği, sesin kırılmasına ve akustik gölge oluşumuna neden olduğu için hacim içi akustik performansını etkilemektedir.

Üst örtü elemanları ve taşıyıcılar, ana ibadet mekânının oluşturulmasında kurgulanan kemer, tonoz ve kubbe; sütun, ayak ve payelerden oluşmaktadır. Özellikle kemerler ve üst örtüyü oluşturan kubbe, Osmanlı dini mimarisinde dikkat çeken yapı elemanlarıdır.

Kubbe, akustikte en rahatsız edici geometrik formlardan biridir. Nedeni de kubbenin içbükey formlardan oluşuyor olmasıdır. Ses enerjisi, kubbede birkaç kez yansımadan uzaklaşmamaktadır (Şekil 2). Bu nedenle, kubbeden yansıyan ses enerjisi geri mekânın içine gecikmeli olarak gelmektedir. Bu durum mekânda gürültüye, ekoya veya sesin anlaşılabilirlik yüzdesinin azalmasına neden olmaktadır.



Şekil 2. Kubbedeki ses dalgasının izlediği yol, kubbe kesiti ve planı (Kayılı, 2005)

Geçiş elemanları, farklı geometrik formların geçişlerinde, değişik yüzeylerin birbiri ile iki boyutta ve üç boyutta bir araya gelmesi ile oluşturulan pandantif, tromp, Türk üçgeni ve mukarnas gibi elemanlar geçiş elemanlarını oluşturmaktadır (Resim 1). Geçiş elemanlarının yüzey alanı, geometrik biçimlenişi ve malzeme bileşenleri hacim akustik parametrelerini etkilemektedir. Sesin yayılmasında ve saçılmasında büyük rol oynamaktadır. Girintili çıkıntılı veya yansıtıcı yüzeyleri ile sesin farklı doğrultularda yayılmasını, farklı noktalara iletilmesini sağlamaktadır (Eröz, 2013).



Resim 1. Hacim içi mukarnas, fil ayağı ve pandantif konumları (Eröz, 2013)

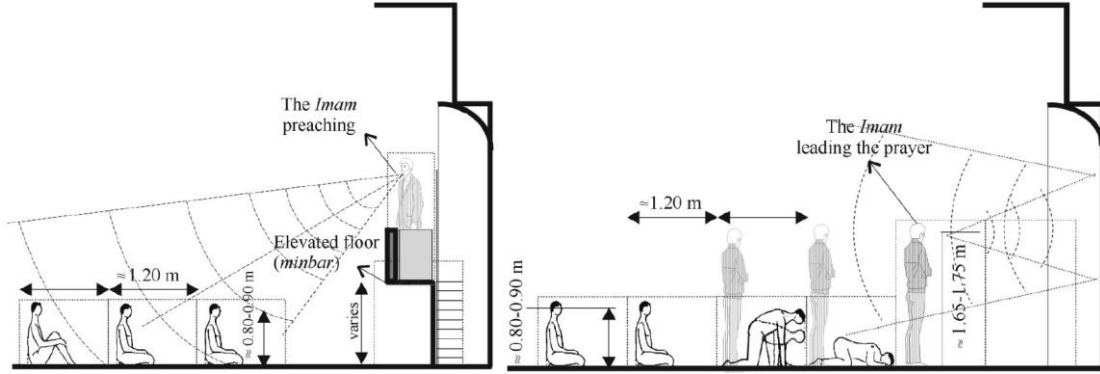
Bitiş malzemeleri, hacim içi mekânda yapı elemanlarının yüzeyinde bulunarak fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre mimari akustik performans parametrelerini etkilemektedir. Özellikle Mimar Sinan tarafından yapılmış camilerde alçak ve orta frekanslarda (kalın sesler) ses enerjisinin sönümlenmesine yönelik sıvalar kullanılmıştır. Sıva içerisinde ketenin kullanılması durumunda, lifli malzeme ve gözenekli yapısı ile ketenin yutuculukta büyük rol oynadığı düşünülmektedir (Eröz, 2015). Kible duvarı, yan duvarlar ve arka duvarda kullanılan sıvanın niteliği, kaplama özelliklerinin bilinmesi, çini, mermer, ahşap kaplama bileşenlerinin akustik performans gereklerine uygun şekilde kullanılması gerekmektedir.

3. OSMANLI DİNİ MİMARİSİNDE HACİM İÇİ AKUSTİK PERFORMANSIN İNCELENMESİ

Osmanlı dini mimarisinde hacim içi akustik performansın analiz edilmesinde ibadet mekânı olarak camilerin fonksiyonu üzerinde durulmalıdır. Camiler farklı kullanım özellikleri ile birlikte farklı akustik parametreler çerçevesinde kontrol edilmelidir. Kullanıcı, farklı pozisyonlarda ibadet sürecini tamamlamaktadır (Şekil 3). Bu durum akustik performansın gerekliliklerini değiştirmektedir (Karabiber, 1999). Eldien ve Qahtani tarafından yapılan çalışmada, cami içerisinde üç temel fonksiyonun akustik parametreler üzerindeki etkisi incelenmiştir:

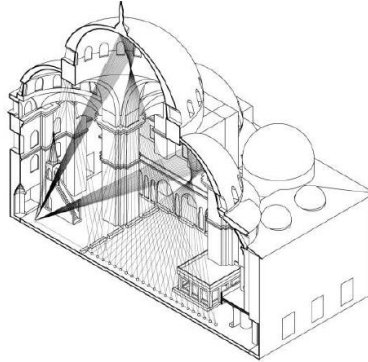
- İmam ve arkasında bulunan bir grubun ona uyararak ibadet sürecinde bulunmaları,
- Özel gün ve gecelerde çeşitli vaaz ve dini dinletilerde (hutbe ve vaaz) bulunmaları,
- Dini kitaptan çeşitli ayetlerin okunmasında ve dinletisinde bulunmaları (Eldien ve Qahtani, 2012).

