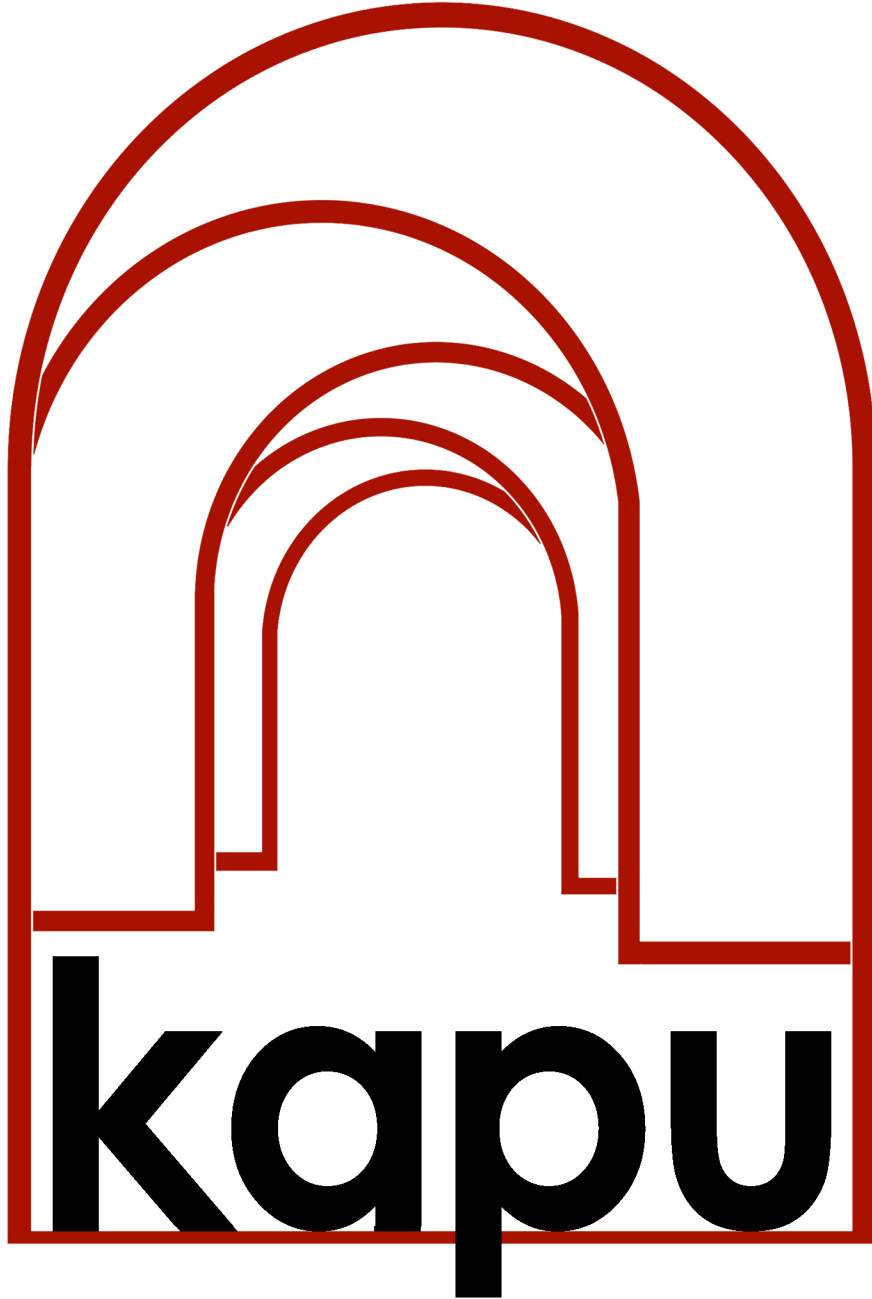




TRAKYA JOURNAL OF ARCHITECTURE AND DESIGN

TRAKYA MİMARLIK VE TASARIM DERGİSİ



Volume: 2 - Number: 2 December 2022

Cilt: 2 - Sayı: 2 Aralık 2022

E-ISSN: 2822 -2423

KAPU

**Trakya Journal of
Architecture and Design**

Volume: 2 Number: 2 December 2022

**Trakya Mimarlık ve
Tasarım Dergisi**

Cilt: 2 Sayı: 2 Aralık 2022

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/kapu>

kapu@trakya.edu.tr

YAYIN KURULU / JOURNAL BOARDS

Dergi Sahibi / Owner of the Journal

T.Ü Mimarlık Fakültesi adına Dekan
Prof. Dr. H. Burcu Özgüven

Baş Editör / Chief Editör

Doç. Dr. Esmâ Mihlayanlar

Yazı İşleri Müdürü / Editorial Manager

Doç. Dr. R. Duygu Çay

Yardımcı Editörler / Assistant Editors

Doç. Dr. Emel Baylan
Dr. Öğr. Üyesi Arif Mısırlı
Dr. Öğr. Üyesi Bülent Ayberk

Alan Editörleri / Section Editors

Doç. Dr. Semiha Kartal
Doç. Dr. Emel Baylan
Doç. Dr. Pınar Kısa Ovalı
Doç. Dr. Filiz Umaroğulları
Doç. Dr. H. Faik Kara
Doç. Dr. R. Duygu Çay
Doç. Dr. Damla Atik
Dr. Öğr. Üyesi Esin Benian
Dr. Öğr. Üyesi Tülay Canitez
Dr. Öğr. Üyesi Selin Arabulan
Dr. Öğr. Üyesi İnci Alkan
Dr. Öğr. Üyesi Aslı Akyıldız Hatırnaz

Teknik Yayın Editörleri / Technical Editors

Öğr. Gör. Dr. Banu Gökmen Erdoğan
Arş. Gör. Dr. Tuba Hatipler Çibik
Arş. Gör. Melek Özdamar Seitablaiev

BİLİMSEL DANIŞMA KURULU / SCIENTIFIC ADVISORY BOARD

- Prof. Dr. Abdullah Atiyye, Mansouro Üniversitesi, Mısır
Prof. Dr. Albert Fekete, Szent István Üniversitesi, Macaristan
Prof. Dr. Alexander Asanowicz, Bialystok University of Technology, Polonya
Prof. Dr. Anna Grichting, Vermont Üniversitesi, ABD
Prof. Dr. Aliye Senem Deviren, Mustafa Kemal Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Ayşe Gülçin Küçükaya, Yeditepe Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Ayşe Nilay Evcil, Beykent Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Aysin Sev, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Binumol Tom, Rajiv Gandhi Institute of Technology, Hindistan
Prof. Dr. Cana Bilsel, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Dicle Oğuz, Ankara Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Evgeni Velez, The State University of Library Studies and Information Technology, Bulgaristan
Prof. Dr. Fani Vavili, Selanik Aristo Üniversitesi, Yunanistan
Prof. Dr. Fehim Huskovic, Cyril and Methodius Üniversitesi- Makedonya
Prof. Dr. Filiz Şenkal Sezer, Uludağ Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Füsün Demirel, Gazi Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Gül Güneş, Selçuk Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. H. Burcu Özgüven, Trakya Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Hülya Kuş, İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Hülya Turgut, Özyeğin Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. İlder Büyükdıgan, Maltepe Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Kağan Günçe, Doğu Akdeniz Üniversitesi, KKTC
Prof. Dr. Khaled Tadmori, Lebanese Üniversitesi, Lebanon
Prof. Dr. Marcello Scalzo, Floransa Üniversitesi, İtalya
Prof. Dr. Mine Tanaç Zeren, Dokuz Eylül Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Nevrihal Erdoğan, Kocaeli Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Nilgün Görür Tamer, Gazi Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Özgür Mehmet Ediz, Uludağ Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Polyxeni Mantzou, Democritus Üniversitesi, Yunanistan
Prof. Dr. Sabit Oymael, Arel Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Seden Acun Özgünler, İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Sennur Akansel, Trakya Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Türkan Göksal Özbalta, Ege Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Tülay Cengiz Taşlı, Çanakkale 18 Mart Üniversitesi, Türkiye
Emer. Prof. Nikolas Lianos, Democritus Üniversitesi, Yunanistan
Emer. Prof. Kyriaki Tsoukala, Selanik Aristo Üniversitesi, Yunanistan
Doç. Dr. Ayşe Sirel, İstanbul Aydın Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Cristian Blidariu, Politehnica University of Timisoara, Romanya
Doç. Dr. Deniz Dokgöz, Dokuz Eylül Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Elena Dimitrova, University of Architecture Civil Engineering and Geodesy, Bulgaristan
Doç. Dr. Fatma Gül Öztürk Büke, Çankaya Üniversitesi
Doç. Dr. Hasan Fırat Diker, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Hatice Umut Tuğlu Karşlı, İstanbul Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. İlkey Koman, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Manolya Kavakli, Macquarie Üniversitesi, Avustralya
Doç. Dr. M. Zühre Yıldırım, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Yusuf Yıldız, Balıkesir Üniversitesi, Türkiye
Dr. Bekim Çeko, University of Business and Technology/UBT, Kosova
Dr. Diana Belci, Politehnica University of Timisoara, Romanya
Dr. Alice Tavares Costa, Averio Üniversitesi, Portekiz

Dizgi / Design

Doç. Dr. R. Duygu Çay

Öğr. Gör. Dr. Banu Gökmen Erdoğan

Arş. Gör. Dr. Tuba Hatipler Çibik

Arş. Gör. Melek Özdamar Seitablaiev

Kapak Tasarım / Cover Design

Dr. Öğr. Üyesi Arif Mısırlı

İletişim Bilgisi / Contact Information

Adres: Trakya Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Makedonya Yerleşkesi 22100 Edirne / TÜRKİYE

Web site: <http://kapu.trakya.edu.tr>

E-mail : kapu@trakya.edu.tr

Tel: +90(284) 225 69 92

EDİTÖRDEN

Değerli Okuyucularımız,

KAPU Trakya Mimarlık ve Tasarım Dergisinin Aralık 2022 sayısını sizlere paylaşıyoruz. Dergimizde mimarlık, peyzaj mimarlığı, iç mimarlık, şehir bölge planlama alanlarındaki teorik ve deneysel çalışmalara yer veriyoruz. Mimarlık ve Tasarım alanında eğitim, araştırma ve uygulamaya yönelik olarak farklı alan çalışmalarını ele alan bu sayımızla birlikte akademik yayıncılık konusunda yol almaya devam ediyoruz.

Yayın süreçlerindeki değerli katkıları için tüm hakemlerimize, editörlerimize, özverili çalışmaları için yayın ekibime çok teşekkür ederim.

2023 yılının tüm dünyaya barış, huzur, sağlık ve mutluluk getirmesini dilerim.

Yayın Kurulu Adına

Doç. Dr. Esmâ MIHLAYANLAR

FROM THE EDITOR

Dear readers,

We share the December 2022 issue of KAPU Trakya Journal of Architecture and Design with you. It includes theory, design, planning, and application-based studies in the fields of architecture, landscape architecture, interior architecture, and urban and regional planning in our journal. We continue to make progress in academic publishing with this issue, which deals with different field studies in the disciplines of Architecture and Design in terms of education, research and practice.

I would like to thank all our reviewers, editors, advisors, and my editorial board for their valuable contributions to publishing process.

I wish that the year 2023 will bring peace, health, and happiness to the whole world.

On behalf of the Editorial Board

Assoc. Dr. Esmâ MIHLAYANLAR

İÇİNDEKİLER / CONTENTS**STADYUM YAPILARINDA KULLANILAN TAŞIYICI SİSTEMLERİN İRDELENMESİ****Examination of Structural System Used in Stadium Buildings**

Utkucan SÜRGÜLÜ, Ali Osman KURUŞCU

1-21

KHAZRATI IMAM COMPLEX IN TASHKENT AND CONSERVATION OF ABUBAKR KAFFAL ASH-SHASHİ TOMB

Otabek ABDURAZAKOV, Ayşe Gülçin KÜÇÜKKAYA

22-36

BİNALARDA PASİF SOĞUTMA YÖNTEMLERİ VE GELENEKSEL MİMARİDEKİ UYGULAMALARININ İNCELENMESİ**Examination of Passive Cooling Methods in Buildings and Their Applications in Traditional Architecture**

Kemal Ferit ÇETİNTAŞ, Azadeh REZAFAR

37-56

KÜLTÜREL MİRAS YAPILARINDA TAŞ MALZEMENİN TAHRİBATSIZ XRF YÖNTEMİYLE ANALİZİ: ŞİRİNOĞLU HAMAMI ÖRNEĞİ**Analysis of a Cultural Heritage by Non-Destructive XRF Method: The Case of Sirinoğlu Bathhouse**

Gamze Fahriye PEHLİVAN

57-68

AN ANALYSIS ON POST OCCUPANCY EVALUATION METHOD IN BUILDINGS**Binalarda Kullanım Sonrası Değerlendirme Yöntemi Üzerine Bir Analiz**

Ebru GÜNAÇAR, Yasemin ERBİL

69-84

ARŞİV BELGELERİNDEKİ MİMARİ ÇİZİMLERİN DİJİTALLEŞTİRİLMESİ: ÇATALCA SAVUNMA YAPILARI ÖRNEĞİ**Digitization of Archive Documents in Architecture: Example of Çatalca Defense Structures**

H. Çiğdem ZAĞRA, Doğa Hazal GÜNAYDIN, Sibel ÖZDEN

85-104



STADYUM YAPILARINDA KULLANILAN TAŞIYICI SİSTEMLERİN İRDELENMESİ

Utkucan SÜRGÜLÜ¹ , Ali Osman KURUŞCU² 

¹⁻² Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, İstanbul, Türkiye.

ÖZET

Stadyumlar, antik çağlardan günümüze kadar gelen, spor müsabakalarının yapılabilmesi için özel olarak tasarlanmış, günümüzde kentlerin ve sosyal hayatın önemli odak noktaları haline gelmiş yapılardır. Tarih boyunca stadyumlar üzerinde çok sayıda yapısal form ve taşıyıcı sistem denemesi olmuş, gelişen teknolojiyle birlikte büyük açıklıkları rahatlıkla geçebilen stadyum yapıları inşa edilmiştir. Bu çalışmada, büyük açıklık geçen stadyum yapılarında kullanılan taşıyıcı sistemler incelenmiştir. Taşıyıcı sistemlerini en basit ve en iyi şekilde ifade eden yapıların strüktürleri; geçtiği açıklıklar, eleman boyutları, kullanılan malzemeler, yük akışı vb. gibi konular kapsamında detaylı olarak incelenmiştir. Her bir yapının taşıyıcı sistem elemanları; görseller, çeşitli şematik gösterimler ve kesit çizimleri üzerinden anlatılmıştır. Çalışmada, taşıyıcı sistem seçiminde hangi faktörlerin etkili olduğu göz önünde bulundurularak, büyük açıklıklı stadyum yapıları için hangi sistemin ideal sistem olarak kullanılabileceğini görmek amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında literatür araştırması yöntemine başvurulmuştur. İncelenen örneklerden tablolar oluşturulmuş ve bu örnekler üzerinden bir genelleme yapılarak taşıyıcı sistem seçiminde etkili olan faktörler ve kullanılan strüktür sistemlerinin ne gibi avantaj ve dezavantajlar sağladığı üzerine bir sonuca varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Stadyum, Taşıyıcı Sistem, Asma-Germe Sistem, Kafes Sistem, Dolu Gövdeli Sistem

EXAMINATION OF STRUCTURAL SYSTEM USED IN STADIUM BUILDINGS

ABSTRACT

Stadiums are structures that have been specially designed for sports competitions, which have survived from ancient times to the present and have become important focal points of cities and social life today. Throughout history, there have been many structural form and carrier system trials on stadiums, and stadium structures that can easily pass large openings have been built with the developing technology. In this study, the carrier systems used in stadium structures with large spans are examined. The structures of structures that express the carrier systems in the simplest and best way; openings, element dimensions, materials used, load flow, etc. were examined in detail within the scope of such topics. Carrier system elements of each structure; visuals various schematic representations and section drawings are explained. This study aims to see which system can be used as the ideal system for large-span stadium structures, taking into account which factors are effective in the selection of a carrier system. Within the scope of the study, the literature research method was used. Tables were created from the examples examined, a generalization was made over these examples and a conclusion was reached on the factors that are effective in the selection of the carrier system and the advantages and disadvantages of the structural systems used.

Keywords: Stadium, Carrier System, Suspended-Tension System, Truss System, Solid Webbed System

Sorumlu Yazar : Utkucan Sürgülü

Makale Geliş Tarihi : 23.06.2022

Makale Kabul Tarihi : 11.10.2022

Makale Künye Bilgisi : Sürgülü,U.,Kuruşcu,A.(2022). Stadyum yapılarında kullanılan taşıyıcı sistemlerin irdelenmesi. *KAPU Trakya Journal of Architecture and Design*, 2(2), 1-21

* Bu çalışma Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde Dr.Öğr.Üyesi Ali Osman Kuruşcu danışmanlığında yürütülmekte olan yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

1. GİRİŞ

Stadyumlar, antik dönemlerde inşa edilmiş bu yana buldukları şehirlerin mimari ögesi olarak odak noktası haline gelmiş, spora olan ilginin artmasıyla kullanıcı istekleri doğrultusunda eşsiz yapılar tasarlanmıştır. Tarih boyunca stadyumlar üzerinde çok sayıda yapısal form ve taşıyıcı sistem denemesi olmuş, gelişen teknolojiyle birlikte büyük açıklıkları rahatlıkla geçebilen stadyum yapıları inşa edilmiştir.

Stadyum çatıları, çoğu zaman büyük açıklık geçen konsollu yapılar oldukları için taşıyıcı sistem elemanlarında çok büyük iç gerilmeler oluşmaktadır. Bu sebeple bu iç kuvvetlere karşı koyacak taşıyıcı sistemin seçimi son derece önemlidir. Günümüzde gelişen yapı teknolojisi ve bilgisayar yazılımları sayesinde bu yapılar betonarme veya çelik, ön germeli, art germeli ve asma-germe sistemler kullanılarak inşa edilmektedir. Ülkemizde ve dünyada stadyum çatılarına bakıldığı zaman genellikle çelik malzemenin kullanıldığı sistemler tercih edilmektedir. Bunun başlıca sebebi çelik malzemenin yüklerle karşı olan dayanımının yüksek olması, yapıların hafif olmasını ve tasarım açısından çeşitliliğe olanak sağlamasıdır (Kozanoğlu & Suk, 2015).

Bu çalışmanın ilk bölümünde stadyumun tanımından ve tarihsel gelişiminden bahsedilmiş ve ikinci bölümde ise gelişen teknolojiyle birlikte günümüz stadyum yapılarında büyük açıklıkların geçilebilmesi için ne tür taşıyıcı sistemlerin kullanıldığı, taşıyıcı sistemlerini en basit ve en iyi şekilde açıklayan örnekler üzerinden incelenmiştir. Dünya üzerinde yer alan stadyum yapılarının tümü çalışma öncesinde taşıyıcı sistem sınıfına göre gruplandırılmıştır. Hakkında kapsamlı ve detaylı bilgiye ulaşılan yapılar makale kapsamında değerlendirilmiştir. Her bir taşıyıcı sistemi en iyi açıklayan yapıların strüktürleri, geçtikleri açıklıklar, eleman boyutları, kullanılan malzemeler, yük akışı vb. gibi konularda detaylı olarak incelenmiş, çeşitli görsellerle taşıyıcı sistem elemanları açıklanmaya çalışılmıştır. Çalışmada incelenen örnekler üzerinden büyüklük, geçilen açıklık, kapasite ve deprensellik gibi konularda çıkarımlar yapılarak stadyumların taşıyıcı sistem seçiminde hangi etkenlerin önemli olduğu ve taşıyıcı sistemlerin bu tür yapılar için ne gibi avantajlar ve dezavantajlar sağladığı üzerine bir sonuca varılmıştır.

2. STADYUM YAPILARINDA KULLANILAN TAŞIYICI SİSTEMLERİN TARİHSEL GELİŞİMİ

Stadyumlar, çeşitli spor müsabakalarının yapılabilmesi için uygun fiziksel ortamı sağlayan spor tesisleridir. Daha geniş bir ifadeyle stadyumlar; takım sporlarının, atletizm yarışmalarının yapılmasına elverişli, içerisinde soyunma odaları, sağlık odaları, güvenlik, VIP salonlar vb. gibi alanlar bulunan, buradaki etkinlikleri izleyecek olanların oturma yerleri vb. gibi alanları bünyesinde barındıran büyük spor tesisleridir (Şahin, 2005).

Spor hareketlerinin başladığı ilk dönemlerden itibaren spor alanlarının oluşumu başlamıştır. Bu alanlarda en önemli yeri stadyum binaları oluşturmaktadır. Stadyumlar ilk olarak Antik Yunan uygarlığında ortaya çıkmış ve uygarlık tarihi boyunca değişim ve gelişim göstermiştir. Geçmişten günümüze stadyumlar "Antik Dönem Stadyum Yapıları", "XIX. ve XX. Yüzyıl Stadyum Yapıları" ve "XXI. Yüzyıl Stadyum Yapıları" olarak üç başlık altında incelenmektedir.

2.1 Antik Dönem Stadyum Yapıları

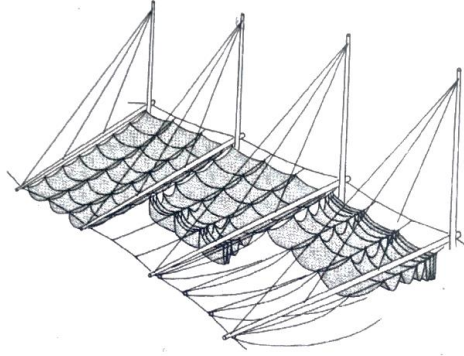
Stadyum yapılarının henüz bir mekân oluşturmadığı Antik dönemde spor etkinlikleri agoralarda gerçekleştirilmiştir. Agora, bilinen işlevinin yanı sıra erkek çocuklarla, gençlerin spor yarışmaları yapıp oyunlar oynadıkları ve daha yaşlı kişilerin toplanarak onları izledikleri 'kırsal spor alanı' rolünü üstlenmiştir (Cesur, 2012).

Antik Yunan döneminde temelleri atılan stadyumlarda geniş alanlar ve seyirci kapasitesinin yüksek olması ön plana çıkmaktadır. Bu dönemde koşu için yapılan stadyumlar ilk zamanlarda dar ve fazla uzun olmayan pistten oluşurken bu pistin kenarlarında seyircilerin karşılaşmaları izleyebileceği alanlar bulunmaktadır. M.Ö. 4. yüzyıldan itibaren stadyumlar anıtsal bir görünüm almaya başlamıştır. Yunan döneminde büyük ve anıtsal stadyumlar yapılırken, Roma döneminde stadyumlar yerine yarışların düzenlendiği arenalar tercih edilmiştir. Roma döneminde spordan çok eğlenceye önem verilmiştir ve bu dönemde daha çok gladyatör ve hayvan dövüşleri, at ve araba yarışları düzenlenmiştir. Bu faaliyetler amfi tiyatro, 'circus'lar ve hipodromlarda gerçekleşmiştir (Cesur, 2012).

Antik dönem stadyum yapılarının genellikle üzeri açık olup çatıları bulunmamaktadır. Bu dönemdeki en önemli yapılardan biri 'Colosseum'dur (Şekil1). Roma dönemi stadyum yapılarından Colosseum plan olarak yaklaşık 190 m x155 m boyutlarında bir elips biçiminde, 50 m yüksekliğinde ve yaklaşık 50.000 kişilik kapasiteye sahiptir. Yapının üzerinin izleyicileri güneşten korumak için gemi yapım tekniklerinden yelkenli teknolojisi kullanılarak açılıp kapanabilir bir sistemle (Şekil 2) örtüldüğü bilinmektedir (Siotor & Schloegl, 2014).



Şekil 1. Collesseum (FeaturedPics, 2020)



Şekil 2. Colesseum Çatı Örtüsü Detayı (Siotor & Schloegl, 2014)

Roma dönemindeki hipodrom ve 'circus'lar plan olarak stadyumlara benzer ancak boyut olarak çok daha büyüktür. 180.000-190.000 kişi kapasiteli olduğu tahmin edilen "Circus Maximus" (Şekil 3) bu yapıların en önemlilerinden biri kabul edilmektedir (Selo, 2018).



Şekil 3. Roma Dönemine Ait Bir Gymnasion, Circus Maximus, (Jean-Claude Golvin İlk Çağlar'da İtalya, Dijital Sanat Arşivi, 2018)

2.2 XIX. Ve XX. Yüzyıl Stadyum Yapıları

Antik çağlardan günümüze kadar stadyumlar, 19. yüzyılda mimari gelişim göstermiş ve bu tür yapılar yalnızca stadyum olmaktan çıkmıştır. Çeşitli spor branşlarına ve aktivitelerine cevap verebilecek açık ve kapalı spor salonlarının inşaatına başlanmıştır. Stadyum yapısının geçmişine bakıldığında, seyirci konforu ve hava koşullarının yanı sıra o zamanki koşullar göz ardı edilerek açık stadyumlar inşa edilmiştir. Zamanla bina koşullarının iyileşmesi ve teknolojinin gelişmesiyle birlikte, kapalı stadyum yapıları inşa edilmiş ve bu yapılar iklime uygun bir mimari oluşturacak şekilde tasarlanmıştır. İlk dönemlerde taş ve toprak malzeme ile yapılan stadyumlar yerini çelik ve betonarme ile inşa edilen, seyirci tribünlerinin yer aldığı kapalı stadyumlara bırakmıştır. 19. yüzyılda teknoloji ve sanayinin gelişmesiyle birlikte stadyum yapılarında spora olan ilgi giderek artmış ve buna bağlı olarak seyirci sayısında da artış gözlenmiştir.

19. ve 20. Yüzyıl stadyumları Antik dönem stadyumlarını temel almakla birlikte, pek çok açıdan onlardan farklılaşmaktadır. Bu stadyumların mimari yapıları, işlevsellikleri ve konforları ile önceki dönem yapılarından ayrılan özellikleri bulunmaktadır. Bu dönemdeki stadyumların en temel özelliklerinden biri, belirli spor dallarına yönelik olarak tasarlanmaları ve o spor dalına hizmet vermeleridir (Cesur, 2012).

Sadece futbol amaçlı yapılan ilk stadyum örneği 1878 yılında İngiltere’de inşa edilen Victoria Ground Stadyumu’dur (Şekil 4). Boğa güreşleri için yapılan stadyumların aksine mimari kimlik olarak antik dönemlerde yapılan yapılardan farklıdır. Bu yapı modern anlamda yapılan stadyum yapılarının ilk örneklerindedir (Durgun, 2007).



Şekil 4. Victoria Ground Stadyumu, İngiltere, 1878 (Victoria Ground. 2022)

2.3 XXI. Yüzyıl Stadyum Yapıları

21. yüzyıla gelindiğinde stadyum yapıları önemli bir değişim ve gelişime uğramıştır. Bu dönemdeki stadyumlar, güncel teknolojiyle tasarlanmış olup yüksek maliyetli özgün taşıyıcı sistemlere, çatılara, cephelere ve aydınlatma sistemlerine sahiptir. 21. yüzyıl stadyumları; genel anlamda açık hava sporları, konserler ve çeşitli etkinlikler için kullanılan, odağında etkinliğin gerçekleştirildiği bir meydan bulunan ve söz konusu meydanın seyircilerin ayakta ya da oturarak etkinliği izlemelerine olanak verecek şekilde tasarlanmış bir strüktürle çevreleyen yapı olarak ifade bulmaktadır (Gürel & Akkoç, 2011).

2001 yılında Güney Kore’nin Busan kentinde inşa edilen Busan Asiad Main Stadyumu, mimari anlamda geçmişin günümüz teknolojisiyle birleştirildiği yapılara örnektir (Şekil 5). 55.982 kişilik kapasiteye sahip olan yapı üst örtü olarak da stadyum yapılarının çatı çözümlerine örnek olmuştur (Durgun, 2007).



Şekil 5. Busan Asiad Main Stadyumu, 2001, Güney Kore (Anonim, b.t.)

2002 yılında düzenlenen dünya kupası müsabakaları stadyum yapıları açısından önemli bir yere sahiptir. Gerek yapının teknolojisi gerekse mimari açıdan en önemli stadyumlardan birisi 2001 yılında Japonya'nın Sapporo kentinde inşa edilen Sapporo Dome Stadyumu'dur (Şekil 6). Stadyumun çatısı uzay kafes kemerler kullanılarak inşa edilmiştir. Tamamlandığında modern stadyum yapılarının önemli örneklerinden birisi olmuş, form ve işlev anlamında farklı bir tarz yaratmıştır.




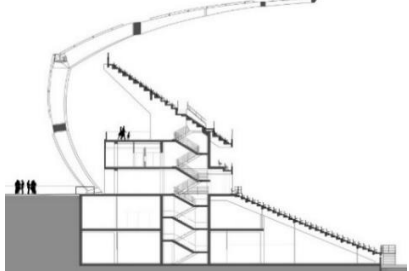

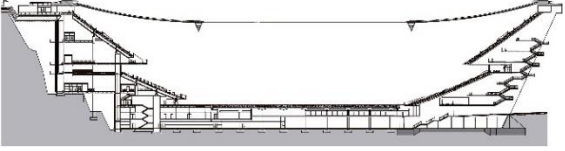

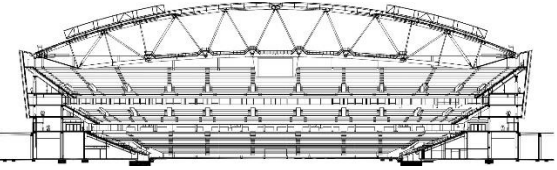

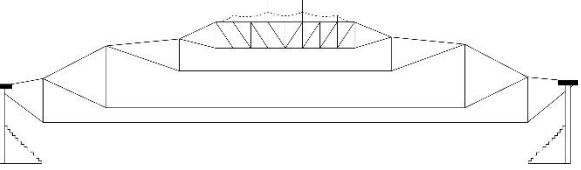

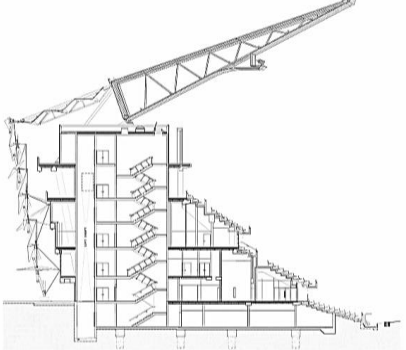
Şekil 6. Sapporo Dome Stadyumu, Japonya, 2001 ("Sapporo Dome", 2019)


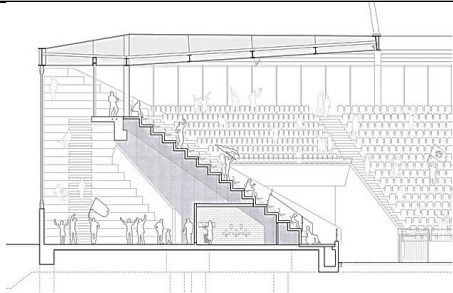

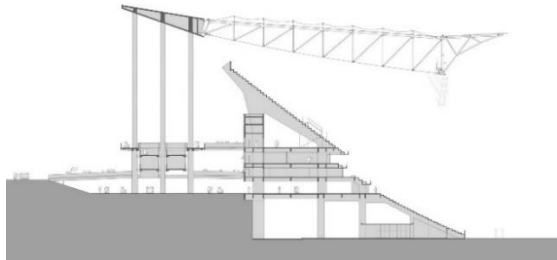
3. STADYUM YAPILARINDA KULLANILAN TAŞIYICI SİSTEM TÜRLERİ

Stadyum yapılarında kullanılan taşıyıcı sistemler yapının ihtiyaçları doğrultusunda geniş açıklıkların geçilebilmesini ve sistemin ayakta kalmasını sağlayarak yapıya etki eden yükleri yapının temeline aktarmaktadır. Stadyum yapılarının çatı strüktürlerinin belirlenmesinde yapının bulunduğu bölgenin iklimi, depremselliği, zemin durumu, rüzgâr yükü, geçilen açıklık ve seyirci konfor koşulları gibi faktörler etkili olmaktadır.

Stadyum çatılarında temel olarak kabuk sistem, asma germe membran sistem, kablo sistem, dolu ve boşluklu gövdeli kirişlerle oluşturulan sistem, düzlem kafes ve uzay kafes kirişlerle oluşturulan sistem ve birden fazla sistemin birlikte kullanıldığı karma sistem gibi strüktürel sistemlerin yanı sıra hareketli sistemler de kullanılmaktadır. Bu bölümde taşıyıcı sistemlerini en basit ve en iyi şekilde yansıtan, hakkında detaylı bilgilere ve çizimlere ulaşabildiğimiz, taşıyıcı sistemlerin her birine örnek teşkil eden 7 adet stadyum yapısı incelenmektedir. İncelenen yapıların taşıyıcı sistemlerindeki yük akışı en iyi bu örnekler üzerinden anlaşılabilir. Çalışmada yer alan stadyum yapıları taşıyıcı sistemlerini açıklayan kesit çizimleriyle birlikte Tablo 1'de yer almaktadır.

Tablo 1. İncelenen stadyumlar ve taşıyıcı sistemleri

Kullanılan Taşıyıcı Sistem	Yapının genel görünümü	Yapının kesiti
<p>Kabuk Sistem</p>	 <p>Arena da Amazonia, Brezilya ("Wallpaper spor" a, b.t.)</p>	 <p>("Arena da Amazônia / gmp Architects", b.t.)</p>
<p>Kablo sistem</p>	 <p>Estádio Municipal de Braga, Portekiz ("Sporting Braga", 2015)</p>	 <p>(Maza, 2012)</p>
<p>Uzay kafes kirişlerle oluşturulan sistem</p>	 <p>Friends Arena, İsveç ("Friends Arena", b.t.)</p>	 <p>("Micro-perforated façade", 2018)</p>
<p>Asma germe membran sistem</p>	 <p>Georgia Dome, ABD ("Wallpaper spor" b, b.t.)</p>	 <p>(Levy & Jing, 1994)</p>
<p>Düzlem kafes kirişlerle oluşturulan sistem</p>	 <p>Hazza Bin Zayed Stadyumu, BAE ("Aerial", 2020)</p>	 <p>(Wimmer, 2016)</p>

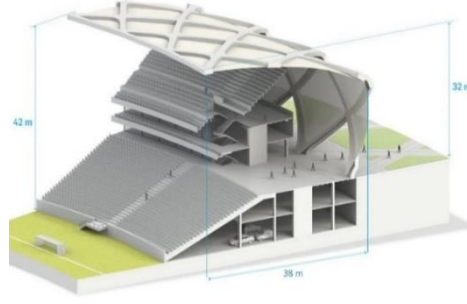
Kullanılan Taşıyıcı Sistem	Yapının genel görünümü	Yapının kesiti
Dolu gövdeli kirişlerle oluşturulan sistem	 <p>Stade de la Tuilière, İsviçre ("Stade de la Tuilière, 2022)</p>	 <p>(Pintos, b.t.)</p>
Asma-germe kablolu sistem + Düzlem kafes kirişlerle oluşturulan sistem (Karma sistem)	 <p>Estádio Nacional de Brasília Mané Garrincha (Cordeiro ,2017)</p>	 <p>("Brasilia National Stadium", nd.)</p>

3.1 Arena da Amazonia, Brezilya

Brezilya'nın Manaus kentinde yer alan stadyum GMP Architekten ve Schlaich Bergermann und Partner tarafından Brezilya'da gerçekleştirilecek olan dünya kupası için tasarlanmış ve 2014 yılında kullanıma açılmıştır (Şekil 7). 44.300 kişi kapasiteli stadyum, taşıyıcı sistem olarak çelik kabuk sistemle inşa edilmiştir. Yapı tropikal bir bölgede yer aldığı için yıllık yağış miktarının çok olmasından kaynaklı yağmur suyunun tahliyesi için büyük oluklar olarak hizmet eden içi boş çelik kutu kirişler diyagonal şekilde yerleştirilerek 38 m açıklık geçilmiştir (Şekil 8). Yapıda kullanılan kirişler Brezilya'da üretilmediği için kargo gemileri aracılığıyla Portekiz'den getirilmiştir (Göppert vd., 2014).

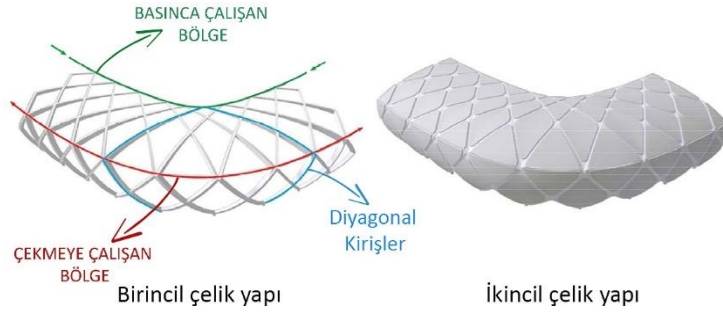


Şekil 7. Arena da Amazonia genel görünüm (Pazuelo, b.t.)

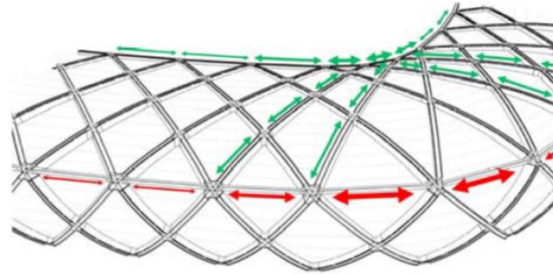


Şekil 8. Geçilen açıklık ve kiriş yükseklikleri (“Arena Amazônia”, b.t.)

Stadyumun çatısında çapraz olarak düzenlenmiş konsol çalışan çelik kutu profiller birincil çelik çatı yapısını oluştururken membran kaplamayı taşıyan iskelet ise ikincil bir çelik çatı yapısını oluşturmaktadır. Çatının iç kısmında oluşturulan halka basınca, dış kısımdaki ise çekmeye çalışmaktadır (Şekil 9). Çatıda oluşan yük diyagonal kirişler ile betonarme yapıya oradan da temele aktarılmaktadır (Şekil 10).