Camilerde farklı fonksiyonlara yönelik ses kaynağı ve alıcı konumları değişmektedir. Ses kaynağı; mihrap üzerinde imamın ayakta ve oturma durumunda olması, mihrap üzerinde vaaz ve musiki dinletilerde bulunması, yetkin bir kişinin kürsüde konuşması, müezzin mahfilinin kullanılması gibi durumlarda değişmektedir. Bununla birlikte alıcı olarak dinleyicilerin oturma konumunda olması ve ayakta bulunması da hacim akustiğini etkilemektedir. İnsanın büyük bir ses yutucu olduğu düşünüldüğünde caminin doluluk oranının değişken olması cami akustiğinde dikkat edilmesi gereken bir durumu ortaya çıkarmaktadır.



Şekil 3. Cami içerisinde farklı fonksiyonlarda kaynak ve alıcı ilişkisi (Abdou, 2003)

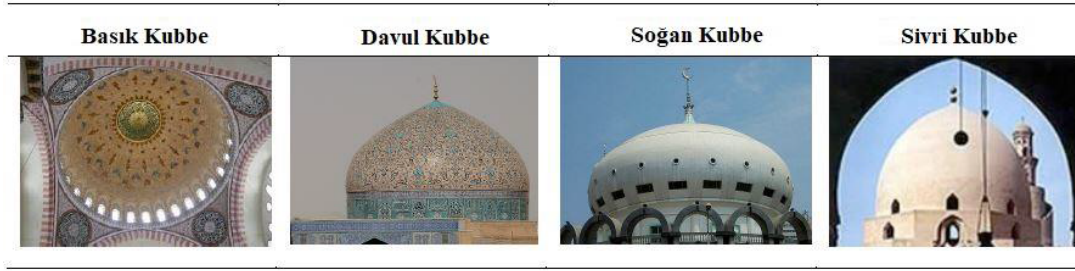
Osmanlı dini mimarisinde özellikle Mimar Sinan camilerinde, tek mekân hissini korumak amacıyla geniş bir açıklık geçme üzerine kurgulanmıştır. Sinan, camilerinde taşıyıcı sistemde geniş açıklık çözümüne yönelik kubbeyi tercih etmiştir (Şekil 4). Sinan bölünmemiş tek mekân camileri ile iç mekânda geniş hacimler elde etmiştir. Bu durum, cami akustik performansını büyük ölçüde etkilemektedir. Mimar Sinan bu çerçevede özellikle dönemine uygun çeşitli geleneksel yöntemlerle çözümler üretmiştir (Eldien, 2014).



Şekil 4. İmamın namaz kılma pozisyonunu sırasında hacim içerisinde oluşan ses hareketleri ve kubbe tasarımının etkisi (Yıldırım, 2003)

Farghaly ve Eldien tarafından yapılmış olan çalışmada, camilerde kurgulanan kubbe türünün akustik performans açısından (konuşmanın iletim indeksi, STI olarak) değerlendirilmesi yapılmıştır. Mevcut bir üniversite camisi (23 m²'lik plan düzlemi ve 48 metre yüksekliğinde) için tek değişken olarak farklı geometrik şekillerde kubbeler ele alınmıştır. Basık kubbe, davul kubbe, soğan kubbe ve sivri kubbe türleri kullanılmıştır (Çizelge 1). Kaynak olarak imamın mihrap konumu ve Cuma günleri minber konumu esas alınmıştır. Konuşmanın iletim indeksi parametresi açısından en uygun kubbe türü basık kubbe ve sivri kubbe olarak tespit edilmiştir (Farghaly ve Eldien, 2013). Bu durum incelendiğinde, Osmanlı dini mimarisinde genellikle basık kubbenin tercih edilmesi, hacim içi akustik performansı açısından olumlu sonuçlar verdiğini göstermektedir.

Çizelge 1. Dini mimaride kullanılan farklı kubbe tipleri (Farghaly ve Eldien, 2013)

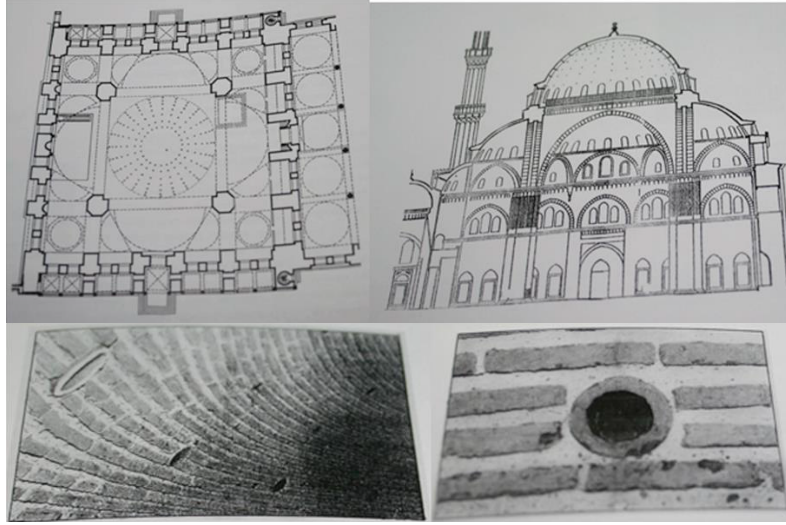


3.1. Malzeme ve Teknik Üzerinden Akustik Performansın İncelenmesi

Osmanlı dini mimarisinde camilerde genel olarak iç mekân akustik performansına etki eden yapı ve bitiş malzemeleri; taş, tuğla, kiremit, sebu ve künk gibi pişmiş toprak malzemeler, harçlar, sıva ve boya katmanları, cam, ahşap ve halı kaplama malzemeleri olarak bilinmektedir. Cami içerisindeki taş yüzeylerin çoğu sıva ve bezemelerle kaplanmıştır. Sıvalar ve harçlar kireç, horasan, ince kum, alçı, keten ve saman bileşenlerinden oluşmaktadır. Keten, kubbenin sıvanmasında kullanılmıştır. Sıva içerisinde keten (gözenekli bir malzeme) kullanılması durumu, hacim içinde özellikle yüksek frekanslarda sesin yutulmasına yönelik bir önlem olduğu düşünülmektedir. Cami içerisinde geçiş elemanı olarak kullanılan mukarnaslar, alçıdan yapılmıştır (Kayılı, 1988a ve Çelik, 2009). Camilerde bitiş malzemesi olarak kullanılan mermer, çini, fayans, altın varak gibi sert ve parlak yüzeyler, sesin yansıtılarak uzun süre havada kalmasını sağlamaktadır. Sesin havada uzun süre kalması mekân içi akustik konfor parametrelerinden reverberasyon süresini etkilemektedir. Bu durumun sonucu olarak sesin anlaşılabilirliği ve netliği azalmaktadır (Zohra, 2016). Camilerin zemininde halılar kullanılmaktadır; bazı cami halılarının altında ise kamıştan örülmüş hasırlar bulunmaktadır. Halı, hacim içi akustik performansında büyük bir yutuculuk sağlamaktadır. Özellikle cami iç mekânının doluluk oranı ile insanın ses yutuculuk katsayısı ele alındığında, halı için kullanılan malzemenin aynı koşullar altında insan ile benzer yutuculuk performansı göstermesi beklenmektedir. Aksi takdirde cami iç mekânının doluluk oranı, akustik performansının değişmesinde etkili rol oynayacaktır.

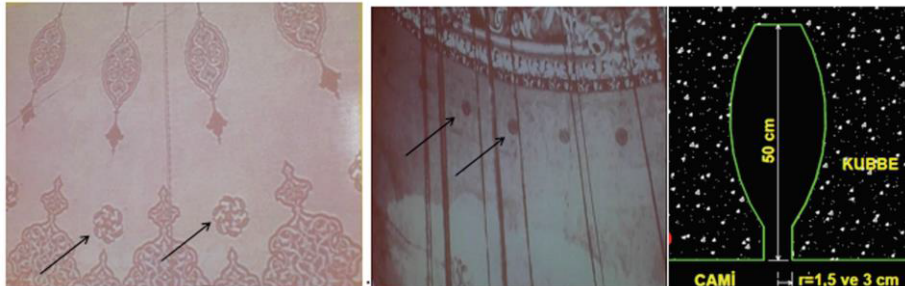
Kayılı yaptığı çalışmada; cami içerisinde kullanılan taşıyıcı elemanların, yüzey bitişleri ve geçiş elemanlarının geometrik formunun hacim içi akustik performansının etkilediğini belirlemiştir. Özellikle Mimar Sinan, camilerinde düzgün prizmatik formlardan kaçınmıştır. Kare planlı şemalardan kaçınmış, mihrap nişi, payanda, maskure gibi elemanlarla forma hareket katmıştır. Bu amaçla Sinan, ses dalgalarının farklı yönlerde yayılmasını sağlamış, sesin saçılması gerekliliği üzerinde durmuştur. Hacim içerisinde payanda, ayak gibi taşıyıcı elemanlara sesin farklı yönlerde saçılmasına yönelik geometrik formlar verilmiştir. Kubbe ile taşıyıcı ayak birleşim yerlerinde ve dik açılı köşelerde kubbeye geçişlerde kullanılan pandantifler ve mukarnaslar ile sesin mekânda homojen bir şekilde yayılması sağlanmıştır (Kayılı, 1988a).

Tarihsel süreç içerisinde Anadolu'da Sümer, Hitit, Urartu, Yunan, Roma, Selçuklu ve Osmanlı uygarlıkları dönemlerinde küpler ve künkler tesisat amaçlı (pis su, temiz su temini), hava akımlarının temini (baca, tüteklik), hafifletme amaçlı ve akustik amaçlı (rezonatör kullanımı) olarak kullanılmıştır. Küpler ve künklerin kullanımı hamam, türbe, kilise ve cami bina türleri olarak ön plana çıkmaktadır (Özen Yavuz ve Sağıroğlu, 2013). İbadet mekânı içerisindeki orta ve alçak frekanslarda reverberasyon süresinin azaltılmasına yönelik küpler veya künkler tercih edilmiştir. Düzgün aralıklarla kubbenin tuğla dokusu arasına yerleştirilmiş olan küp ve künklerin rezonans sağlamak ve akustiği düzenlemek için kullanıldığı belirlenmiştir. Küp ve künklerin etkisi ile sesin yansımaya uğramadan yutulduğu böylece hacim içi akustik performansı etkilediği gözlemlenmiştir (Resim 2). Küp ve künklerin akustik amaçlı kullanılması Osmanlı Devleti öncesi Selçuklulardan gelen bir gelenek olarak aktarılmıştır (Zobi ve Sağıroğlu, 2016).