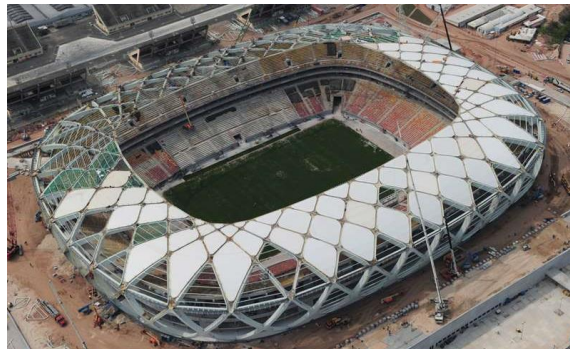


Şekil 9. Çatının taşıyıcı sistem elemanları (Göppert vd., 2014)



Şekil 10. Yük akışının şematik gösterimi (Göppert, 2013)

Yapının çatı ve cephesinin tasarımı için 32.000 m²'lik cam elyaf kumaş kullanılmıştır (Şekil 11). Membran malzeme, yapının bulunduğu konumdan dolayı hava şartlarına, UV ışınlarına ve neme dayanıklı kendi kendini temizleyebilen 3M Dyneon PTFE (politetrafloroetilen) ile kaplanmıştır (“Tensinet”^a, b.t.).



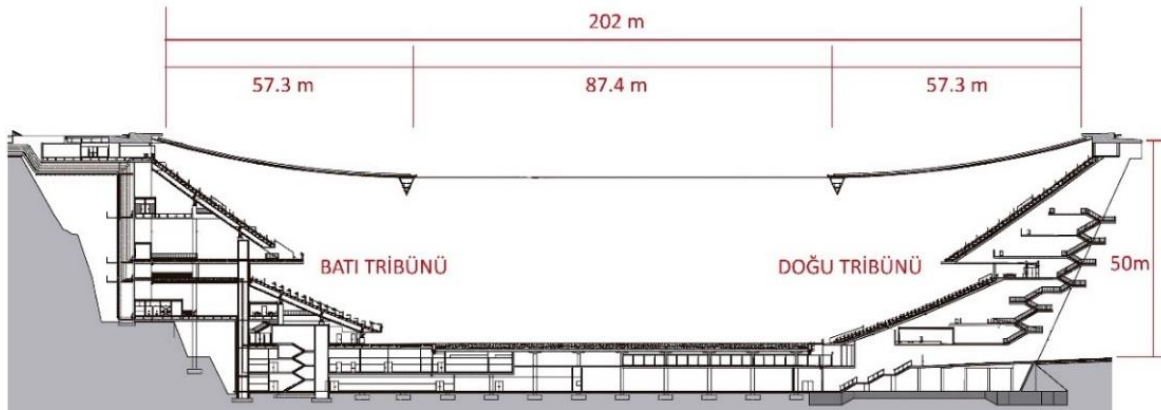
Şekil 11. Çatı ve cephenin membran malzeme ile kaplanması (Botterilli, 2014)

3.2 Estádio Municipal de Braga (Axa Stadyumu), Portekiz

Portekiz'in Braga kentinde yer alan stadyum Eduardo Souto de Moura tarafından 2004 Avrupa Futbol Şampiyonası için tasarlanmış ve 2004 yılında kullanıma açılmıştır (Şekil 12). 30.100 kişi kapasiteli stadyum, taşıyıcı sistem olarak tek doğrultuda yük akışını sağlayan kablo sistemle inşa edilmiştir. Çatıda yer alan kablolar, doğu ve batı olmak üzere her iki tribünün üzerindeki iki büyük kirişe sabitlenmiştir. Yapının batı tribünü 40 m'lik kot farkının bulunduğu bir yamaca otururken doğu tribünü 50 m yüksekliğinde betonarme olarak yapılmıştır (Furtado vd., 2006).



Şekil 12. Braga Stadyumu genel görünüm ("Estadio Municipal de Braga", b.t.)



Şekil 13. Braga Stadyumu'nun kesiti (Maza, 2012)

Stadyumun çatısı, araları 3,75 m olan, çapları 80 mm ile 86 mm arasında değişen 80 adet çekmeye çalışan kablolardan ve tribünlerin üzerini kapatan prefabrik beton plakalardan oluşmaktadır (Şekil 14). Kabloların geçtiği maksimum açıklık 202 m ve tribünlerin üzerini kapatan her bir betonarme döşemenin uzunluğu ise 57,3 m'dir. Geri kalan 87,4 m'lik kısım ise serbest kablolardan oluşmaktadır (Şekil 13). Yapıda kullanılan prefabrike beton plakalar 24,5 cm kalınlığındadır. Her beton levhanın önünde rijitlik sağlayan, aynı zamanda ışık ve ses sistemlerini barındıran enine üçgen bir kafes kiriş bulunmaktadır. Batı tribünün betonarme duvarları kayaya sabitlenmiş ve çatı kablolarında oluşan gerilme kuvvetleri betona gömülü bir şekilde gerdirilerek temele aktarılmaktadır. Yapının çatısının bir tarafı eğimli olarak yapıldığı için yağmur suyu yanal olarak güneydoğu yönünden atılmaktadır (Magalhães vd., 2008).



Şekil 14. Prefabrike beton panellerin yerleştirilmesi (Furtado vd., 2006)

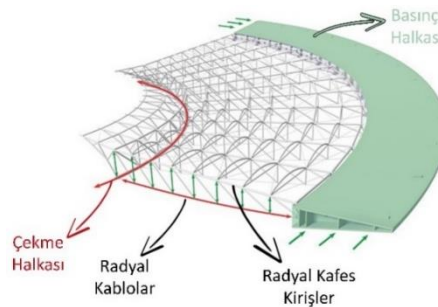
3.3 Estádio Nacional de Brasília Mané Garrincha, Brezilya

Brezilya'nın Brasilia kentinde yer alan stadyum Castro Mello Architects tarafından tasarlanmış ve 2013 yılında kullanıma açılmıştır (Şekil 15). 72.800 kişi kapasiteli stadyum, taşıyıcı sistem olarak asma germe kablolu sistem ve düzlem kafes kirişlerin bir arada kullanıldığı karma sistem ile inşa edilmiştir.

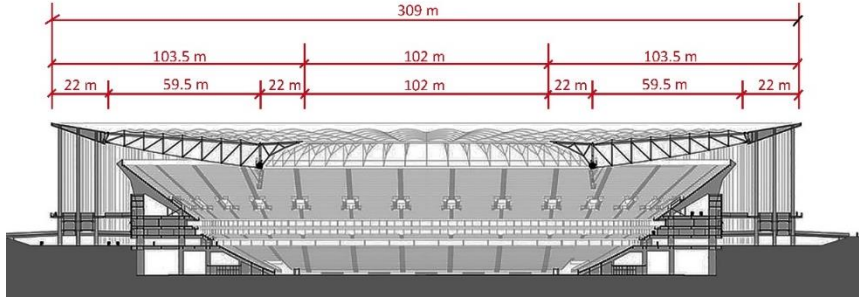


Şekil 15. Estádio Nacional de Brasília Mané Garrincha genel görünüm ("Arena BRB", 2013)

Çatının dış kısmında kısa kenarı 1 m uzun kenarı 5 m, betonarme kutu kiriş olarak yapılmış çapı 309 m, genişliği ise 22 m olan basınç halkası yer almaktadır. İç kısımda ise kablolardan oluşan çekme halkası bulunmaktadır. Burkulma etkisinden dolayı basınç elemanlarının çekmeye çalışanlara göre daha kalın kesitleri bulunmaktadır. Asma germe çatı sistemi basınç halkasını çekme halkasına bağlayan 48 adet radyal kablolardan oluşmaktadır. Radyal kablo demetlerinin her biri kesit alanı 150 mm² olan 2x31 adet halattan oluşmaktadır. Bu kabloların üzerinde ince kesitli çelik kafes kirişler bulunmaktadır (Şekil 16). Stadyumda yüksek basınç kuvvelerine maruz kalan tüm elemanlar betonarme olarak yapılmıştır. Çatıyı taşıyan toplam 288 kolon üç sıra halinde stadyumun etrafına yerleştirilmiştir. Çapı 1,2 m olan kolonlar C60 betonla inşa edilmiştir. Basınç halkasında ise C40 beton kullanılmıştır. Stadyumun çatı kirişleri 81,5 m uzunluğunda ve 22 m konsol çıkacak şekilde tasarlanmıştır (Göppert vd., 2014). Çatının serbest açıklığı ise 102 m'dir (Şekil 17).



Şekil 16. Çatının taşıyıcı sistem elemanları (Göppert vd., 2014)



Şekil 17. Estádio Nacional de Brasília Mané Garrincha kesiti (“Brasilia National Stadium”, 2014)

Stadyumun çatısı çift cidarlı olarak tasarlanmış ve farklı kaplamalar kullanılmıştır. Çatının üst kısmında PTFE kaplı fiberglas kumaş kullanılırken alt katmanda PTFE kaplı cam elyaf membran tercih edilmiştir (Şekil 18). Konsol olarak çıkan kısımda ise toplam 7000 m² polikarbonat levha kullanılmıştır.



Şekil 18. Çift cidarlı çatı (Göppert vd., 2014)

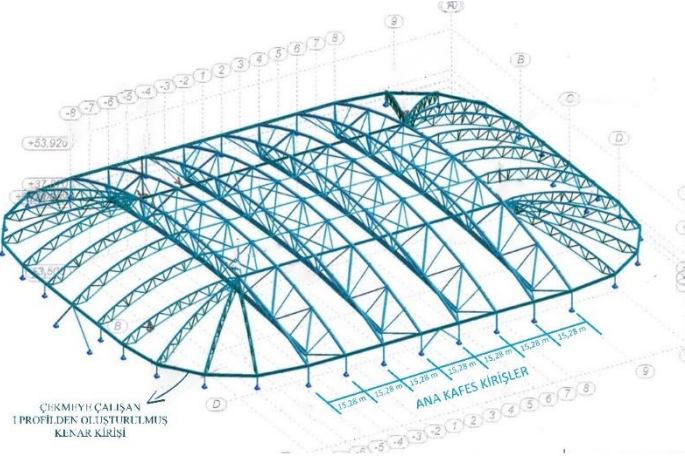
3.4 Friends Arena, İsveç

İsveç'in Solna kentinde yer alan stadyum C. F. Møller Architects, Arkitekterna Krook, Tjäder ve Populous tarafından tasarlanmış ve 2012 yılında kullanıma açılmıştır (Şekil 19). 54.300 kişi kapasiteli stadyum, taşıyıcı sistem olarak uzay kafes girişler ile inşa edilmiştir. Yapının çatısı 20 dakikada açılıp kapanabilecek şekilde tasarlanmıştır (“Friends Arena”, 2012).



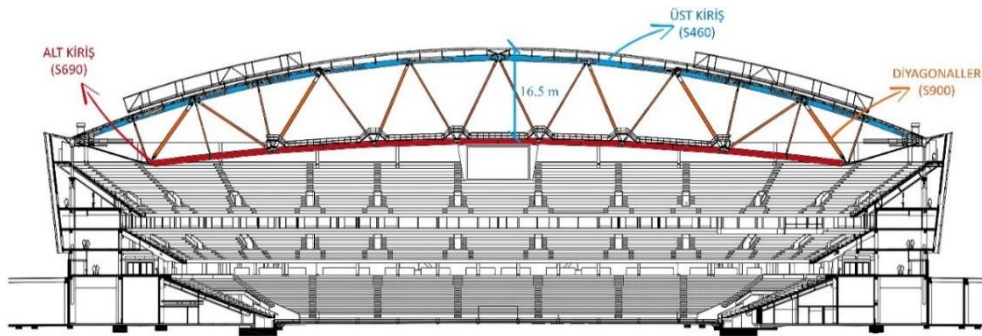
Şekil 19. Friends Arena genel görünüm (Ainali, 2012)

Çatının taşıyıcı sistemi 162 m açıklık geçen dört adet uzay kafesten ve bunların yanında yer alan 47 m açıklığa sahip 4 m yüksekliğindeki uzay kafes makaslardan oluşmaktadır. Ana kafes kirişler 16,5 m yüksekliğe sahip olup 15,28 m aralıklarla yerleştirilmiştir (Şekil 20). Ana kafes kirişlerin üst kirişlerinde S460 sınıfı çelikten oluşan boru profiller, diyagonallerinde S900 sınıfı çelikten oluşan profiller ve alt kirişlerinde ise S690 sınıfı çelikten oluşan U profiller kullanılmıştır (Şekil 21). Açılabilir çatıda ise S550 sınıfı çelikten oluşan soğuk şekillendirilmiş çelik profiller kullanılmıştır (Cederfeldt, 2013).



Şekil 20. Friends Arena'nın strüktür modeli (Cederfeldt, 2013)

Stadyumun çatısı çapları 30 cm ile 46 cm arasında, et kalınlığı ise 14 mm ile 28 mm arasında değişen 40 adet dairesel kolon tarafından desteklenmektedir. Yapının çatı yükleri yapı etrafında yer alan, çekme halkası görevi gören, kaynaklanmış I profillerden oluşturulmuş kenar kirişine oradan da kolonlar aracılığıyla temele aktarılmaktadır. Stadyum çatısında yüksek mukavemetli çelik (HSS) kullanılarak ağırlık ve maliyette tasarruf sağlanmıştır (Cederfeldt, 2013).



Şekil 21. Stadyum kesiti ve taşıyıcı sistem elemanları ("Micro-perforated façade", 2018)

3.5 Georgia Dome, ABD

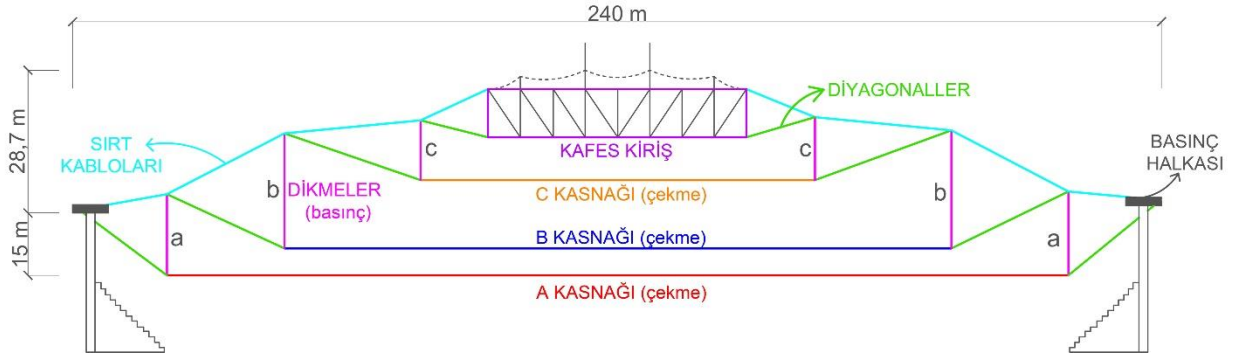
Amerika'nın Atlanta kentinde yer alan stadyum Heery International, Rosser FABRAP International ve Thompson, Ventulett, Stainback & Associates tarafından tasarlanmış ve 1992 yılında kullanıma açılmıştır (Şekil 22). 74.200 kişi kapasiteli stadyum, taşıyıcı sistem olarak asma-germe kablo (tensegrity) sistem ile inşa edilmiştir. Yapı 240 m x 192 m ölçülerinde dünyanın en büyük kablo destekli membran çatısına sahiptir. Yapının çatısı PTFE kaplı fiberglas membran ile kaplanmıştır ("Tensinet"^b, b.t.)



Şekil 22. Georgia Dome genel görünüm (Tucker, 2017)

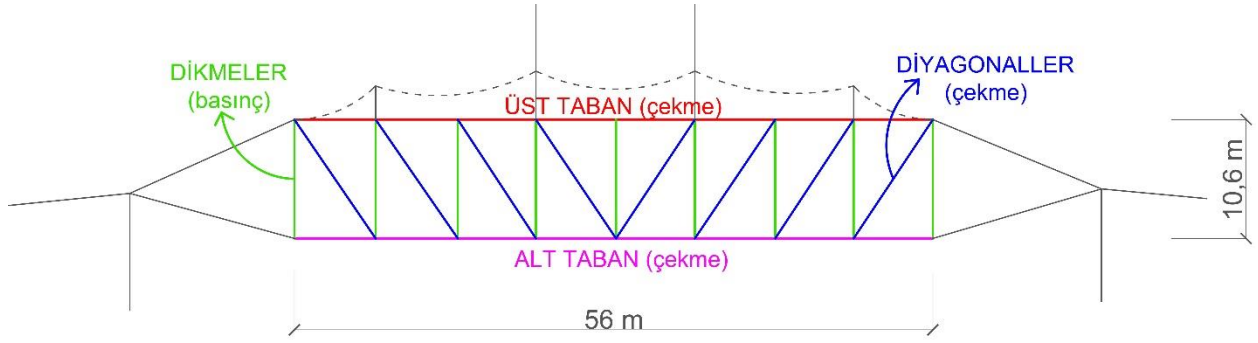
Stadyumun çatısı, planda 1,2 m x 1,8 m kesitli 52 adet kolonun üzerine yerleştirilen, 7,9 m genişliğinde ve 1,5 m yüksekliğinde, yer seviyesinin 60 m üstündeki betonarme basınç halkasına sabitlenen kablolardan oluşmaktadır. Betonarme basınç halkası, rüzgârın yüksek hızda olduğu zaman çatının hafifçe bükülmesine izin veren kayar mekanizmalı teflon yastıklara dayanmaktadır. Yapının kablo destekli çatısında A,B ve C olarak tanımlanan iki adet 3 mm x 9 mm çapında, dört adet 10 cm çapında ve dört adet 9 mm x 15 mm çapında paralel şeritlerden oluşan elips biçimde çekmeye çalışan üç kablo kasnağı (Şekil 23) bulunmaktadır (Melaragno, 1993).

Her bir kasnak basınca çalışan çelik dikmelerin tabanına ve çekmeye çalışan diyagonal kabloların alt ucuna 26 düğüm noktasından bağlanmaktadır. A kasnağındaki dikmeler(a) 40 cm çapında, 12 mm kalınlığında ve 14,9 m yüksekliğindeki çelik borulardan oluşurken B kasnağındaki dikmeler(b) 60 cm çapında, 14 mm kalınlığında ve 24,3 metre yüksekliğindeki çelik borulardan oluşmaktadır. C kasnağındaki dikmeler(c) ise b dikmelerininle aynı çap ve kalınlığa sahip 18,5 m yüksekliğindeki çelik borulardan oluşmaktadır (Melaragno, 1993). Farklı dikmeleri birbirine bağlayan sırt kabloları 2,5 cm ile 7,5 cm arasında değişen kablolardan oluşmaktadır (Ayub & Liu, 1992).