Resim 2. Şehzade Cami'nde künklerin akustik amaçlı kullanımı (Tayla, 1997)

Osmanlı Döneminde Selimiye, Süleymaniye, Sokullu Mehmet Paşa, Şehzade Cami'lerinde restorasyon sırasında kubbelerde ağızı açık bir şekilde iç mekâna dönük küp ve künkler tespit edilmiştir (Tayla, 2007). Düzgün aralıklarla kubbenin tuğla dokusu arasına yerleştirilen elemanlar, rezonans sağlayarak iç mekân akustik performansının iyileştirilmesine katkı sağlamaktadır. Sultan Ahmet Cami'nde akustik incelemeler sonucu kubbe alt katmanlarına yerleştirilmiş küpler (rezonatörler) tespit edilmiştir. İç katmandaki halka çerçevesinde 7 tane (iki tane daha olması muhtemeldir), orta halkadakinde 28 tane ve en dış halkadakinde ise 40 tane rezonatör amaçlı kullanılan kaplardan bulunmaktadır. Bu elemanların bir kısmı çapı 3 cm, bir kısmı 6 cm olacak şekilde bulunmuştur (Resim 3). Elemanların boyları ise yaklaşık olarak 50 cm olacak şekilde kullanılmıştır. Ancak günümüzde, cami örneklerinin bazılarında küp ve künk elemanların ahşap takozlar ile tıkanarak kapatılmış olduğu belirlenmiştir. Günümüzdeki ölçümlerde reverberasyon sürelerinin yüksek çıkmasının bir nedeni geçmişte üretilen akustik çözüm önerilerinin ortadan kaldırılması ve etkinliğini kaybetmesi olarak görülmektedir (Kayılı, 1988b).



Resim 3. Cami iç mekânında küplerin rezonatör olarak kullanım detayı (Kayılı, 1988b).

3.2. Hacim Akustiği Parametreleri Üzerinden Akustik Performansın İncelenmesi

Osmanlı dini mimarisinde hacim akustiği parametrelerinin analiz edilmesinde mekân içinde gerçekleşen eylemler önem kazanmaktadır. Konuşma işlevi olarak belirlenen dini günlerde, bayram günlerinde hutbe okunmasına ve vaaz verilmesine yönelik eylemler; musiki işlevi olarak özel günlerde söylenen ilahilere yönelik eylemler farklı hacim akustiği parametrelerini gerektirmektedir. Farklı eylemlerin aynı hacim içerisinde uygulanmasında optimum değerlerin sağlanması önem kazanmaktadır (Yılmaz Karaman ve Onat Güzel, 2017).

Genel bir yaklaşım olarak cami akustiğinden beklenen nitelikler aşağıda belirtilmiştir:

- Konuşma işlevinde anlaşılabilirliğinin sağlanmasında orta ve yüksek frekanslarda (tiz seslerde) alçak reverberasyon süreleri,
- Musiki işlevinde uhrevi duyguyu artırmayı sağlayacak alçak frekanslarda (bas seslerde) yüksek reverberasyon süreleri,
- Cami harim içindeki sesin uygun düzeylerde gürlüğü ya da yüksekliği,

- Cami içinde farklı frekanslarda yakın değerlerde ses yutma kapasitelerinin sağlanması,
- Cami harim içindeki dinleyici konumlarında homojen ses dağılımının sağlanarak ses patlaması, yankı, akustik gölge ve ölü noktalar gibi akustik sorunların minimum seviyeye indirilmesi,
- İç mekân akustik performansını bozmayacak düzeyde arka plan gürültüsü kriterinin sağlanması gerekmektedir (Sü Gül, Çalışkan ve Tavukçuoğlu 2014).

Camilerde farklı fonksiyonlara yönelik farklı akustik parametreler kullanılmaktadır (Çizelge 2). Genel olarak camiler için değerlendirilen akustik parametrelerin analizi reverberasyon süresi (T_{60} , T_{30} , T_{20}), erken sönümlenme süresi (EDT), ayırt edilebilirlik (D_{50}), konuşma iletim indeksi (STI), netlik (C80), ses basınç düzeyleri olarak (SPL-A), arka plan gürültüsü üzerinden yapılmaktadır (Yılmaz Karaman ve Onat Güzel, 2017). Camilerde hacim akustiği parametrelerinin incelenerek değerlendirilmesi ve uygun çözüm önerilerinin oluşturulması gerekmektedir.

Çizelge 2. Camilerde gerekli akustik parametrelerin literatür çerçevesinde incelenmesi (Yelkenci Sert, Alpaslan ve Yılmaz Karaman, 2017; Yılmaz Karaman ve Onat Güzel, 2017; Sü Gül ve Çalışkan, 2013)

Akustik Parametreler	Açıklamalar	Optimum Değer Aralıkları
Reverberasyon Süresi (T , T_{30} , T_{20}) (s)	Ses kaynağı kapatıldıktan sonra odadaki ses seviyesinin 60 dB azalması için geçen süre olarak tanımlanmaktadır.	Hacim ve frekans dağılımına göre değişkenlik göstermektedir.
Erken Sönümlenme Süresi (EDT) (s)	Kapalı bir hacim içerisinde, ses kaynağı kapatıldıktan sonra, ses basınç seviyesinin, 10 dB sönümlenmesi için geçen sürenin, 6 ilçe arılması sonucunda elde edilen, ses basınç seviyesindeki sönümlenmenin ilk evresini ifade etmektedir.	$RT - (\%10 \times RT) \leq EDT \leq RT + (\%10 \times RT)$
Ayırt Edilebilirlik, Belirginlik (D_{50}) (%)	Konuşma işlevi ile ilgili parametredir. Yüksek değerler daha anlaşılır olarak kabul edilmektedir. D ile hece anlaşılabilirliği arasında doğru orantılı artış vardır.	$D_{50} > 0,50$ tüm frekanslarda
Konuşma İletim İndeksi (STI)	Konuşma işlevi ile ilgili parametredir. 0,0 - 0,3 aralığı: Kötü 0,3 - 0,45 aralığı: Zayıf 0,45 - 0,6 aralığı: Orta 0,6 - 0,75 aralığı: İyi 0,75 - 1 aralığı: Mükemmel	Konuşma eylemi için en az iyi değeri aranmalıdır. $0,6 \leq STI \leq 0,75$
Netlik - Berraklık (C80) (dB)	Anlaşılabilirliğinin bir başka ölçüm aracı C80'dir. İlk 80 ms içinde dinleyiciye ulaşan ses enerjisinin bu süreden sonra ulaşan ses enerjisine göreceli değeri olarak kabul edilmektedir.	Musiki işlevi: 0, -4 dB Konuşma işlevi: -2,+2 dB
Arka Plan Gürültü Düzeyi (dBA)	Arka plan gürültü düzeyi, iç ortamda etkinlik olmadan alınan gürültü değeridir. Yüksek olması durumunda eylem ile karışacak sesin anlaşılabilirliği azalacaktır.	≤ 30 dBA 25-30 dBA

4. OSMANLI DİNİ MİMARİSİNDE HACİM İÇİ AKUSTİK PERFORMANSININ ÖRNEKLER ÜZERİNDEN İNCELENMESİ

Osmanlı dini mimarisinde önemli yer tutan camilerin akustik performansının incelenmesinde, geleneksel yapı sistemleri ele alınmıştır. Bu bağlamda, farklı hacim akustiği parametrelerinin belirlenmesinde malzeme ve teknik kullanımının etkisi, geleneksel cami mimarisi iç mekân tasarım elemanları aracılığıyla açıklanmış ve tartışılmıştır.

4.1. Süleymaniye Cami Akustik İncelemesi (Mimar Sinan Eseri)

Sü Gül, Çalışkan ve Tavukçuoğlu yaptıkları çalışma kapsamında, Süleymaniye Cami akustiği için ölçümler ve simülasyonlar ile incelemelerde bulunmuştur. Süleymaniye Cami dört fil ayağı üzerinde 26,20 metre çapında, 49,50 metre yüksekliğinde bir kubbe ile kurgulanmıştır. Süleymaniye Cami, 115.000 m³ hacme sahiptir. Cami içerisinde ana kubbe, yan kubbe ve kemer yapı elemanları bağlantıları pandantifler

aracılığıyla sağlanmıştır. Mukarnaslar, yarım kubbe ile eteklerindeki kubbe geçişleri ve yan kısımlardaki kubbe geçişlerinde yer almaktadır. Caminin özgün hali içerisinde yapı ve bitiş malzemeleri; taş, tuğla, kiremit, sebu ve künk gibi pişmiş toprak malzemeler, harçlar, sıva ve boya katmanları, cam, ahşap ve halı olarak tespit edilmiştir. Cami harim iç mekânındaki yüzeylerin çoğu sıva ve bezemelerle kapatılmıştır. Mermer, granit, breş ve Hereke pudingi gibi çeşitli yapı malzemeleri, sütunun belirli kısımları, duvar, söve ve döşeme kaplama malzemesi olarak kullanılmıştır. Sıvalar ve harçlar kireç, horasan, ince kum, alçı, keten ve saman bileşenlerinden oluşmaktadır. Keten, kubbe iç mekân sıvalarında kullanılmıştır. Cami harim içerisinde taşıyıcı özelliği olmayan, geçiş elemanı olarak kullanılan mukarnaslar alçıdan yapılmıştır. Caminin özgün halinde halıların altına kamışlardan örülmüş hasırların serildiği belirtilmektedir. Kible duvarı çini ile harim üstünde bulunan kubbeler altın varak ve kalem işi ile bezenmiştir (Sü Gül, Çalışkan ve Tavukçuoğlu 2014).

Süleymaniye Cami'nde en önemli yapı elemanı kubbedir. Ses odaklanmasının gerçekleşmemesi için kubbe çapı odanın toplam yüksekliğinden daha fazla olmalıdır. Süleymaniye Cami'nde bu durum uygun bir şekilde kurgulanmıştır. Süleymaniye Cami'nde olduğu gibi Mimar Sinan'ın diğer yapılarında da yansıtıcı yüzeylere yönelik kurgulanan sebu uygulaması dikkat çekmektedir. Pişmiş kilden üretilen sebular, dar ve kısa boyun geçişi ile genişleyen ve alta doğru daralan forma sahip elemanlardır. Camilerde kullanılan sebular statik açıdan kubbenin ölü yükünü de hafifletmektedir. Mimari akustikte kullanılan sebular, fiziksel formları ve üstlendikleri işlevleri ile Helmholtz rezonatörü olarak bilinmektedir. Bu elemanlar ses enerjisini dağıtarak, dar bantta özellikle alçak frekanslarda (63-250Hz) sesin bir bölümünü kendi içine hapsederek yutma işlevi üstlenmektedir. Farklı eleman ölçülerinde kullanılan Helmholtz rezonatörü işlevindeki bu elemanların çok sayıda ve farklı boyutlarda kullanımı, etkili oldukları alçak ve orta frekanslarda sesin yutulması üzerinde değişken etkiler göstermektedir. Süleymaniye Cami'nde plan ve kesit düzlemlerinde düz yüzeylerin mahfil, minber ve nişlerle bozulması, mukarnas kündekari, çini gibi elemanlarla tasarlanması akustik açıdan sesin saçılmasına olanak sağlamaktadır. Girintili çıkıntılı yüzeylerde ses, saçılmaya uğrayarak hacim içi homojen ses seviyesinin elde edilmesine katkı koymaktadır.