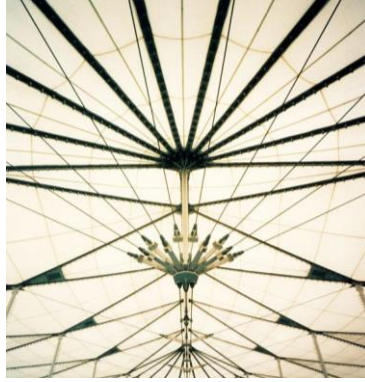


Şekil 23. Georgia Dome kesiti ve taşıyıcı sistem elemanları (Levy & Jing, 1994)

Kablo destekli çatının kubbe merkezinde doğu-batı yönünde uzanan 10,6 m yüksekliğinde ve 56 m uzunluğunda merkez kafes kiriş (Şekil 24) bulunmaktadır (Melaragno, 1993). Kafes kirişte yer alan dikmeler basınca çalışırken diğer elemanlar ise çekmeye çalışmaktadır. Merkez kirişin uç kısmında yer alan dikmenin bağlantı plakalarına eşit açılarda yerleştirilmiş 10 sırt kablosu aralıklı olarak bağlanmaktadır (Şekil 25).



Şekil 24. Merkez kafes kiriş (Levy & Jing, 1994)



Şekil 25. Sırt kabloları (Tomasetti, b.t.)

3.6 Hazza Bin Zayed Stadyumu, Birleşik Arap Emirlikleri

Birleşik Arap Emirlikleri'nin Al Ain kentinde yer alan stadyum Pattern Design tasarlanmış ve 2014 yılında kullanıma açılmıştır (Şekil 26). 25.000 kişi kapasiteli stadyum, taşıyıcı sistem olarak düzlem kafes kirişler ile inşa edilmiştir. Çatının geometrisi, oyun alanı ve tribünler üzerinde yılın her günü saat 17.45'ten sonra tam gölgeleme sağlamak için geliştirilmiştir. Bunun sebebi bölgedeki maçların o saatlerde gerçekleştirilmesi ve seyircilerin güneşten minimum derece etkilenmelerini sağlamaktır (Patel & Kohli, 2015).



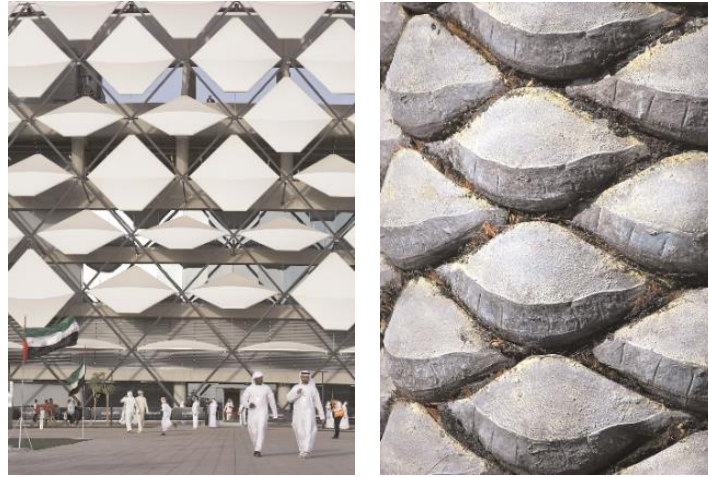
Şekil 26. Hazza Bin Zayed Stadyumu genel görünüm ("Hazza Bin Zayed Stadium, b.t.)

Stadyumun çatısı genişleme derzleriyle dört bölüme ayrılmış ve 62 adet düzlem kafes kiriş ile inşa edilmiştir (Şekil 27). Yapının batıdaki çatısı en yüksek 50,7 m'ye ulaşırken 14 kafes kiriş kullanılarak 38 m'ye kadar açıklık geçilmiş, doğu kısmındaki çatısında ise en yüksek 24,4 m'ye ulaşılırken 14 kafes kiriş ile 20 m'ye kadar açıklık geçilmiştir (Patel & Kohli, 2015). Kuzey ve güney kısmındaki çatıların her birinde ise 17 adet kafes kiriş kullanılmıştır. Kafes kirişlerin alt ve üst kısmında membran kaplaması için

radyal aşıklar (teğet kirişler) yerleştirilmiştir (Paech, Wilbreninck, & Göppert, 2014). Çatının üst kısmı PVC (Polivinil klorür) kaplı polyester membran ile kaplanmıştır. Stadyumun dış cephesinde ise palmiye ağacının gövdesinden ilham alınarak bir çerçeve inşa edilmiş ve PTFE kaplı cam elyaf membran kullanılmıştır (Şekil 28).



Şekil 27. Stadyumun çatısındaki düzlem kafes kirişler (Paech vd., 2014)



Şekil 28. Palmiye ağacının gövdesinden esinlenilmiş stadyum cephesindeki çerçeve sistem (Patel & Kohli, 2015)

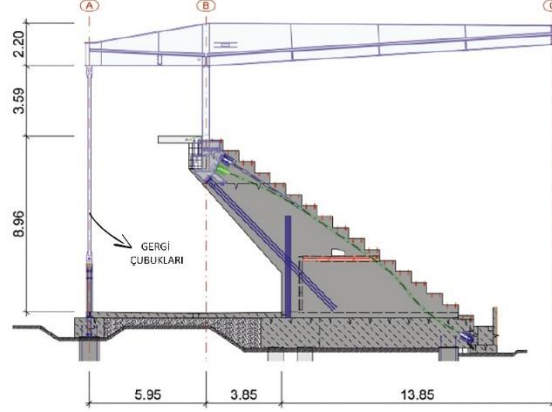
3.7 Stade de la Tuilière, İsviçre

İsviçre'nin Lozan kentinde yer alan stadyum mimari yarışma projesi kapsamında MLZD ve Sollberger Bögli tarafından tasarlanmış ve 2020 yılında kullanıma açılmıştır (Şekil 29). 12.500 kişi kapasiteli stadyum, taşıyıcı sistem olarak dolu gövdeli çelik kirişler ile inşa edilmiştir.



Şekil 29. Stade de la Tuilière genel görünüm ("Stade de la Tuilière", b.t.)

Stadyumun temeli için uzunlukları 10 m ile 13 m arasında değişen 310 adet kazık kullanılmıştır. Kõşe kısımlarda yer alan yerinde dõkme üçgen plakalar yüksekliği 12,35 m ve yatayda 38° eęim yapacak şekilde inşa edilmiştir. Kesit kalınlığı ise tabanda 90 cm'den başlayarak üst kısımda 28 cm'ye kadar dõřmektedir. Tribünlerin ana taşıyıcı elemanları C30/37 beton sınıfında 60 cm kesit kalınlığına sahip õngermeli beton plakalardan yapılmıştır. Basamaklarda ise 20,22 m uzunluğunda ve 15 cm kalınlığında õngermeli beton plakalar kullanılmıştır (Basetti & Kunze, 2021).



Şekil 30. Stadyum kesiti (Basetti & Kunze, 2021)

Yapıda kullanılan tüm çelik bileşenler S355 sınıfı çelik kalitesiyle yüksek mukavemetli olarak tasarlanmıştır. Stadyumun çatısında 23,65 m uzunluğunda haddelenmiş dolu gövdeli kirişler kullanılmış ve 17,7 m açıklık geçilmiştir. Kirişler 20,22 m ve 19,05 m aralıklarla yerleştirilmiştir. Kirişlerin yerden yüksekliği 12,55 m ve kiriş yüksekliği ise 2,20 m'dir (Şekil 30). Çatı panellerinin montajını sağlamak için ana kirişlerin alt kısmına haddelenmiş HEA 500 çelik profillerden oluşan aşıklar 4,45 m aralıklarla yerleştirilmiştir (Şekil 31). Bu aşıklara akustik açıdan yalıtım sağlayan trapez sac paneller monte edilmiştir. Stadyumun konsol çalışan kirişlerinin yer çekimi etkisiyle oluşan kuvvetini karşılamak adına kirişlerin arka kısmında gergi çubukları kullanılmıştır. Çatı konstrüksiyonunun her birinin ortasında 50 mm hareketlere izin veren genleşme derzleri yapılmıştır (Basetti & Kunze, 2021).



Şekil 31. Ana kirişler ve aşıklar (Basetti & Kunze, 2021)

4. SONUÇ

Sonuç olarak çalışmada ele alınan yapılar buldukları konum, iklimsel koşullar, seyirci gereksinimleri vb. gibi ölçütlere göre farklı yapı sistemleriyle tasarlanmıştır. İncelenen örneklerde de görüldüğü üzere taşıyıcı sistem türünün geçilen açıklığı, yapının ağırlığını, stadyum kapasitesini ve maliyeti etkilediği görülmüştür. Tablo 2'de de görüldüğü üzere taşıyıcı sistemde kabloların kullanıldığı Georgia Dome ve Braga Stadyumu'nda incelenen diğer örneklere göre daha büyük açıklıkların geçildiği tespit edilmiştir. Kabloların kullanıldığı yapılarda kullanılan çelik miktarının azalmasından dolayı hem daha

hafif hem de daha az maliyetli yapıların inşa edildiği görülmektedir. Kablo sistemler deprem yükleri karşısında avantajlı durumdayken rüzgâr yükleri karşısında çeşitli önlemlerin alınmasını gerektirmektedir.

Tablo 2. Stadyumların taşıyıcı sistemleri, geçtiği açıklıklar ve kapasiteleri

Stadyum	Taşıyıcı sistem türü	Geçilen açıklık(m)	Kapasite (kişi)	Maliyet
Stade de la Tuil�re	Dolu g�vdeli kirişlerle oluşturulan sistem	17,7 m	12.500	80 milyon CHF (€73 milyon)
Arena da Amazonia	Kabuk sistem	38 m	44.300	€200 milyon
Hazza bin Zayed Stadyumu	Düzlem kafes kirişlerle oluşturulan sistem	38 m	25.000	425 milyon AED (€84 milyon)
Est�dio Nacional de Bras�lia Man� Garrincha	Asma germe kablolu sistem- Düzlem kafes kirişlerle oluşturulan sistem (Karma sistem)	103,5 m	72.800	€660 milyon
Friends Arena	Uzay kafes kirişlerle oluşturulan sistem	162 m	54.300	€300 milyon
Est�dio Municipal de Braga	Tek doğrultuda y�k aktaran kablo sistem	202 m	30.100	€83 milyon
Georgia Dome	Tensegrity sistem (Asma germe kablo sistem)	240 m	74.200	215 milyon \$ (€183 milyon)

Yapılan bu çalışmanın sonucunda seçilen yapılar taşıyıcı sistem bağlamında incelenmiş olup;

- Yapılarda kapasite arttıka geçilen açıklığın da arttığı,
- Kullanılan malzemeye göre çeliğin ve kabloları bu tür yapılarda daha avantajlı olduğu,
- Büyük açıklıklı stadyum yapılarında asma-germe sistemlerin ve uzay kafes sistemlerin kullanılmasıyla daha büyük mesafelerin geçilebildiği (Tablo 2),
- Deprem bölgelerinde yer alan veya zemin durumunun kötü olduğu yerlerde inşa edilecek olan stadyum yapılarında daha hafif taşıyıcı sistemlerin kullanıldığı (Tablo 3),
- Stadyum yapıları gibi büyük ölçekli projelerde maliyetin kullanılan sistemlere göre büyük değişimler gösterdiği(Tablo 2),
- Büyük açıklıklı stadyum yapılarında kablo sistemlerin ideal sistem olarak tercih edilebileceği, gibi sonuçlara ulaşılmıştır.

Yapılarda detaylı analizler yapıldıktan sonra taşıyıcı elemanların hangi bölgelerinin ne kadar gerilmeye maruz kaldığı tespit edilmeli ve buna yönelik tedbirler alınmalıdır. Stadyum yapıları oldukça karmaşık yapılar olduğu için bu yapıların mimari bağlamda değerlendirilmesi farklı bir çalışmanın konusu olacaktır. Yapılan bu çalışma ile stadyumlarda taşıyıcı sistem seçiminde dikkat edilmesi gereken konulara değinilmiş ve gelecekte inşa edilecek olan stadyumların taşıyıcı sistem tasarımlarına katkı sağlamak hedeflenmiştir.

Tablo 3. Çalışmada yer alan yapıların strüktür, malzeme, depremsellik ve açıklık açısından karşılaştırılması

YAPI	YAPILAR							
	Arena da Amazonia	Estádio Municipal de Braga	Estádio Nacional de Brasília Mané Garrincha	Friends Arena	Georgia Dome	Hazza bin Zayed Stadium	Stade de la Tuileries	
Taşıyıcı sistem türü	Kabuk Sistem							
	Düzlem Kafes Kirişlerle Oluşturulan Sistem							
	Asma-germe sistem							
	Uzay Kafes Kirişlerle Oluşturulan Sistem							
	Kablo Sistem							
	Dolu Gövdeli Kirişlerle Oluşturulan Sistem							
	Asma germe kablolu sistem- Düzlem kafes kirişlerle oluşturulan sistem (Karma Sistem)							
Taşıyıcı Sistemde Kullanılan Malzeme	Çelik profiller							
	Beton							
	Çelik Kablo							
Depremsellik	Çok Riskli Deprem Bölgesi							
	Riskli Deprem Bölgesi							
	Orta Riskli Deprem Bölgesi							
	Az Riskli Deprem Bölgesi							
Geçilen Açıklık	0-50 m							
	50-100 m							
	100-150 m							
	150-200 m							
	200-250 m							

EXTENDED ABSTRACT

Research Problem & Purpose: Stadiums are structures that have been specially designed for sports competitions, which have survived from ancient times to the present, and have become important focal points of cities and social life today. Throughout history, there have been many structural form and carrier system trials on stadiums, and stadium structures that can easily pass large openings have been built with the developing technology. In this study, the carrier systems used in stadium structures with large spans are examined and the structures of the structures that express the carrier systems well; openings, element dimensions, the material used, load flow, etc. have been studied in detail within the scope of topics such as. Carrier system elements of each structure; visuals, various schematic representations, and section drawings are explained. This study aims to see which system can be used as the ideal system for large-span stadium structures, taking into account which factors are effective in the selection of a carrier system.

Methodology: Within the scope of the study, the literature research method was used.

Findings: In the first part of this study, the definition of the stadium and its historical development are mentioned, and in the second part, what kind of carrier systems are used to pass large openings in today's stadium structures with the developing technology, through the examples that explain the carrier systems in the simplest and best way. All of the stadium structures in the World were grouped according to the carrier system class before the study and the structure for which comprehensive and detailed information was obtained was evaluated within the scope

of the article. The structures of the structures that best describe each carrier system, the openings they pass through, the element dimensions, the materials used, the load flow, etc. The elements of the carrier system have been tried to be explained with various visuals. Within the scope of the study, it is best to express the structures system in order to explain each of the shell system, tension membrane system, cable system, the system formed with the solid and hollow body beams, the system formed with the plane trusses and space trusses, and the mixed systems in which more than one system is used together examples were examined. The first example examined, the Arena da Amazonia in Brazil, was built shell system, and the hollow steel box beams were placed diagonally, resulting in a 38 m span. Estádio Municipal de Braga stadium, located in Portugal, was designed with a cable system that provides load flow in one direction, and a span of 202 m was passed. The roof of the stadium consists of 80 pulling cables, 3.75 m apart, with diameters ranging from 80 mm to 86 mm, and prefabricated concrete plates covering the tribunes. Estádio Nacional de Brasília Mané Garrincha stadium in Brazil was built as a mixed system by using the tension cable system and plane trusses together, and a 103 m span was passed in the building with this system. 48 radial cables were used on the roof of the building. Four space trusses with a span of 162 m and 4 m high space trusses with a 47 m span next to them were used at the Friends Arena in Sweden. Georgia Dome, located in Atlanta, USA, has the largest cable-supported membrane roof in the World and a span of 240 m could be easily passed with the tension membrane system. In the roof structure of Hazza bin Zayed Stadium in the United Arab Emirates, spans ranging from 20m to 38 m were used by using 62 flat trusses. In Stade de la Tuilière, the last stadium examined, a span of 17.7 m was passed with 2.2 m high solid steel beams.

Conclusions and Recommendation: By making inferences on issues such as size, span, capacity, and seismicity on the samples examined in the study, a conclusion was reached on which factors are important in the selection of the carrier system of the stadiums and what advantages and disadvantages the carrier systems provide for such structures. As a result, the structures discussed in the study are related to their location, climatic conditions, audience requirements, etc. It has been designed with different construction systems, according to criteria such as. As can be seen in the examples examined, it has been observed that the type of carrier system affects the span passed, the weight of the structure, the stadium capacity, and the cost. It was determined that larger openings were passed than the other examples examined in Georgia Dome and Braga Stadium, where cables were used in the carrier system. Due to the decrease in the amount of steel used in the structures where cables are used, it is seen that both lighter and less costly structures are built. While cable systems are advantageous against earthquake loads, they require various precautions to be taken against wind loads. As a result of this study, the selected structures were examined in the context of the load-bearing system;

- As the capacity in the buildings increases, the span passed also increases,
 - According to the material used, steel and cables are more advantageous in such structures,
 - Greater distance can be passed by using suspension-tension systems and space cage systems in large-span stadium structures,
 - Lighter carrier systems are used in stadium structures that are located in earthquake zones or will be built in places where the ground condition is bad,
 - In large-scale projects such as stadium structures, the cost varies greatly according to the systems used,
- such results have been achieved.

KAYNAKLAR

- Aerial. (2020). <https://www.anique-ahmed.com/wp-content/uploads/2020/01/aerial-photography-dubai40.jpg> (Erişim tarihi: 30.03.2022)
- Ainali, J. (2012). https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Friends_arena_2.JPG (Erişim tarihi: 30.03.2022)
- Anonim. (b.t.) <https://steemitimages.com/DQmPA2Vdct1UdWpnVLvh4S7tpiFj5sA4YwRDjigJF2QSNFt> (Erişim tarihi: 30.03.2022)
- Arena da Amazônia / gmp Architects. (b.t.). <https://www.archdaily.com/527272/arena-da-amazonia-gmp-architekten/53c37bb9c07a80aa890000c1-arena-da-amazonia-gmp-architekten-section> (Erişim tarihi: 30.03.2022)
- Arena Amazônia. (b.t.). <https://infograficos.estadao.com.br/public/copa2014/amazonia/> (Erişim tarihi: 30.03.2022)
- Arena BRB (Estádio Mané Garrincha). (2013). http://stadiumdb.com/stadiums/bra/estadio_nacional_man_e_garrincha (Erişim tarihi: 30.03.2022)

- Ayub, M., & Liu, F. (1992). *Investigation of October 17, 1991 Roof Cable Structure Accident at Georgia Dome Construction Site, Atlanta, Georgia*. U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration.
- Basetti, A., & Kunze, M. (2021). Gefaltet und vorgespannt- Das Tragwerk des Stade. *Stahlbetonbau*, 116(5), 387-395.
- Botterilli, S. (2014). Vista aérea da Arena Amazônia, em Manaus. <https://placar.abril.com.br/galeria-de-fotos/arena-da-amazonia> (Erişim tarihi: 30.03.2022)
- Brasilia National Stadium / schlaich bergemann und partner + Castro Mello Arquitetos + gmp Architects. (2014). <https://www.archdaily.com/527293/brasilia-national-stadium-gmp-architekten> (Erişim tarihi: 30.03.2022)
- Cederfeldt, L. (2013). High Strength Steel In Friends Arena Savings In Weight And Cost. *IABSE Symposium: Long Span Bridges and Roofs- Development, Design and Implementation*. Kolkata.
- Cesur, F. (2012). *Sürdürülebilir Stadyum Binalarının Üretimi Üzerine Bir Araştırma*. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Durgun, D. (2007). *Türkiye'de Sporun Gelişimi ve Değişen Kullanıcı Gereksinimlerini Karşılıyıcı Yönde Modern Stadyum Yapılarının Temel Planlama Özellikleri*. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- Estadio Municipal de Braga. (b.t.). https://www.tripadvisor.com/LocationPhotoDirectLink-g189171-d4559521-i455086229-Estadio_Municipal_de_Braga-Braga_Braga_District_Northern_Portugal.html (Erişim tarihi: 30.03.2022)
- Friends Arena opens in Sweden. (2012). <https://www.designcurial.com/news/friends-arena-opens-in-sweden> (Erişim tarihi: 30.03.2022)
- Furtado, R., Quinaz, C., & Bastos, R. (2006). The New Braga Municipal Stadium, Braga, Portugal. *Fédération Internationale du Béton Proceedings of the 2nd International Congress*. Napoli: International Federation for Structural Concrete.
- Göppert, K., Stockhusen, K., & Dziewas, S. (2014). Das Estádio Nacional Mané Garrincha in Brasília. *Stahlbau*, 83(6), 376-382.
- Göppert, K. (2013). High Tension- Tensile Architecture New Stadium Project. *VI International Conference on Textile Composites and Inflatable Structures* (s. 21-26). Münih: K.-U. Bletzinger, B. Kröplin and E. Oñate.
- Göppert, K., Stockhusen, K., & Grotz, S. (2014). Arena da Amazonia, Manaus. *Stahlbau*, 83(6), 383-389.
- Gürel, E., & Akkoç, U. (2011). Stadyum: Benzerlikler, Koşutluklar ve İzdüşümler. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 4(19), 342-370.
- Hazza Bin Zayed Stadium-Pattern Architects. (b.t.). <http://ececakir.com/al-ain-stadium> (Erişim tarihi: 30.03.2022)
- Kozanoğlu, C., & Suk, R. (2015). Çelik Malzemeyle Yapılmış Stadyum Tribün Çatısının Taşıyıcı Sistemine Bağlı Maliyet Karşılaştırılmasının Yapılması. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11(2), 183-193.
- Levy, M., & Jing, T.-F. (1994). Floating Saddle Connections for the Georgia Dome, USA. *Structural Engineering International*, 148-150.
- Magalhães, F., De Sa Caetano, E., & Cunha, A. (2008). Operational Modal Analysis of the Braga Sports Stadium Suspended Roof. *Engineering Structures*, 30(6), 1688-1698.
- Maza, R. M. (2012). Apuntes... sobre el Estadio de Braga. *En Blanco*, 4(8), 8-15.
- Melaragno, M. (1993). Tensegrities for Skeletal Domes: The Georgia Dome; Case Study. *Periodica Polytechnica Architecture*, 37, 73-79.
- Paech, C., Wilbrenninck, S., & Göppert, K. (2014). Fast-track design and build of a FIFA compliant stadium; The Hazza Bin Zayed Stadium in Al Ain. *Stahlbau*, 83(6), 394-399.

- Patel, D., & Kohli, J.-S. (2015). Hazza Bin Zayed Stadium. P. Culley, & J. Pascoe içinde, *Stadium and Arena Design (Stadium Engineering, 2nd edition)* (s. 203-210). ICE Publishing.
- Selo, K. (2018). Spor Mekanı Olarak Stadyum'un Gelişimi. *Kent Akademisi*, 11(4), 559-574.
- Siator, I. G., & Schloegl, C. (2014). New Structural Technologies For Stadium Roofs. *Lighweight Structures in Civil Engineering* (s. 44-51). Warsaw: Micro Publisher- Jan B. Obrebski.
- Stade de la Tuilière. (b.t.). <https://www.ewz.ch/edl/fr/home/projets/stade-la-tuiliere.html> (Erişim tarihi: 30.03.2022)
- Şahin, H. M. (2005). *Beden Eğitimi ve Spor Sözlüğü*. İstanbul: Morpa Kültür Yayınları.
- Tensinet ^a (b.t.). Arena da Amazonia. <https://www.tensinet.com/index.php/component/tensinet/?view=project&id=4603> (Erişim tarihi: 15.05.2022)
- Tensinet ^b (b.t.). <https://www.tensinet.com/index.php/component/tensinet/?view=project&id=3755> (Erişim tarihi: 30.03.2022)
- Tomasetti, T. (b.t.). Georgia Dome. <https://www.thorntontomasetti.com/project/georgia-dome> (Erişim tarihi: 30.03.2022)
- Tucker, T. (2017). The Atlanta Journal-Constitution. <https://www.ajc.com/sports/how-the-georgia-dome-will-implode-and-remembered/k8qypDTGBwRN4WPVShzd2L/> (Erişim tarihi: 30.03.2022)
- Wallpaper spor ^a. (b.t.) <https://besthqwallpapers.com/tr/spor/arena-da-amazonia-amazon-arena-arena-vivaldo-lima-palma-manaus-amazonlar-78944> (Erişim tarihi: 30.03.2022)
- Wallpaper spor ^b. (b.t.) <https://besthqwallpapers.com/tr/spor/georgia-dome-%C5%9Ffeftali-bowl-stadyumu-georgia-state-panthers-stadyumu-atlanta-georgia-133368>
- Wimmer, M. (2016). *Stadium Buildings: Construction and Design Manual*. DOM Publishers.



KHAZRATI IMAM COMPLEX IN TASHKENT AND CONSERVATION OF ABUBAKR KAFFAL ASH-SHASHİ TOMB

Otabek ABDURAZAKOV¹ , Ayşe Gülçin KÜÇÜKKAYA² 

¹Tashkent Institute of Architecture And Civil Engineering, Tashkent, Uzbekistan.

²Yeditepe University, Faculty of Architecture, Dept. Of Architecture, Istanbul, Turkey.

ABSTRACT

This study includes the results of the documentary research and analyses of the hand recording studies carried out in the mausoleum of Abubakr Kaffal ash-Shashi in Tashkent, which is an ancient monument in the Khazreti Imam Complex of the XVI century. Khazrati Imam died in the 10th Century, but his Complex (Hastimom) buildings were built in the 16th-20th Centuries in different periods. The oldest surviving building is the 16th Century Barakkhan Madrasah, in the Complex. In the middle of the 19th Century, the Tillashaikh Mosque, the Moi Mubarak Madrasah, and the Mosque (not exist today) were built. In the early 20th century, the Tillashaikh Mosque rebuilt. In this study, the Complex buildings of Khazrati Imam will be investigated, and the monumental tomb of Kaffal Shashi, which shows many different interpretations, will be examined from the conservation point of view.

Keywords: *Abubakr Kaffal ash-Shashi Tomb, Tashkent, Conservation, Chillexana, Gulam Hussein.*

Corresponding author : Ayşe Gülçin Küçükkaya

Date of article submission : 19.05.2022

Date of article acceptance : 20.09.2022

Article citation : Abdurazakov,O.,Küçükkaya,G.(2022). Khazrati Imam Complex in Tashkent and conservation of Kaffal Shashi Tomb. KAPU Trakya Journal of Architecture and Design, 2(2), 22-36

1. INTRODUCTION

It is supposed to be built Abubakr Kaffal ash-Shashi Tomb, in the middle of the 16th century, in the protected old site (Sebzor) of Tashkent, by the famous designer Gulam Hussein. Today, it allocated in a historic ensemble Khazrati Imam Complex, consisting of other buildings around the Mausoleum of Abubakir Kaffal ash-Shashi (Figure 1).

This architectural ensemble received the name of Khazrati Imam (Holy Imam) in honor of the famous imam, an expert on the Quran, scholar, and preacher Abubakr Kaffal ash-Shashi. He was a great scholar and theologian. He was born in Tashkent, in 903, in the family of a handicraftsman - Kaffal (masters of making skilled locks). The child was named in honor of the companion of the Prophet Muhammad and the first Caliph - Abu Bakr. He got an excellent education in madrassas in Tashkent, and then in Bukhara, Termez and Samarkand. Deeply devoted to the Muslim religion Abubakr Kaffal ash-Shashi repeatedly carried out Hajj (pilgrimage) to Mecca, travelled to the big cities of the Muslim world, meeting, and debating with the most prominent Muslim scholars of that time. His knowledge of theology was so great, and his authority was so indisputable that in the Arab world, Abubakr was named the Great Imam. About Abubakr Kaffal ash-Shashi Tomb, the first construction of the mausoleum, in the 10th Century, has not much information. It is supposed that, after Kaffal ash-Shashi's death, the place was considered as a holy location and protected (Advantour, 2022).



Figure 1. Khazrati Imam Complex (Khazrati Imam Mosque and Moi Mubarak Madrasah)

2. THE BUILDINGS OF THE COMPLEX OF KHAZRATI IMAM IN TASHKENT

Khazrati Imam Complex (Khasti Imom) was built in the 16th-20th Century, in Tashkent, and the cemetery and the architectural complex around it are named after the Imam. The oldest surviving building was the 16th Century Barakkhan Madrasah. In the middle of the 19th century; the Tillashaikh Mosque, the Moi Mubarak Madrasah, and the Jome Mosque, which do not exist today, were built. In the early 20th century, the Tillashaikh Mosque was rebuilt. The Office of Muslims of Uzbekistan is acting in the Khazreti Imam Complex, today (Figure 1-5).



Figure 2. Khazrati Imam Complex (Google Earth, 2022)



Figure 3. Overview of the the Khazrati Imam Mosque in Tashkent (Agency of Muslims of Uzbekistan, 2022)

2.1. Barakkhan Madrasah

Barakkhan Madrasah (Figure 4) was built in Tashkent (1531/32 - second half of the 16th century) by Navruz Ahmadkhan popularly known as Barakkhan. He was the khan of the Shaybanid Dynasty, the youngest son of Suyunchkhohajon (the governor of Tashkent). After the death of his father, he was the governor of Tashkent (1525-51), and then the khan of Movarounnahr (1551-56). During his period, Barakkhan organized many military campaigns to expand his territory. If we pay attention to the architectural structure of this madrasah, there are rooms around the courtyard and the western part of the madrasah is slightly more advanced. The foundation was made of stone; the thick walls were made of bricks of different sizes. There were originally two mausoleums (big and small) on the site of the Barakkhan Madrasah (Figure 4).

The big one belonged to Suyunchkhohajon, the first governor of Tashkent belonging to the Shaybanid Dynasty, and the small mausoleum belonged to Barakkhan but it was moved later to Samarkand. Three of the doors on its four sides later closed. The huge roof on the east side of the madrasah was decorated with colorful glazed bricks, handasiy and girih patterns. The top of the roof did not preserve (Figure 4).

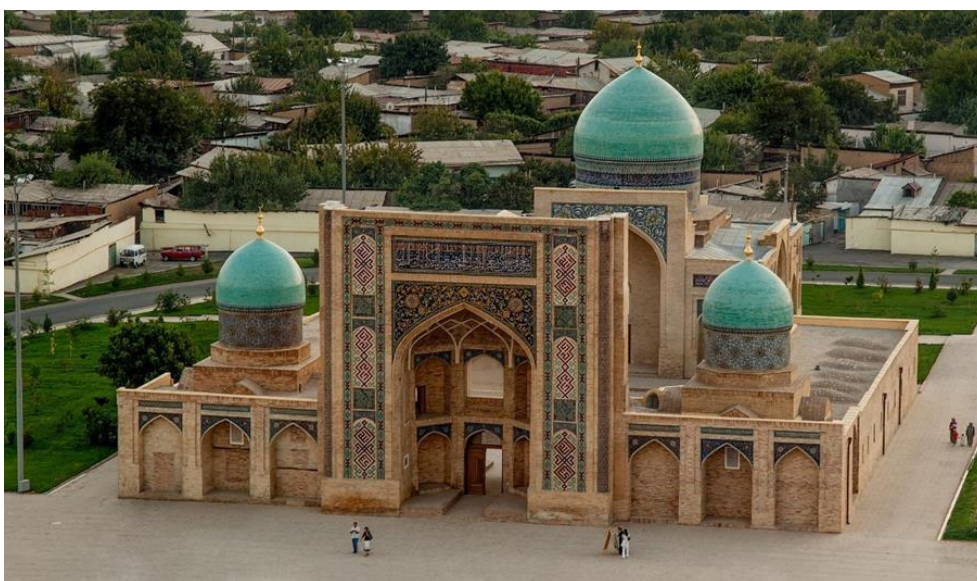


Figure 4. Barakkhan Madrasah General View (Karimova, 2022)

There were long rooms (koriahanas) in the four corners of the Barakkhan Madrasah. The shape and decoration of the building remained the same. Its 22-meter dome is decorated with blue glazed bricks (the dome collapsed during the 1868 earthquake). The 4.5-meter pedestal under the dome is decorated with handicrafts and girih patterns made of glazed bricks of different colors and surah's of the Koran are written. The Barakkhan Madrasah functioned as an educational institution and even served as a store during World War II. The complex was completely abandoned during the Soviet period. All mosques are closed. The Abubakr Kaffal ash-Shashi Tomb was later converted into a driver's school, and the Barakkhan Madrasah turned into a museum of atheism. Later, a cinema and a school were built in the middle of the complex, which negatively affected the view of the complex, which also had a dilapidated appearance. Khazrati Imam (Khastim) Square only came to the period of independence and literally restored its prestige and status. At the initiative and under the leadership of President Islam Karimov, the Khastimom complex was reconstructed in 2007, and received a new magnificent appearance. In particular, the newly built Khazrati Imam Mosque on the square is one of the unique architectural monuments. Today, the Barkkhan Madrasah is a historical site and is home to artisans, woodcarvers, embroiderers, and potters ("Barakkhan Madrasah", 2022) (Figure 4, 5a-b).

Although there was a renaissance in architecture in the Timurid Period in Uzbekistan, architectural activities in Uzbekistan have entered an extreme reconstruction process in the last 50 years. In reconstruction works, it is seen that architectural forms are exaggerated, and historical buildings are tried to be given more magnificent appearances than ever before. When the façade of Barakkhan Madrasa is examined, the door form shows either proportional imbalance or structural solution problems. Since the gate crown is too high, unsuccessful architectural solutions have emerged on the rear of the facade for structural strengthening (see Figure 5a-b).



Figure 5a-b. Mean Façade views from inside and outside of the Barakkhan Madrasah, Tashkent

2.2. The Moi (Muyi) Mubarak Madrasah

The Moi Mubarak Madrasah is located on the northwest side of the new Mosque, as a small historic building in the complex. It was first built in the 19th century in front of the Barakkhan Madrasah and later, rebuilt with baked brick in 1856-1857. The well decorated interior decoration elements were added to the construction in 2018 ("Moi Mubarak Madrasah", 2022). As it happened in the other buildings of the Complex, stucco ceiling decoration elements show high ornamented working. Today, the building is a museum for the exhibition of an holy old Korans, with a special one brought from Iran (Figure 6-7).

According to the notes of historian Muhammad Salihhoja, "There was a separate domed space of the madrasa, in which the hair of the Prophet was presented. The madrasah was consist of 13 rooms and a mini mosque, taught by two teachers - Imam Khan Mahdum and Abdulmajid Khan Eshan. There was a library for visitors, which contains many manuscripts of Oriental literature, including the Koran of the third caliph, Uthman". The new Moi Mubarak Madrasah was rebuilt by the order of the governor of Tashkent Mirzo Ahmad Kushbegi. In one of the special rooms of the madrasah, the blessed hair of the Prophet is presented in a small glass container ("Moi Mubarak Madrasah", 2022).

In the restoration work, the original characteristics of the building were not tried to be preserved, and the main load-bearing walls were built by producing new bricks. The interior shows an extreme interior decoration using new orientalist stucco decoration and crystal lighting. Although the

aforementioned building is a completely new building in situ, the fact that the interior wall thickness is 50 cm suggests that the current plan resembles the old building.



Figure 6. Overview of the Moi Muborak Madrasah, Tashkent (“Moi Muborak Madrasah”,2022)



Figure 7. The Holy Koran in the central exhibition hall in the Moi Muborak Madrasah (Ibrokhimov, 2007) *This ancient holy book is quite large and contains 353 parchment pages. The book was brought to Uzbekistan during the reign of Amir Temur. Russian scholars have confirmed the authenticity of the book (“Moi Muborak Madrasah”,2022)*

2.3. Tilla Shayx Mosque

The Tilla Sheikh Mosque is located to the west of the Moi Mubarak Madrasah (Figure 8). It was built by Tilla Sheikh (merchant), who was born in Parchab of Mahalla of Khazrat Imam District (1890-1902). The size of the mosque is 14 meters wide and 17.3 meters high. There are two identical small towers at the corners. In traditional architecture, the foundation is raised by 0.85 meters. At the entrance, there is a porch made of rectangular bricks. After the 1930s, the mosque closed and turned into an association of artisans. From 1972 to 1973, the mosque was renovated and expanded, another khanaqah was built next to the qibla, and the walls on both sides of the previous altar were removed and added. After the construction and renovation in 2007, the building of the Tilla Sheikh Mosque has become more decorated on the outside and inside, more convenient for worship of local people (“Tilla Shayx Mosque”, 2022).

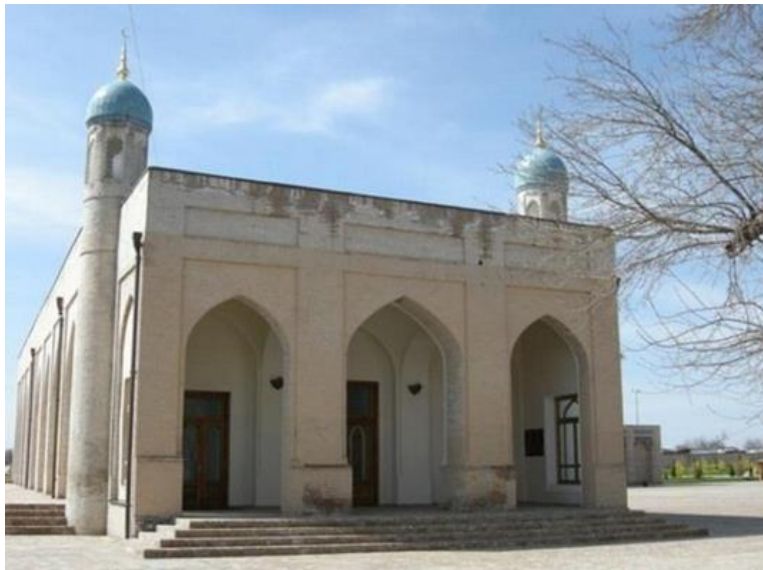


Figure 8. The Tilla Sheikh Mosque, Tashkent (Arabbaev, 2015)

2.4. Khazrati Imam Mosque

It was rebuilt in 2007, after independence of Uzbekistan, on the initiative and under the leadership of President Islam Karimov and received a magnificent new appearance. The towers on both sides of the mosque are 57 meters high. The right tower was built by Khorezm masters, and the left tower was by Samarkand masters. One of the towers was completed in 26 days and the other in 28 days. These towers were rebuilt in accordance with the classical style of tower builders with separate schools (Agency of Muslims of Uzbekistan, 2022)(Figure 9-10).