Süleymaniye Cami'nde duvarlar ve kubbe için bitiş malzemesi olarak sıvanın kullanılması, hacim içerisinde yüksek yansıtıcılık sağlamaktadır. Yansıtıcılığın yüksek seviyelerde olması hacim içi reverberasyon süresini artırmaktadır. Bu durumda Mimar Sinan sıvanın içine keten ilave ederek özellikle akustik açıdan fazla yansımaların azaltılmasını amaçlamıştır. Aynı zamanda sıvada keten kullanımı sıvayı, esneklik ve çekme direnci gibi teknik özellikler bakımından güçlendirmektedir. Mimar Sinan'ın camilerinde kubbe ve duvar yüzeylerinin keten ve saman bileşimli, gözenekli ve yumuşak dokulu horasan harçları ile sıvanarak kaplandığı tespit edilmiştir. Gözeneklilik ve yumuşak dokulu olması, sesin yüksek frekanslarda yutulması açısından olumlu sonuçlar vermektedir.

Reverberasyon süresinin frekansa göre fazla değişmemesi için, tüm frekans aralıklarında alan yutuculukların da dengeli olarak dağılım göstermesi gerekmektedir. Halılar, yüksek frekanslı seslerin yutulmasında olumlu etkiler ortaya koymaktadır. Konuşmanın anlaşılabilirliği açısından kilise gibi diğer ibadet yapılarına kıyasla cami iç mekân harim kısmında halı kullanılması, önemli bir avantaj sağlamaktadır. Döşeme kaplaması olarak halı yerden yükseltilmemişse, (halının alt bölümünde en az 5-10 cm yüksekliğinde bir yükseltme bulunmuyor ise) orta ve yüksek frekanslarda seslerin yutulmasında etkili olmaktadır. Süleymaniye Camii'nin özgün halinde kullanılan döşeme kaplamalarına yönelik ilgili kayıtlarda, bu tür bir yükseltmenin bulunmasından bahsedilmemektedir. Bu durumda özgün halinde kullanılan halının alçak frekanslardaki ses yutma kapasitesinin az olduğu düşünülmekte ve mevcut halının yutuculuk performansı ile benzer olacağı tahmin edilmektedir (Sü Gül ve Çalışkan, 2013). Literatür kaynaklarında caminin özgün kullanım halinde, halıların altına kamıştan örülen hasırların serildiği belirtilmektedir (Çelik, 2009). Bu uygulamanın, camide orta ve alçak frekanslardaki ses yutma kapasitesine olumlu yönde katkı sağlayabileceği söylenebilir. Bunların yanı sıra ibadet sırasında cemaatin varlığı ve oturma sıklığı, sesin yutulmasını ve ses dalgası hareketlerini etkilemektedir.

4.2. Sultan (Mesir) Cami Akustik İncelemesi

Yelkenci Sert, Alpaslan ve Yılmaz Karaman yaptıkları çalışma kapsamında, Sultan Cami akustik performans değerlendirmesini ele almışlar alan çalışması olarak ölçümler yapmışlardır. Osmanlı Dönemi'nde Manisa kenti, sancak şehri olması nedeniyle sürekli korunmuştur. Şehzadelerle birlikte üst düzey yönetim üyelerinin ve şehzade eğitiminden görevli kimselerin de bulunduğu kent inşa

programlarında beraberinde getirmiştir. Sultan Cami bu yapılardan biri olarak Yavuz Sultan Selim hanımı ve Kanuni'nin annesi Ayşe Hafsa Sultan tarafından yaptırılmış ibadethanedir (Yelkenci Sert, Alpaslan ve Yılmaz Karaman, 2017).

Enine dikdörtgen planlı cami olarak kurgulanan Sultan Cami harimine iki ana kapıdan girilmektedir. Ana kapı beş açıklıklı son cemaat yerinin ortasında, mihrap aksında yer almaktadır. Diğer kapı ise doğu duvarının kuzey köşesinde yer almaktadır. Harim mekânı, mihrap aksında ve yaklaşık 22,5 metre yüksekliğindeki bir ana kubbe ile iki yanda ikişer küçük kubbeden oluşan beş kubbeli bir kompozisyonla örtülmüş olan yaklaşık 5000 m³ büyüklüğünde bir hacimdir. Kubbeleşmeler arası geçişler pandantiflerle sağlanmıştır. Harimin kuzeybatı köşesinde, kare kesitli beş ahşap dikmenin taşıdığı üst mahfil yer almaktadır. Üst kotta yer alan mahfile, kuzey duvarına bitişik ahşap merdiven aracılığıyla ulaşılmaktadır. Üst mahfilin altında bulunan döşemeden yaklaşık 40 cm yukarıda müezzin mahfili bulunmaktadır.

Sultan Camisi yapı form ve elemanlarının hacim içi akustik koşulları çerçevesinde homojen ses dağılımı yaptığı tespit edilmiştir. Mekân içinde birbirine paralel duvarlardan kaynaklanacak olumsuz etkiler (yansımaların sonucu olarak eko problemleri) duvar yüzeylerinde bulunan nişler, mihrap, taşıyıcı kolonlar, mahfil, minber gibi cami iç mekân tasarım elemanları ile engellenmiştir (Yelkenci Sert, Alpaslan ve Yılmaz Karaman, 2017).