Figure 9. General view of Khazrati Imam Mosque, Tashkent (2022)



Figure10. Abubakr Kaffal ash-Shashi Tomb shows a hilly location in the Complex (2022)

3. THE MAUSOLEUM OF ABUBAKR KAFFAL ASH-SHASHI

The Mausoleum of Abubakr Kaffal ash-Shashi is one of the most significant cultural and the oldest architectural monuments of Tashkent, in the historical and architectural complex of Khazreti Imam is located in the old part of the city. The tomb is located on a hilly, strange position (Figure 10-11) in an old cemetery area which hasn't any remnants today. The Mausoleum of Abubakr Kaffal ash-Shashi, which became a place of Muslim pilgrimage, built in a unique architectural style - khanakah (a shelter for dervishes and pilgrims). It located on a high platform (See section of the Building-Figure 20). Despite the massiveness, the Mausoleum of Abubakr Kaffal ash-Shashi seems to be in a strange position not only because of the platform but also because of its crowning dome. It is interesting that the mihrab faces to the north, but not in the direction of Mecca, as in most of the mausoleums in Tashkent. Apart from a large cross-shaped hall, the building of the mausoleum has four tiers of cells (chillakhanas) for prayer, located in the corner pylons.

Abubakr Kaffal ash-Shashi layout. There are four chillakhanas ("chilla" means the solitude of asceticism and abstinence from lust for forty days, but also of being alone during this period) on four sides of the building, which are located at the four entrances of the mausoleum. Below this construction the mausoleum of his sons, the Great Imam Muhammad al-Shashi and Nizamiddin Shashi buried. The mausoleum also houses Muhammad Nomi and his father, Khoja Kalon, who came to Tashkent from Baghdad and stayed there. On the left side of the entrance is buried the famous Herat poet, Barakkhan's teacher Zayniddin Vasifi (Advantour, 2022).

When the photographic determinations taken in the last 100 years are examined during the research studies on the Abubakr Kaffal ash-Shashi tomb, it is seen that the structure has undergone changes in the plan scheme and dome form, subject to very different interventions (Figure 11-15).



Figure 11. The oldest photo shows that this area was a huge cemetery area and the tomb of the Abubakr Kaffal ash-Shashi was built in a hilly position. The roof of the cupola shows a conical Turkish tomb (kumbet) character (“Tashkent History”, n.d.)

3.1. The Earliest Period

The early form and construction material has not known. It can be thought that the oldest mausoleum structure of a square planned and central space had an entrance and probably had three windows on the other facades. It is possible that the mihrab protrusion on the right side of the main entrance was added at a later period when the building was used as a mosque. In this period, the window on the left side of the entrance was rearranged as the entrance door to this new mosque (Figure 12a-b). The mini-cemetery area, located on the opposite axis of the main entrance, seems to have been added in the 19th century during the last restorations. In that period, the window opposite the entrance was reshaped as a door, providing a transition to this mini-cemetery area. The chillakhana chambers in different forms on the corners of the walls must have been the spaces in the oldest plan of this building.

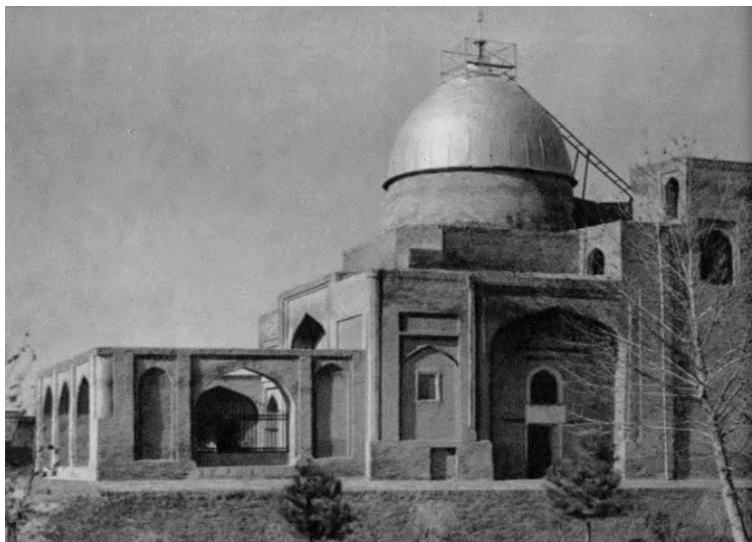
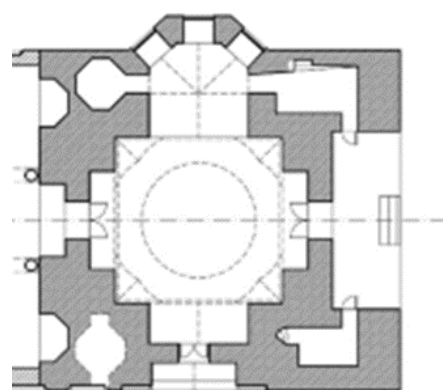


Figure12. (a) An old photo of the Abubakr Kaffal ash-Shashi Tomb, Tashkent (around 1920)



(b) Probably the old form of the structure (partial restitution without mini cemetery (Abdurazakov Archive, 2022)

The top cover of the dome partially reminds of a form worth examining in the oldest photograph. Khazrati Imam Abubakr Kaffal ash-Shashi was a person who died in 907. At that time, there was a

Karakhanid Turkish state in these lands and perhaps there was a Turkish Cult in that area, before Khazrati Imam Kaffal Shashi's tomb was built. The oldest photograph (Figure 11) suggests that this building had a conical Turkish cone (conical Turkish Kumbet form) but changed over time and lost its original form.

3.2. Russian Period of 1920-1991

Lots of historical monuments were destroyed during the Russian period, but Abubakr Kaffal ash-Shashi mausoleum is still very well preserved. During the Russian occupation period, the mausoleum was restored, and the dome was built in the same way as the Moscow style domes, after the earthquake about 1920 (Figure 13). However, this dome was a false form, demolished during the years of independence, and rebuilt in the new style again. Before the earthquake, the monument was thoroughly studied by Uzbek and Russian architects. They measured the size of the Mausoleum and recorded the plan, section, facades. At present, these documents (Figure 14-15) are keeping in the Cultural Heritage Agency in Tashkent (Madaniy Meros Agentligi, 2022).



Figure 13. Facade (Backside) of Abubakr Kaffal ash-Shashi Tomb and metallic covers on the dome after an earthquake (1920-1991); It looks like a Russian style church.

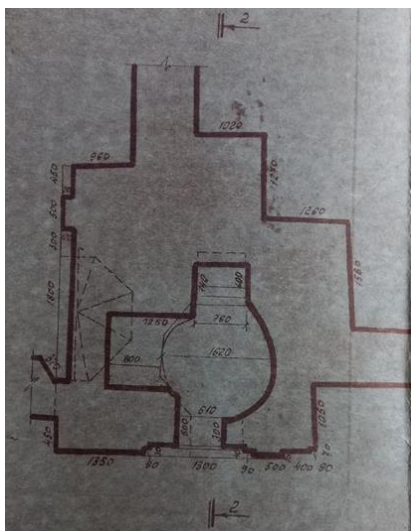


Figure 14. Hand recording of Chilakhana (Madaniy Meros Agentligi, 2022)



Figure 15. The entrance of the Chilakhana in an old photo. It was closed at the last restoration study (Madaniy Meros Agentligi, 2022)

3.3. Current Situation of the Tomb

If we pay attention to the plan of the monument, we can see the chilakhana (Figure 14) in the four corners of the building. It is known that in mysticism, "chilla" means the solitude of asceticism and the peculiar image of the path of the sect. Chilla consists not only of abstinence from lust for forty days, but also of being alone during this period, and this has been done under the guidance of a master. The chilla seating room is dark and there is no possibility to lie down, just a special place to sit. Sleep also occurs while sitting. During this period, chilakhanas were covered and closed. There are new mausoleums (Figure 16-20) in the new cemetery part of the monument at the backside of the Kaffal Shashi Tomb. Great Imam Muhammad al-Shashi and Nizamiddin Shashi who are Kaffal Shashi's sons and Muhammad Nomi and his father, Khoja Kalon, who came to Tashkent from Baghdad and stayed there, are buried here. It is supposed that these mausoleums were carried from different locations here, in the last century (Samashev et al, 2016).



Figure 16. After restoration (1928); new mausoleums added to the new cemetery area and a wooden roof had covered of the structure (Abdurazakov Archive, 2022)

- **1991-2022 Years of Independence**

During the years of independence (1991-2022) through the efforts of Tashkent masters, the complex was completely restored. In the 16th century, the entire mausoleum of Kaffalal-Shashi Tomb was covered with elegant majolica and today only a few surviving fragments. Some inscriptions are restored - these are surahs of the Koran, which are written in white and gold. However, it is not possible to restore the inscriptions in green - the construction itself - information about the goodness of the architects, artisans, and the location of the mausoleum. The roofless part of the mausoleum is covered with a roof and the inside is reinforced with wooden pillars. All the graves around the monument were removed and the area was converted into a landscape area (National Library of Uzbekistan Name Dafter Alisher Navaiy, 2022 (Figure 17a-b).

Although Kaffal Sasi died in 903, the dome of his mausoleum is finally covered by a double-storied dome, which is popular in Tashkent and is seen over almost all historical buildings. In the restorations which are popular in recent years, it is seen that they preferred to apply the most magnificent general forms instead of the idea of "trying to build the first period by making a periodical analysis".

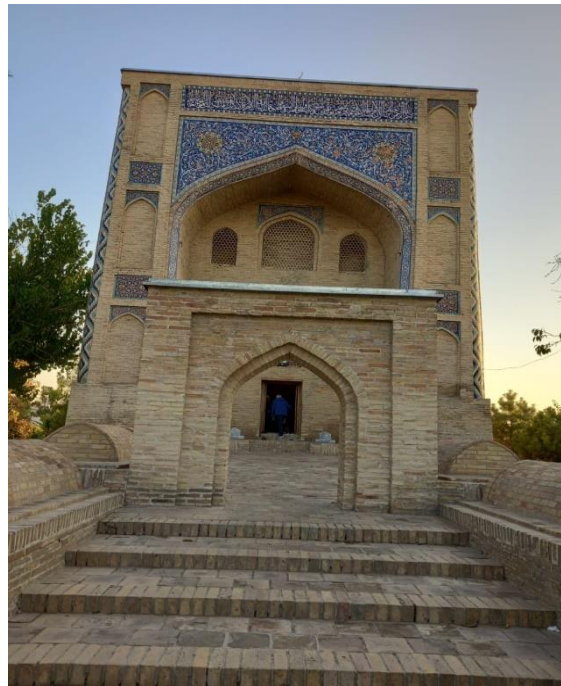


Figure17. (a-b) Mean Portal of the Tomb of Abubakr Kaffal ash-Shashi (Abdurazakov Archive, 2022)



Figure 18. Abubakr Kaffal ash-Shashi Tomb with new graze brick decoration elements (Ibragimov Archive, 2022)

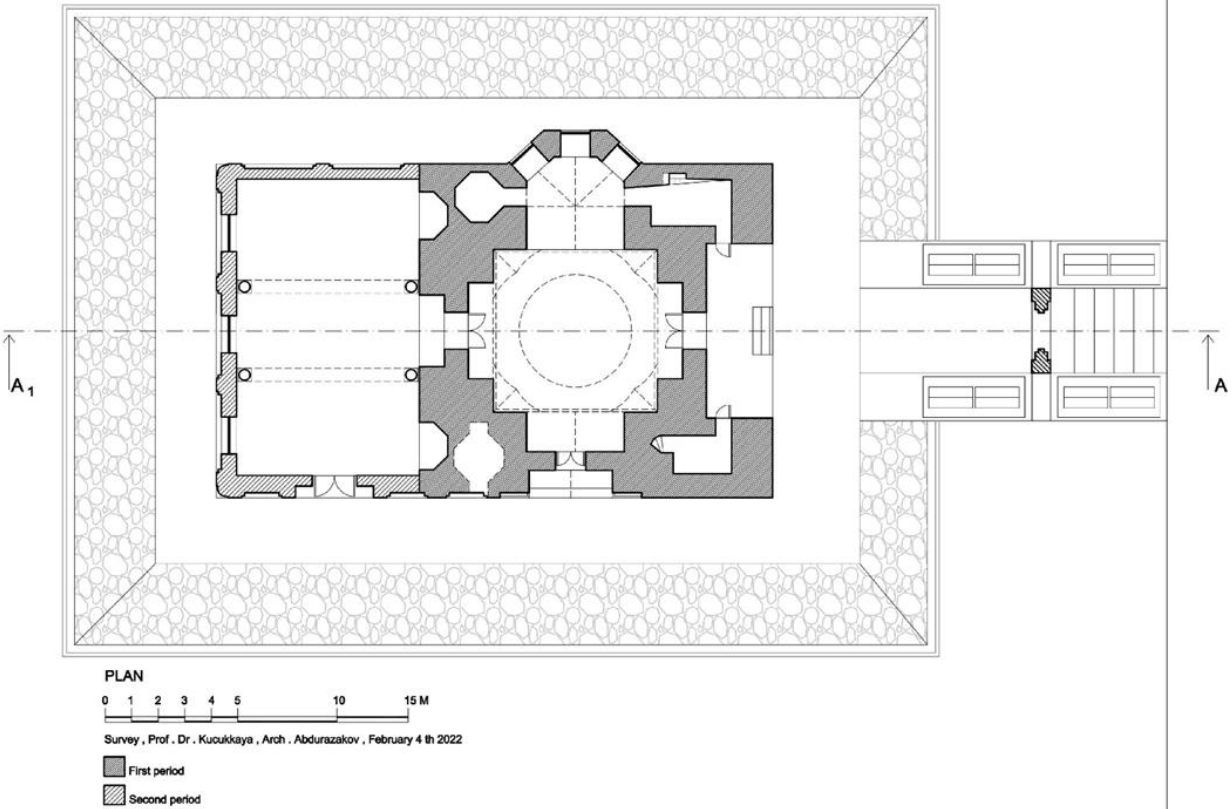


Figure 19. Plan of the Abubakr Kaffal ash-Shashi Tomb (Abdurazakov Archive, 2022)

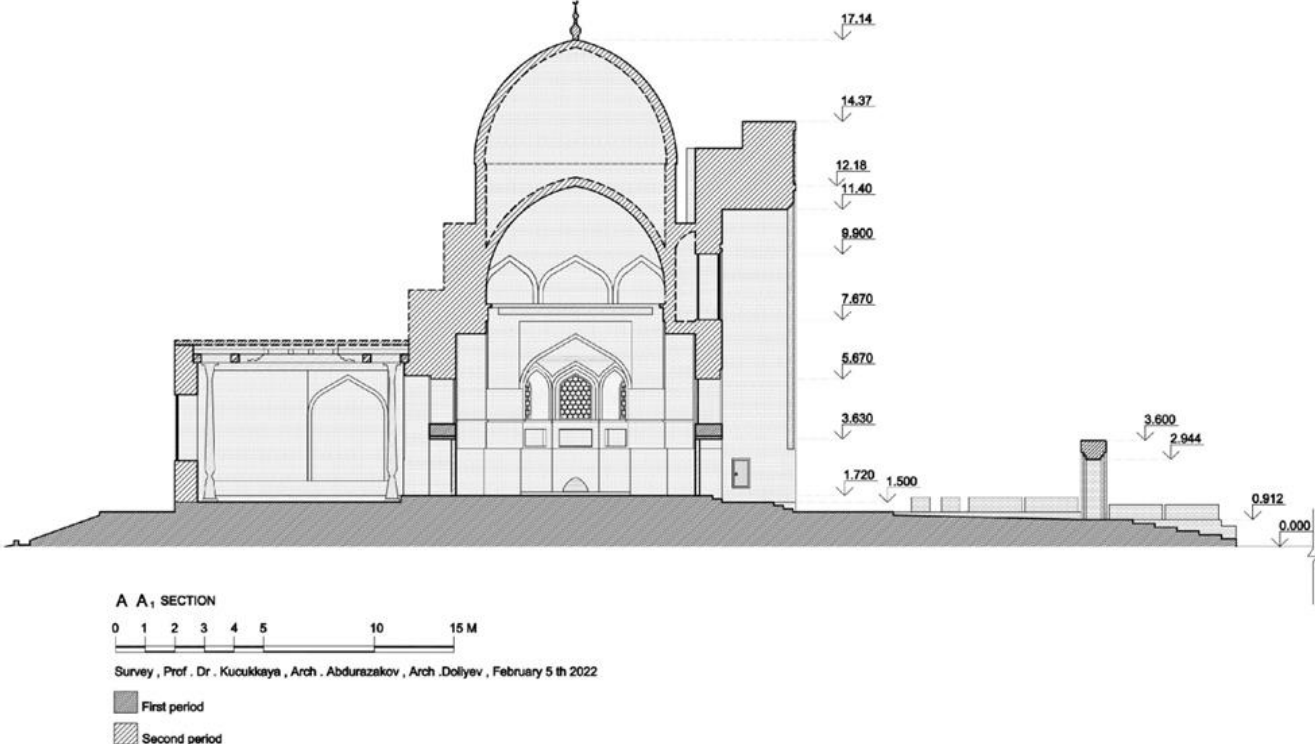


Figure 20. Section (A-A) of the Abubakr Kaffal ash-Shashi Tomb (Abdurazakov Archive, 2022)

3.4. An Investigation on the Origin of the Composition of the Construction

It is not known how the tomb of Khazrati Imam Abubakr Kaffal ash-Shashi was when it was built in the 9th century and what happened to it; from the photographs taken within the last 100 years, it is understood that the building was repaired in different periods and in different styles. Today, the stepped entrance corridor, which provides access to the entrance level 120 cm above the ground level and on which stone coffins are lined up on both sides, (Figure 21) shows a strange composition. This composition is like Bilge Kagan's cult complex, which was built in the 500s, with balbals on both sides and the tomb located on the full axis (Figure 22). Considering that the Western Göktürks lived in these lands between 400-600 years; It can be said that the entrance composition of the Abubakr Kaffal ash-Shashi Tomb was inspired by a very old Turkish structure that used to exist here. Let's not forget that between 600-1200 years old Turkish states lived in these lands (Khudyakov, 1985; Samashev et al., 2016).