Cami ana ibadet mekânı harim üstünü örten yapı elemanı kubbe, iç mekâna hâkim geometrik form olarak bulunmaktadır. Kubbe ve taşıyıcı duvarların birleştiği noktalarda yapılan pandantifler, yan bölümlerde kullanılan kemerler, taşıyıcı kolonlar sesin uygun yansımaları yaparak hacim içerisinde homojen dağılmasını sağlamaktadır. Kubbenin olumsuz ses odaklanması problemi cami geometrisi üzerinde ele alınmış, istenmeyen odaklanma noktası insan seviyesinin üstünde bulunmuştur. Zemin kaplaması olarak kullanılan halının yaklaşık olarak insan yutuculukları ile aynı olması, cami yoğunluğunun akustik performansına etkisini azaltmaktadır. Bu durumların sonucu olarak cami, hacim içerisinde istenmeyen ses patlamalarını, kuru ve ölü alan oluşumunu önleyerek akustik performans açısından olumlu olarak kabul edilmiştir.

Sultan Cami akustik parametreler çerçevesinde incelendiğinde, harime sonradan yapılan müdahaleler sonucunda olumsuz yönde etkilendiği gözlemlenmiştir. Kadınlar bölümünü ayıran, sonradan eklenen panellerin yüksek oranda yansıtıcı oldukları tespit edilmiştir. Yüksek yansıtıcı oranlara sahip panellerin hacim akustiği parametrelerinden STI değerini azalttığı tespit edilmiştir. Aynı zamanda hacim içerisindeki oluşan fazla yansımalar nedeniyle reverberasyon süresini arttırmakta ve bu durum konuşmanın anlaşılabilirliğini azaltmaktadır (Yelkenci Sert, Alpaslan ve Yılmaz Karaman, 2017).

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Osmanlı dini mimarisinde camiler, kültürel ve toplumsal bilginin gelecek kuşaklara aktarılması konusunda büyük yer tutmaktadır. Çeşitli tasarım ölçütleri ve geleneksel yapı sistemleri çerçevesinde doğru kurguların analiz edilmesi ve koruma çalışmalarına yönelik belgelendirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Camilerin görsel anlamda olduğu kadar işitsel anlamda da bireyler üzerinde etkileri bulunmaktadır. İşitsel konforun sağlanması, bu doğrultuda hacim içi akustik parametrelerinin düzenlenmesi gerekmektedir.

İbadet eylemlerinin gerçekleştiği mekânlar olarak camiler, akustik açıdan farklı parametreler ile kurgulanan fonksiyonları bir arada barındırmaktadır. Konuşma ve musiki eylemleri (ilahiler, Kur'an-ı Kerim okunması vb.) gerekleri olarak camilere yönelik farklı akustik parametreler bulunmaktadır. Farklı parametrelerin tek mekânda düzenlenmesinde ve denetlenmesinde ise en temel kriter optimum denge değerlerinin sağlanmasıdır. Akustik parametrelerin her bir cami için farklı sistemlerle kurgulanması, alanda yapılan çalışmaların değerlendirilmesini güçleştirmektedir. Bu amaçla, Osmanlı Dönem camilerinin geleneksel yapı teknikleri ve sistemleri olarak ele alınması; çeşitli yapı elemanlarının ve malzemelerinin bu hususta değerlendirilmesi gerekli olmuştur. Belgeleme, koruma ve yenileme çalışmalarında özellikle özgün hallerinde uygulanan teknik detaylar dikkatli bir şekilde ele alınmalı ve çalışmalar kapsamında değerlendirilmelidir.

Yapılan araştırmalar ve örnek cami incelemelerinin sonucu olarak; Osmanlı dini mimarisinde akustik performansın önemli olduğu ve tasarım sürecine girdi olarak katkı koyduğu tespit edilmiştir. Özellikle Mimar Sinan'ın eserlerinde ve sonrasında gelişen camilerde akustik parametreler, geleneksel yapım teknikleri ile sağlanmıştır. Seçilen geometrik formlar, iç mekân düzenlemeleri, yapı elemanlarının biçimlenişi, geçiş elemanlarının kurgulanması (pandantif, tromp, Türk üçgeni, mukarnas) ve bitiş malzemeleri sesin hacim içerisinde homojen bir şekilde yayılmasını amaçlamaktadır. Camilerde akustik açıdan ortaya çıkan olumsuzluklar farklı teknikler ile ortadan kaldırılmaya çalışılmıştır. Kubbe ile ortaya çıkan odaklanma sorununda, odaklanma noktası kulak seviyesinin üst noktalarına alınmıştır. Sesin kırılmaya uğrayarak ulaşmadığı noktalarda müezzinler kullanılarak ses, hacim içerisinde uç noktalara ve ulaşılmayan noktalara kadar iletilmiştir.

Osmanlı dini mimarisinin görkem ve ihtişamı geçmişten günümüze kadar olan süreçte insanları etkilemiştir. Ancak sadece görsel bir etkileme olarak kalmamış olan camiler, ibadet mekânları olarak gereklerine uygun akustik parametreleri ile de bireyleri etkilemiştir. Geçmiş dönemlerde teknoloji ve imkânların kısıtlı olması, ancak belirli temel akustik kriterlerin geleneksel yapım kurguları çerçevesinde sağlandığı gözlemlenmiştir. Seçilen malzemeler ve yapı elemanları bu durum için uygun örnekler teşkil etmektedir. Günümüzde ise dini mimari tasarımlarda görsel etki ile birlikte akustik performansın da tasarıma katılması ve bu hususta değerlendirmelerin yapılması amaçlanmalıdır.