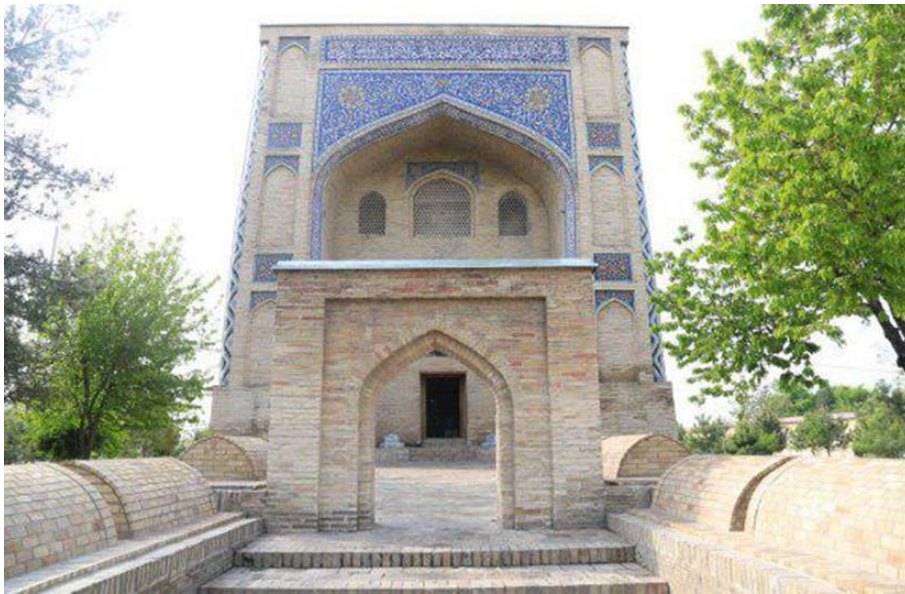


Figure 21. Tashkent, Steps and Coffins at the Entrance of the Kaffal Shashi Tomb (Abdurazakov Archive, 2022)

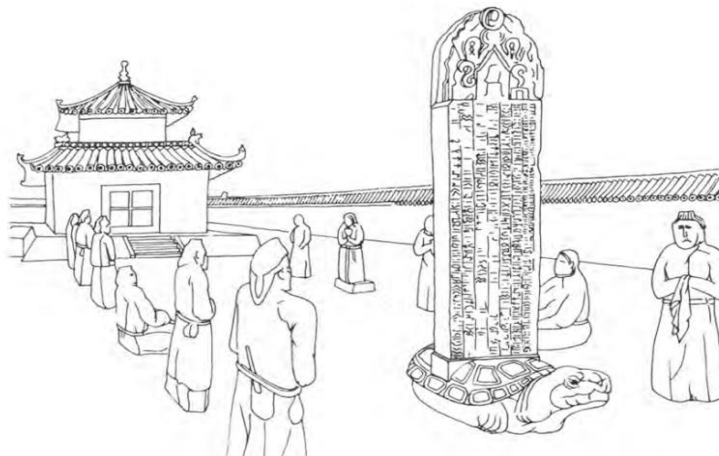


Figure 22. Graphic reconstruction of the cultural –memorial complex in honour of Bilge Kagan in Orkhon like the structure of the Abubakr Kaffal ash-Shashi Tomb. If we pay attention well, there are graves on both sides of the entrance at Abubakr Kaffal ash-Shashi Tomb. There are also statues on both sides of the entrance to the monument in the pictures (Khudyakov, 1985; Samashev et al., 2016).

CONCLUSION

The buildings in the Imam Complex have been subjected to many interventions throughout history, and there have been periods when they were deliberately and willfully demolished. For this reason, it is seen that brut brick material is still used in new buildings as an effort to keep the spirit of historical memories alive in Tashkent. Instead of recreating history, it is necessary to try to pass on the historical values that have survived to the present day, with all their original qualities, to future generations.

The research works allow for the following recommendations: conservation and restoration of the monument from time to time; ensuring the continuity of control and preservation of the monument. It is necessary to observe the following conditions: use the monument while preserving its architectural integrity and original decoration, adapting the monument to a new function without any changes; archaeological and historical research of the monument should always be carried out before and in conjunction with the restoration work. It is advisable to involve only qualified specialists in the conservation and to be carried out by the traditional masters and experts.

Acknowledgements

Abubakr Kaffal ash-Shashi Tomb has been studied, in the joint master program course “Managing of Historic Cities”, of Anhalt University and Tashkent Institute of Architecture and Civil Engineering, in Fall 2021 with Arch. Otabek Abdurazakov and three more master’s students (Arch. Shavkat Ibragimov, Arch. Timur Doliyev, and Arch. Sanjar Dagarov), under the supervision of Prof. Dr. Ayşe Gülçin Küçükaya. Thanks for their friendship and synergy.

During the hand recording studies in the Hazrati Imam Complex, TIACE, Fall 2021



REFERENCES

- Advantour, (2022). “Abubakr Kaffal ash – Shashi Tomb”, <https://www.advantour.com/uzbekistan/tashkent/kaffal-shashi.htm> (Last accessed: 05.05.2022)
- Agency of Muslims of Uzbekistan, (2022). Address: Uzbekistan, Tashkent, Almazor District, street Karasaray, 47.
- Arabbaev, U. (2015). Tilla Shayx Jome. http://vk.com/wall-69707752_34645
- Barakkhan Madrasah. (2022). Directorate for the Construction, Reconstruction and overhaul of the facilities of particularly important social, cultural and historical significance under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan , <http://dkm.gov.uz/ru/baroqxon-madrasasi>.

- Ibrokhimov, A. (2007). Khastimom Hotiralari. Tashkent, Fan Publishing House, Centralasia - Travel, Abubakr Kaffal ash – Shashi Tomb, <https://www.centralasia-travel.com/en/countries/uzbekistan/places/tashkent/kaffal-shashi>
- Karimova, L. (2022). "The Barak Khan madrassa", <https://www.lolakarimova.com/history-and-culture-of-uzbekistan/the-barak-khan-madrassa/> (Last Accessed: 03.10.2021).
- Khudyakov, Y.S. (1985). Ancient Turkic Funeral Complex Shiveet Ulaan, Ancient Türkic Memorial Monuments on The Territory of Mongolia.
- Madaniy Meros Agentligi, (2022). Abubakr Kaffal ash-Shashi Tomb, Cultural Heritage in Tashkent, E-mail: madaniymeros.uz, Address: Uzbekistan, Tashkent, Shaykhantahur District, street UZGARISH, 18.
- Moi Muborak Madrasah, (2022). Toshkent Obidalari, <https://minor.uz/muji-muborak-madrasasi/NationalLibraryofUzbekistanNameDafterAlisherNavaiy>, (2022).
- Samashev, Z., Damdinsuren, T., Ongaruly, A., and Chotbaev, A. (2016). Shiveet Ulaan Ancient Turkic Cult and Memorial Complex. Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan, Branch of the Institute of Archeology, Astana.
- Tashkent History. (n.d.). <https://www.advantour.com/uzbekistan/tashkent/history.htm> (Last Accessed: 10.05.2022).
- Tilla Shayx Mosque, (2022). Toshkent Obidalari, <https://meros.uz/object/tilla-shayx-masjidi>



BİNALARDA PASİF SOĞUTMA YÖNTEMLERİ VE GELENEKSEL MİMARİDEKİ UYGULAMALARININ İNCELENMESİ

Kemal Ferit ÇETİNTAŞ¹ , Azadeh REZAFAR² 

¹Haliç Üniversitesi, Mühendislik – Mimarlık Fakültesi, İstanbul, Türkiye.

²İstanbul Arel Üniversitesi, Mühendislik – Mimarlık Fakültesi, İstanbul, Türkiye.

ÖZET

Enerji tüketiminin ve fosil yakıt tüketimi kaynaklı çevresel sorunların önemli bir kısmının binalardan kaynaklandığı bilinmektedir. Binalarda enerji tüketiminin önemli bir kısmı binalarda konfor koşullarının sağlanması için ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma sistemleri tarafından gerçekleştirilmektedir. Son dönemde ekonomik sorunlar, sürdürülebilirlik, çevre kirliliği sorunları ve enerji arzının güvenliği gibi nedenlerden dolayı enerji verimliliği dünya gündemini meşgul etmektedir. Özellikle sıcak iklim bölgelerinde binalarda gerçekleşen soğutma enerjisi tüketimi binaların enerji tüketiminin önemli bir yüzdesini oluşturmaktadır. Konfor koşullarını sağlamak için soğutma enerjisi ihtiyacının fosil yakıtlarından karşılanması enerji maliyetini ve fosil yakıt tüketiminin neden olduğu karbondioksit salımını önemli ölçüde arttırmaktadır. Buna karşılık geleneksel konutların mimari tasarımında yer alan pasif sistemler, konfor koşullarını sağlayarak soğutma enerjisi tüketimini asgari seviyeye indirmektedir. Soğutma ihtiyacının yüksek olduğu sıcak-nemli iklim bölgelerinde yer alan geleneksel konut binalarının tasarımında pasif soğutma tekniklerinin önemli bir kısmı uygulanmıştır. Pasif soğutma sistemlerine yönelik mimari çözümler, termal konfor koşullarından ödün vermeden enerji verimliliğini sağlarken, tarihi kentsel bölgelere mimari kimlik de kazandırmıştır. Bu çalışmanın amacı pasif soğutma yöntemlerini ve mimari tasarıma uyum çözümlerini tanıtmak ve geleneksel konut mimarisindeki uygulamalarını incelemektir.

Anahtar Kelimeler: Pasif Soğutma, Binalarda Pasif Soğutma, Binalarda Enerji Verimliliği, Geleneksel Konut Mimari Tasarımı, Sürdürülebilirlik.

EXAMINATION OF PASSIVE COOLING METHODS IN BUILDINGS AND THEIR APPLICATIONS IN TRADITIONAL ARCHITECTURE

ABSTRACT

It is known that a significant part of the environmental problems is caused by energy and fossil fuel consumption, which are used by the buildings. A significant portion of the energy consumption in the buildings is carried out by heating, cooling, ventilation, and lighting in order to provide comfortable conditions inside them. Recently, energy efficiency is on the world agenda for reasons such as economic, sustainability, environmental, and energy supply security. Besides these, cooling energy consumption in the buildings, especially in the hot climate regions, constitutes a significant percentage of the energy consumption. Meeting the cooling energy need from non-renewable energy sources in order to ensure comfort conditions increases the energy cost and the carbon dioxide emission by using fossil fuel consumption. On the other hand, traditional architectural residences by their passive system design reduce cooling energy consumption to a minimum while they provide comfortable conditions. An important portion of passive cooling techniques has been applied in traditional residence architectures, which are located in hot-humid climates, where the cooling need is high. While architectural solutions for these buildings' passive cooling systems provide energy efficiency without compromising thermal comfort conditions. As well as these solutions give architectural identity to the historical urban areas. The aim of this study is to introduce passive cooling methods and architectural design adaptation solutions. In this scope, the examples of these methods in traditional architectural designs will be examined too.

Keywords: Passive Cooling, Passive Cooling in the Buildings, Energy Efficiency in Buildings, Traditional Houses Architectural Design, Sustainability.

Sorumlu Yazar : Kemal Ferit Çetintaş

Makale Geliş Tarihi : 06.05.2022

Makale Kabul Tarihi : 28.07.2022

Makale Künye Bilgisi : Çetintaş,K.F., Rezafar,A.(2022). Binalarda pasif soğutma yöntemleri ve geleneksel mimarideki uygulamalarının incelenmesi. *KAPU Trakya Journal of Architecture and Design*, 2(2), 37-56.

1. GİRİŞ

Nüfus artışı, kentleşme hızındaki artış ve teknolojik gelişmeler paralelinde insanoğlunun enerji tüketimi her geçen gün artmaktadır. Günümüzde tüketilen enerjinin önemli bir kısmının fosil yakıtlarından sağlandığı bilinmektedir (Ritchie vd., 2020). Fosil yakıtlarının tüketimi, enerji arzının güvenliği, çevresel ve ekonomik sorunlara neden olmaktadır. Ayrıca fosil yakıtlarına ait rezervlerin sınırlı oluşu enerji kaynaklarının tükenme riskini de beraberinde getirmektedir. Fosil yakıtlarının tüketimi sırasında atmosfere salınan gazlar küresel ısınma, iklim değişikliği ve kuraklık gibi ciddi çevresel sorunlara neden olmaktadır. Dünyada gerçekleşen enerji tüketiminin %30'u ve sera gazı salımlarının yaklaşık %35'i binalardan kaynaklanmaktadır (IEA, 2019). Binalarda tüketilen enerjinin önemli kısmı konfor koşullarının sağlanması için mekanik sistemler tarafından gerçekleştirilmektedir (Engin, 2012). Binaların enerji tüketimleri, binanın ve yapma çevrenin özellikleri, iklim bölgesi ve bina tipolojisine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Binalarda enerji verimliliğinin sağlanması, sürdürülebilir kalkınma, çevresel sorunların azaltılması ve önlenmesi, enerji arzının güvenliği gibi konular açısından önemlidir. Günümüzde binalarda enerji verimliliği bağlamında, hem yeni bina tasarımları için hem de mevcut binaların enerji etkin yenilenmesi için çeşitli çalışmalar yürütülmektedir. Binalarda enerji verimliliğinin gerçekleştirilmesi için binaların pasif sistem olarak tasarlanarak konfor koşullarından taviz vermeden aktif sistemlere olan ihtiyacın asgari seviyeye indirilmesi esastır. Geleneksel mimarideki örnekler incelendiğinde binaların iklimsel elemanlardan azami seviyede faydalanacak şekilde pasif sistem olarak tasarlandığı görülmektedir. Tarih boyunca insanlar, ısıtma enerjisi ihtiyacının yüksek olduğu bölgelerde konfor koşullarını daha kolay sürdürebilmiştir. Ancak sıcak iklimlerde iç mekânlarda konfor koşullarının sağlanması ve sürdürülmesi soğuk iklim bölgelerine göre daha güçtür. Bu nedenle sıcak iklim bölgelerinde yer alan binaların enerji tüketimleri incelendiğinde soğutma enerjisi tüketiminin coğrafyaya bağlı olarak ısıtma enerjisi tüketiminin iki veya üç katı kadar daha fazla olduğu görülmüştür (Santamouris ve Asimakopoulos, 1996). Soğutma, bir maddenin veya ortamın sıcaklığının, onu çevreleyen ortamın sıcaklığının altına indirme ve o seviyede muhafaza etme işlemidir. Soğutma, doğal çevreye göre daha düşük bir sıcaklık ve/veya nem seviyesi elde etmek için çevreden enerji aktarılmasıdır. Konfor koşullarının sağlanması için soğutma sürecinin gelişimi ise, gölgelendirme, buharlaştırılmalı soğutma ve hava sirkülasyonu yoluyla oluşturulan doğal soğutma tekniklerinden başlayarak, klimalara kadar gelişen mekanik soğutma yöntemleriyle olmuştur. Günümüzde soğutma sadece binalarda konfor koşullarının sağlanmasının yanı sıra hazır gıdaların hazırlanması, depolanması ve ilaçların depolanması gibi farklı alanlarda da kullanılmaktadır. Nature Sustainability'de yayınlanan bir araştırmaya göre 2050 yılına kadar soğutmaya olan talebin üç katına çıkması beklenmektedir (Ellfeldt, 2020). Günümüzde soğutmanın mekanik sistemler ile sağlanması, soğutmada yakıt olarak elektriğin kullanılması fosil yakıtlarının kullanımını ve tüketim kaynaklı çevresel sorunların artmasına neden olmaktadır. Özellikle elektriğin fosil yakıtlarından üretimi birincil enerji tüketimi ve enerji tüketimi kaynaklı karbondioksit salımını önemli ölçüde arttırmaktadır. Bu nedenle, sıcak iklim bölgelerinde soğutma enerjisi ihtiyacının azaltılması binalarda enerji verimliliği açısından büyük önem arz etmektedir. Binaların pasif sistem olarak tasarlanması ile konfor koşullarının sağlanması için ihtiyaç duyulacak enerji miktarı asgari seviyeye indirgenebilmektedir. Sıcak iklim bölgelerindeki konut mimarisi incelendiğinde pasif sistemler yardımı ile konfor koşullarının sağlandığı bilinmektedir (Oudeh, 2018). Pasif soğutma yöntemlerinin enerji verimliliği dışında sağladığı yararlar; çevresel, iç hava kalitesi ve ekonomik yararlar olarak sıralanabilir.

Soğutma amacıyla kullanılan mekanik sistemlerin önemli bir kısmı yakıt olarak elektriği kullanmaktadır. Elektrik üretim şekline bağlı olarak üretimi esnasında yüksek miktarda karbondioksit salımına neden olmaktadır. Örneğin Tablo 1'de görüldüğü gibi doğal gaz tüketimi kaynaklı gerçekleşen karbondioksit salımının hesaplanmasında dönüşüm katsayısı 0,234 Kg CO₂ / kWh iken elektrik için 0,617 Kg CO₂ / kWh dir (BEP_TR, 2010). Dönüşüm katsayılarından görüldüğü üzere fosil yakıtlarından elektrik üretimi karbondioksit salımını önemli ölçüde arttırmaktadır. Söz konusu karbondioksit salımı ciddi çevresel sorunların en önemli tetikleyicilerindedir. Ayrıca soğutma sistemlerinde kullanılan CFC (Kloroflorokarbon) ve HFC (Hidroflorokarbon) gibi gazlar ozon tabakasına ciddi şekilde zarar vermektedir. Soğutma yüklerinin artması, mekanik sistem kapasitelerinin yükselmesine ve bünyesinde daha fazla CFC ve HFC gazları barındırmasına neden olmaktadır. Soğutma sistemlerinin çalışması esnasında gerçekleşen gaz kaçaqları da ozon tabakasına zarar vermektedir (Santamouris ve Asimakopoulos, 1996).

Tablo 1. Yakıt türüne bağlı karbondioksit gazı salım faktörü değerleri (BEP_TR, 2010)

Yakıt türü	Karbon Salımı Dönüşüm Katsayısı [kg CO ₂ /kWh]
Fuel-Oil	0.330
Doğalgaz	0.234
Gaz (propan, bütan, metan, biyogaz)	0.277
Diğer fosil yakıtlar	0.320
Antrasit	0.394
Linyit	0.433
Kok	0.467
Talaş	0.004
Kütük, biokütle	0.014
Kayın kütüğü	0.013
Kök nar kütüğü	0.020
Hidrolik enerji santralinden elektrik	0.007
Nükleer enerji santralinden elektrik	0.016
Kömür enerji santralinden elektrik	1.340
Doğalgaz enerji santralinden elektrik	0.819
Karışık elektrik	0.617

Pasif soğutma yöntemlerinden bazıları iç mekânların hava kalitesinin korunmasına veya iyileştirilmesine önemli katkı sağlamaktadır. Özellikle doğal havalandırma ile yapılan soğutma neticesinde iç mekânlardaki kirlenmiş hava bina dışına çıkartılarak iç hava kalitesinin iyileştirilmesi sağlanmaktadır. İç hava kalitesinin iyileştirilmesi hasta bina sendromu gibi hastalıkların önlenmesine ve kullanıcıların konfor koşullarına ilişkin memnuniyetinin artmasına olanak sağlamaktadır (Santamouris ve Asimakopoulos, 1996). Soğutma enerjisine olan ihtiyacın azaltılması hem enerji tüketimi kaynaklı enerji maliyetlerinin azaltılmasına, hem de mekanik sistemlerin daha düşük kapasitede seçilmesine olanak sağlayarak ilk yatırım ve bakım maliyetlerinin önemli ölçüde azalmasına olanak sağlayacaktır (Santamouris ve Asimakopoulos, 1996).

Bu bağlamda pasif soğutma yöntemleri özellikle sıcak iklim bölgelerinde yer alan binaların enerji tüketimlerinin ve enerji tüketimi kaynaklı çevresel etkilerin azaltılmasında en önemli bileşendir. Bu nedenle çalışmanın amacı pasif soğutma yöntemlerini aktarmak ve söz konusu yöntemlerin geleneksel konut mimarisindeki uygulanma şekillerini göstermektedir. Böylece pasif soğutma yöntemlerinin geleneksel konut mimarisindeki örnekleri üzerinden yeni bina tasarımları için uygulanabilecek stratejilerin hatırlatılması amaçlanmıştır. Pasif soğutma yöntemlerinin uygulandığı geleneksel konut binalarının sayıca az kısmı günümüze ulaşabilmiştir. Bu nedenle çalışmada sınırlı sayıda örneğe yer verilebilmiştir. Geleneksel konut mimarisi örnekleri Ortadoğu ve Afrika coğrafyasından seçilmiştir. Çalışma literatür taraması yöntemi ile gerçekleştirilmiştir.