KAYNAKLAR

- Abdou, A.A. (2003). Measurement of Acoustical Characteristics of Mosques in Saudi Arabia. *The Journal of Acoustical Society of America*, 113(3), 1505-1517.
- Cebeci, N. (2008, 6 Mart). Dini yapılar denince şehirdeki bütün çirkinlikler gözümüze takılıyor, ama söz konusu 'sivil mimari' olunca kendimizi avutuyoruz. URL: http://www.mimarizm.com/makale/numan-cebeci-dini-yapilar-denince-sehirdeki-butun-cirkinlikler-gozumze-takiliyor-ama-soz-konusu-sivil-mimari-olunca-kendimizi-avutuyoruz_113511. Son Erişim Tarihi: 27.09.2019.
- Çelik, S. (2009). Süleymaniye Külliyesi Malzeme Teknik ve Süreci. Ankara: Atatürk Kültür Merkezi Yayınları, (Birinci Baskı).
- Eldien, H.H. (2014). Impact of Mosque Geometry on Its Acoustical Performance. First International Conference of the CIB Middle East & North Africa Research Network CIB-MENA 2014, Abu Dhabi.
- Eldien, H.H. and Qahtani, H.A. (2012). The Acoustical Performance of Mosque Main Prayer Hall Geometry in the Eastern Province, Saudi Arabia. *Acoustics 2012 Nantes Conference*, France.
- Erdem, B. (2011). Mimar Sinan'ın Eseri Olan Üç Önemli Caminin Mekânsal Özelliklerinin İrdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Eröz, F. (2013). Sinan ve Mimari Akustik. 10. Ulusal Akustik Kongresi ve Sergisi, Türk Akustik Derneği, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Eröz, F. (2015). Mimar Sinan, Üsküdar Mihrimah Sultan Cami Akustik Öncesi ve Sonrası. *Gazi Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Sanat ve Tasarım Dergisi*, 77-89.
- Farghaly, Y.A. and Eldien, H.H. (2013). The Impact of Dome Shape on Speech Transmission Index (STI) in Mosques. University of Dannam, Technical Report: 2012173.
- Hasol, D. (2005). *Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü*. İstanbul: Yem Yayın, (On dördüncü Baskı).
- Karabiber, Z. (1999). Acoustical Problems in Mosques: A Case Study on the Three Mosques in Istanbul. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 105, 1044.

- Kayılı, M. (1988a). Sinan Eserlerinde Akustik. IV. Vakıf Haftası-Türk Vakıf Medeniyeti Çerçevesinde Mimar Sinan ve Dönemi Sempozyumu, İstanbul.
- Kayılı, M. (1988b). Mimar Sinan'ın Camilerindeki Akustik Verilen Değerlendirilmesi. Mimarbaşı Koca Sinan. Yaşadığı Çağ ve Eserler kitabı içinde (Ed. Bayram, S.), Başbakanlık Vakıflar Genel Müdürlüğü, 551-554.
- Kayılı, M. (2005). Acoustic Solutions in Classic Ottoman Architecture. Foundation for Science Technology and Civilization, 1-15.
- Kuran, A. (1979). Mimar Sinan'ın Bilinmeyen ve Kaybolan Camileri. Boğaziçi Üniversitesi Dergisi, Beşerî Bilimler, 7, 81-94.
- Kuran, A. (1998). Mimar Sinan'ın Camileri. Mimarbaşı Koca Sinan. Yaşadığı Çağ ve Eserler kitabı içinde (Ed. Bayram, S.), Başbakanlık Vakıflar Genel Müdürlüğü, 175-214.
- Özen Yavuz, A. ve Sağiroğlu, Ö. (2013). Pişmiş Toprak Yapı Malzemesinin Tarihi Yapılarda Farklı Kullanımına Bir Örnek: Künk ve Küpler. 7th Uluslararası Eskişehir Pişmiş Toprak Sempozyumu, Eskişehir.
- Sü Gül, Z. ve Çalışkan, M. (2013). Impact of Design Decisions on Acoustical Comfort Parameters: Case Study of Doğramacızade Ali Paşa Mosque. Applied Acoustic, 9(3), 201-216.
- Sü Gül, Z., Çalışkan, M. ve Tavukçuoğlu, A., (2014). Geçmişten Günümüze Süleymaniye Cami Akustiği. Megaron, 9(3), 201-216.
- Tayla, H. (1997). Geleneksel Türk Mimarisinde Yapı Sistem ve Elemanları. TAÇ Vakfı Yayınları, Mas Matbaacılık, İstanbul.
- Tayla, H. (2007). Geleneksel Türk Mimarisinde Yapı Sistem ve Elemanları. (Cilt 1-2), Türkiye Anıt Çevre Turizm Değerlerini Koruma Vakfı / İstanbul.
- Yelkenci Sert, F., Alpaslan, H.İ. ve Yılmaz Karaman, Ö. (2017). Manisa Sultan (Mesir) Camisi'nin Akustik Özelliklerinin Değerlendirilmesi. Sanat Tarihi Dergisi, 24(2), 243-259.
- Yıldırım, E. (2003). Yeni Cami'nin Akustik Açısından Performans Değerlendirmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yılmaz Karaman, Ö. ve Onat Güzel, N. (2017). Acoustical Properties of Contemporary Mosques Case Study of "Bedirye Tiryaki Mencik Mosque", Manisa" YBL Journal of Built Environment, 5(1), 14-30.
- Zobi, B. ve Sağiroğlu, Ö. (2016). Künk ve Küplerin Anıtsal Mimaride Üst Örtüde Kullanımı. 10th Uluslararası Eskişehir Pişmiş Toprak Sempozyumu, Eskişehir.
- Zohra, B.H. (2016). The Numerical Simulation Support Tool for the Assesment of the Acoustic Quality of Worship Spaces. International Journal of Computer Science, Engineering and Information Technology, 6(1), 1-20.