2. PASİF SOĞUTMA

Pasif soğutma, çeşitli teknikler kullanarak pasif sistemler yardımıyla enerji tüketimi gerçekleştirilmeden yapılan soğutma işlemidir. Binalarda soğutma enerjisi ihtiyacının oluşmasında iklim ve ısı kazanımları etkindir. Bu nedenle binalarda pasif soğutma tekniklerinin temelini ısı kazanımların kontrol altına alınması oluşturmaktadır. Binalarda pasif soğutma teknikleri literatürde farklı şekillerde sınıflandırılmıştır (Dnyandip vd, 2019, Santamouris ve Asimakopoulos, 1996). İncelenen çalışmaların önemli bir kısmında tekniklerin üç başlık altında toplandığı görülmüştür (Santamouris ve Asimakopoulos, 1996, Dnyandip vd, 2019). Bunlar;

- Isıl kazanımların kontrol edilmesine yönelik önlemler
- Isının modülasyonu ve
- Isının dağıtılmasıdır.

2.1. Isıl Kazançların Kontrol Edilmesine Yönelik Önlemler

Binalar içinde buldukları iklim, coğrafi konum, bina özellikleri, kullanıcılar ve cihazlardan kaynaklı ısı kazançlarına sahiptir. Söz konusu ısı kazançları, binanın soğutma enerjisi tüketimi üzerinde önemli etkiye sahiptir. Isıl kazançların kontrol edilmesine yönelik önlemler mikro klima, güneş ışınlamalarının kontrol edilmesi ve bina iç kazançları başlıkları altında incelenebilir. Peyzaj düzenlemesi güneş ışınlamalarının kontrol altına alınması ve hava akımının oluşturulmasını/yönlendirmesini sağlayarak mikro klima oluşturarak pasif soğutmaya katkıda bulunmaktadır. Söz konusu yöntem tasarımcıların kullandığı en eski, en basit ve en ekonomik yöntemdir. Bitki örtüsünün etkin bir şekilde binayla bütünleşmiş veya bina dışında kullanılması mümkündür. Yeşil çatı ve düşey yeşil sistem gibi uygulamalar sadece binanın güneş ışınlamalarını kazançlarını kontrol altına almakla kalmaz; aynı zamanda bina kabuğundaki ısı akışını da kontrol etme imkânı vermektedir. Yeşil çatı ve düşey yeşil sistemlerin iklim bölgesi ve bina tipolojisine bağlı olarak farklı düzeyde binaların enerji tüketimleri üzerinde etkiye sahip olduğu bilinmektedir. Bina etrafında gerçekleştirilecek olan peyzaj düzenlemesi ile binanın güneş ışınlamından kaynaklı ısı kazancını kontrol altına almak mümkündür. Yapılan literatür taramasında bina etrafında peyzaj düzenlemesinin bina iç sıcaklığına veya enerji tüketimine olan etkisini inceleyen çalışmalarda bina iç sıcaklıklarında 5°C ila 9°C düşüş, enerji tüketimlerinde %6 ile %20 arasında enerji tasarrufu tespit edilmiştir (Dnyandip vd. 2019). Güneş ışınlamaları binanın pasif ısı kazançları içerisinde önemli bir yere sahiptir. Bu nedenle güneş ışınlamalarının kontrol edilmesi pasif soğutma teknikleri açısından önem arz etmektedir. Güneş ışınlamalarının kontrol edilmesi bina için yer seçimi, saydam bileşen ve gölgeleme elemanı tasarımı ile kontrol edilebilir.

Binanın yer alacağı arazi seçimi, arazide yer alan doğal ve yapay engeller binanın alacağı güneş ışınlamı miktarını etkilemektedir. Binanın yer alacağı konum ve binanın mevcut kent dokusu ile ilişkisi geleneksel mimaride güneş ışınlamalarının kontrolü açısından başvurulan temel yöntemlerden biridir. Özellikle sıcak iklim bölgelerindeki geleneksel mimaride binalar arasında mesafe azaltılarak binaların birbirlerini ve sokakları gölgelemesi sağlanmıştır. Örneğin Mardin şehrinde sokak genişlikleri sokakların gün içerisinde gölgede kalmasını, binaların birbirine yakın olması da gölgeleme yaratarak binaların istenmeyen güneş ışınlamalarını önlemektedir (Şekil 1). Oluşturulan gölgeli yüzeyler sayesinde güneş ışınlamı kazancı kontrol altına alınmaktadır. Ayrıca binaların ayrı olarak inşa edilmesi yerine bitişik nizam olarak inşa edilmesi de dış ortamla temas halinde olan yüzey sayısını azalmaktadır. Böylece binaların dış yüzeyleri vasıtası ile ısı kazanç ve kayıpları kontrol altına alınmaktadır. Yapı kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri de güneş ışınlamadan kaynaklı ısı kazançları önemli ölçüde etkilemektedir. Yapı kabuğunun saydam bileşenlerinin büyüklüğü ve optik özellikleri saydam bileşenlerden iletilecek, yutulacak ve yansıtılacak güneş ışınlamı miktarını belirlemektedir. Saydam alanların büyüklüğü binaların güneş ışınlamı kazancının artmasına neden olmaktadır. Geniş saydam yüzeyler iletimini sağladıkları güneş ışınlamaları vasıtasıyla hacimlerin doğal aydınlatması ve pasif ısıtması açısından avantajlıdır. Ancak söz konusu avantaj iklim bölgesine göre değişkenlik göstermektedir. Örneğin soğuk iklim bölgelerinde geniş saydam yüzeyler pasif ısıtma açısından avantajlı olmasına karşın saydam bileşenlerin ısı depolama kapasitesinin düşük olması ve yüksek ısı iletkenlik özelliklerinden dolayı ısı kayıplarına neden olarak binanın enerji tüketimini olumsuz yönde etkilemektedir. Sıcak iklim bölgesinde ise geniş saydam yüzeyler optik özelliklerine bağlı olarak güneş ışınlamalarını iç mekâna iletmesi ile ısı kazancı arttırmakta ve soğutma enerjisi ihtiyacının artmasına neden olmaktadır. Saydam bileşenlerin ısı iletim katsayısı ve güneş ışınlamı toplam geçirgenlik değeri (Solar Heat Gain Coefficient: SHGC) özellikleri saydam bileşenlerden (Şekil 2) kaynaklı ısı kayıp ve kazançlarını belirlemektedir. Günümüzde geniş saydam yüzeylere sahip binalarda uygun saydam bileşen seçimi ile güneş ışınlamından kaynaklı ısı kazançları kontrol etmek mümkündür. Ancak ısı kazancın azaltılması için güneş ışınlamalarının kontrolü, soğutma enerjisi ihtiyacını azaltırken, iç mekâna iletilecek güneş ışınlamalarının azaltılmasıyla doğal aydınlatmayı ayrıca kış döneminde ısıtma ihtiyacını da olumsuz yönde etkileyerek binanın toplam enerji ihtiyacının artmasına neden olacaktır. Günümüzde bazı çok katlı ofis binalarının saydam bileşen özellikleri nedeniyle soğutma enerjisi tüketimi düşük seviyede gerçekleşirken aydınlatma enerjisi tüketiminin yüksek seviyede gerçekleştiği bilinmektedir (Yılmaz, 2005, s.387-398). Bu nedenle pasif soğutma tekniklerinin uygulanmasına karar verilmeden enerji performans analizlerinin bütüncül bir bakış açısı ile yapılması gerekmektedir.

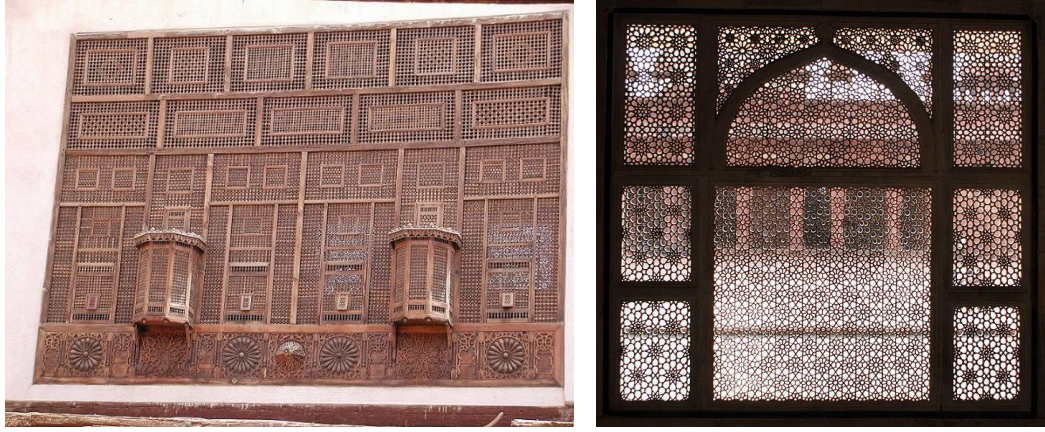


Şekil 1. Mardin sokakları (Manioğlu ve Yılmaz, 2008)

Pencere	Yatay Gölgeleme Elemanı	Yatay Çift Gölgeleme Elemanı	Tek Yöne Eğimli Gölgeleme Elemanı	Tek Yöne Eğimli Çift Gölgeleme Elemanı	Yatay Panjur	Yatay İç Yöne Eğimli Panjur
Yatay Dış Yöne Eğimli Panjur	Düsey Panjur	Tüm Cepheyi Kaplayan Güneş Kırıcı	Yarım Cepheyi Kaplayan Güneş Kırıcı	Cepheyi Yarım Kaplayan Panjur Güneş Kırıcı	Konsol Olarak Entegre Edilen Panjur	Pencere Çeperini Saran Gölgeleme Elemanı

Şekil 2. Gölgeleme elemanlarının bina kabuğuna entegrasyon türleri (Mandalaki vd.,2012)

Güneş kontrolü elemanları güneş ışınımının geçişini kontrol ederek güneş ışınımı kaynaklı ısı kazançlarının kontrol edilmesine olanak sağlamaktadır. Güneş kontrolü elemanları sabit veya hareketli olarak tasarlanabilmektedir. Şekil 2'de bina kabuğuna sabit olarak entegre edilebilen farklı tiplerde güneş kontrolü elemanları örnekleri görülmektedir. Sıcak iklim bölgelerindeki geleneksel konut mimarisinde gölgeleme elemanı kullanımı ile güneş ışınımı kaynaklı ısı kazançlarının kontrol altına alınması en yaygın kullanılan pasif soğutma tekniklerinin başında gelmektedir. Sıcak iklim bölgelerinde gölgeleme elemanları sabit ve hareketli olmak üzere bina kabuğunda yer alan saydam bileşenlere farklı şekillerde entegre edilebilmektedir. Hareketli gölgeleme elemanları özellikle güneş ışınımının az olduğu dönemlerde açılarak az seviyedeki yaygın güneş ışınımının bina içerisine alınarak aydınlatma enerjisi ihtiyacının azaltılmasına olanak sağlamaktadır. Güneş kontrolünü sağlayan elemanların karakteri bölgenin mimari tasarım yaklaşımına uygun olarak farklı malzemelerden, farklı boyutlarda yapılmaktadır. Söz konusu elemanlar, içerisinde en sık kullanılan meşrebiye ve panjurlardır. Meşrebiye, sadece pencere boşluğunu öretecek şekilde yapıldığı gibi tüm cepheyi kaplayacak şekilde de düzenlenebilir (Şekil 3). Meşrebiye elemanları güneş ışınımını kontrol etmesinin yanı sıra iç mekân ile dış ortam arasında görsel teması azaltarak kullanıcıların mahremiyetini de sağlamaktadır.



Şekil 3. Meşrebiye örnekleri (Mandalaki vd, 2019; Hillenbrand, 2004)

Güneş kontrol elemanlarının tesis edilmesinin dışında bina formunda oluşturulan girinti ve çıkıntılar ile de güneş ışınımının kontrolü sağlanmaktadır. Güneş kontrol elemanlarının etkin bir biçimde kullanılabilmesi için güneş ışınımının binaya geliş açısının analiz edilerek elemanların konumu, büyüklüğü ve açısı belirlenmelidir. Güneş ışınımı yıl içerisinde atmosferik olaylara göre farklı miktarlarda yeryüzüne ulaşmaktadır. Güneş ışınımı iklim bölgesi, coğrafi konumu ve binanın yapma çevre içerisindeki konumuna bağlı olarak ısıtma, soğutma ve aydınlatma enerjisi ihtiyaçlarına farklı oranlarda etki etmektedir. Bu nedenle güneş ışınımının kontrol edilmesinde iklim bölgesi ve bina tipolojisinin dikkate alınması büyük önem taşımaktadır. İklim elemanlarının etkisinin atmosferik olaylardan dolayı değişken olması bina kabuğuna tesis edilecek elemanların da dinamik bir yapıya sahip olmasını gerektirmektedir. Günümüzde gölgeleme elemanları bina otomasyon sistemi ile kontrol edilerek güneş ışınımı şiddeti, iç ortamdaki aydınlık düzeyi ve iç mekândaki ısı kazanç seviyesi gibi ölçütleri dikkate alarak kendini yeniden düzenleyebilecek yapıda tasarlanabilmektedir. Abu Dabi'de 2012 yılında tamamlanan 29 katlı, 145 metre yüksekliğe sahip Al Bahar Ofis Kulesi'nin bina kabuğu tasarımında hareketli gölgeleme elemanları bulunmaktadır (Şekil 4). Dış ve iç koşullara bağlı olarak bina otomasyon sistemi tarafından kontrol edilen hareketli gölgeleme elemanları güneş ışınımının daha etkin şekilde kontrol edilerek pasif kazançlara optimum şekilde katkıda bulunmasını sağlamaktadır. Al Bahar Ofis Kulesinde istenmeyen güneş ışınımının kontrolü sayesinde sabit gölgeleme elemanına sahip bina kabuğuna göre soğutma enerjisi tüketiminin %50 ila %81 arasında daha düşük seviyede olduğu tespit edilmiştir (Alkhayyat, 2013).



Şekil 4. Al Bahar Towers hareketli gölgeleme elemanı tasarımı (Cilento, K., 2012)

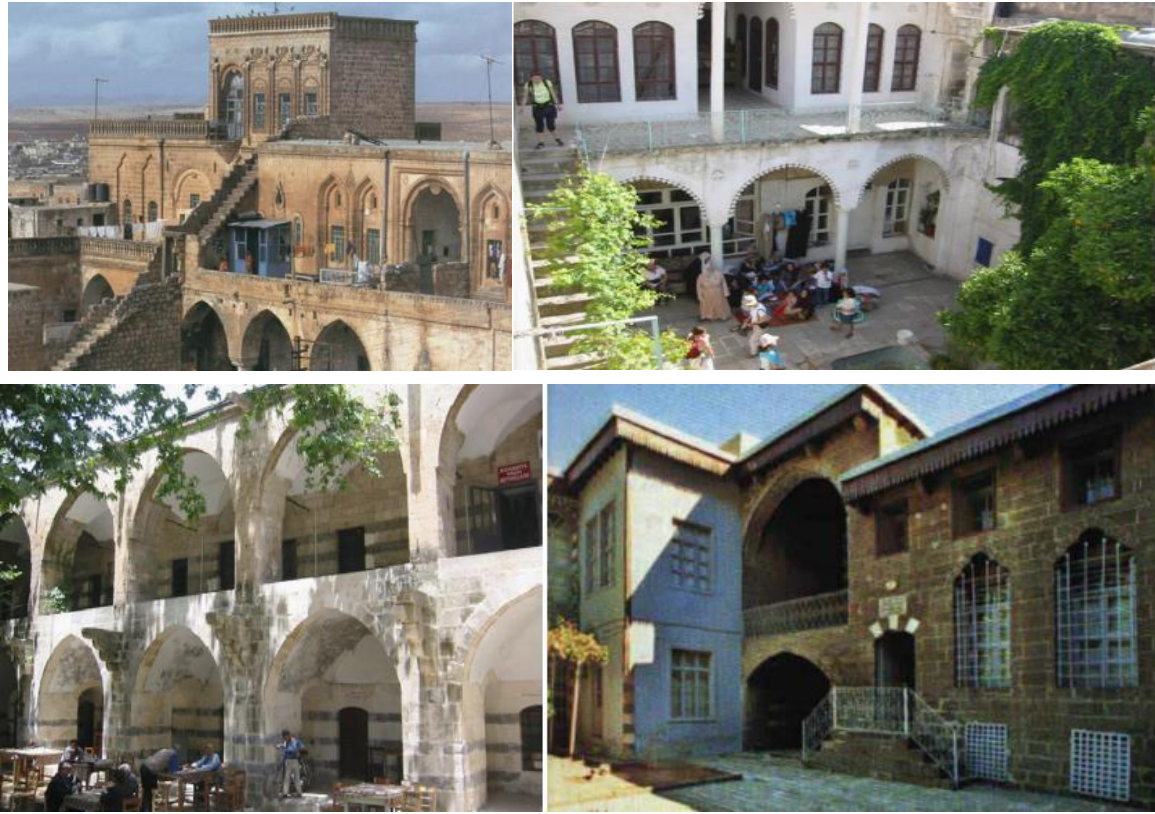
Binalarda kullanıcı ve cihazlardan kaynaklı iç kazançların binanın ısıtma ve soğutma enerjisi ihtiyacını etkilediği bilinmektedir (Barthelmes vd., 2016; Hyemi vd., 2018). Aydınlatma sistemindeki lambalar, bina tipolojisine bağlı olarak yer alan fırın, bilgisayar ve fotokopi makinesi gibi cihazlar ısı yayılımı sağlayarak ısı kazancı oluşturmaktadır. Özellikle sıcak iklim bölgelerinde kullanıcı sayısı ve cihazlara bağlı gerçekleşen iç ısı kazançları binanın soğutma enerjisi ihtiyacının artmasına neden olmaktadır. Söz

konusu cihazların daha az ısı yayılım gerçekleştiren cihazlarla değiştirilmesi binalarda iç ısı kazançlarının kontrol edilerek soğutma enerjisi ihtiyacının azaltılmasına katkı sağlayacaktır. Örneğin yüksek ısı kazancına ve enerji tüketimine sahip yapma ışık kaynaklarının kompakt floresan gibi yapma ışık kaynakları ile değiştirilmesi aydınlatma ve soğutma enerjisi tüketiminde tasarruf sağlayacaktır. Artan nüfus, kentleşme oranı ve gelişen teknoloji ile birlikte binalarda kişi başına düşen cihaz yoğunluğu da artmaktadır. Cihazların çalışması esnasında iletim, taşınım ve ısı yayılım ile oluşturduğu ısı kazancı ise gelişen teknolojiye bağlı olarak yıllar içerisinde azalmaktadır (Hyemi vd., 2018).

2.2. Isıl Modülasyon

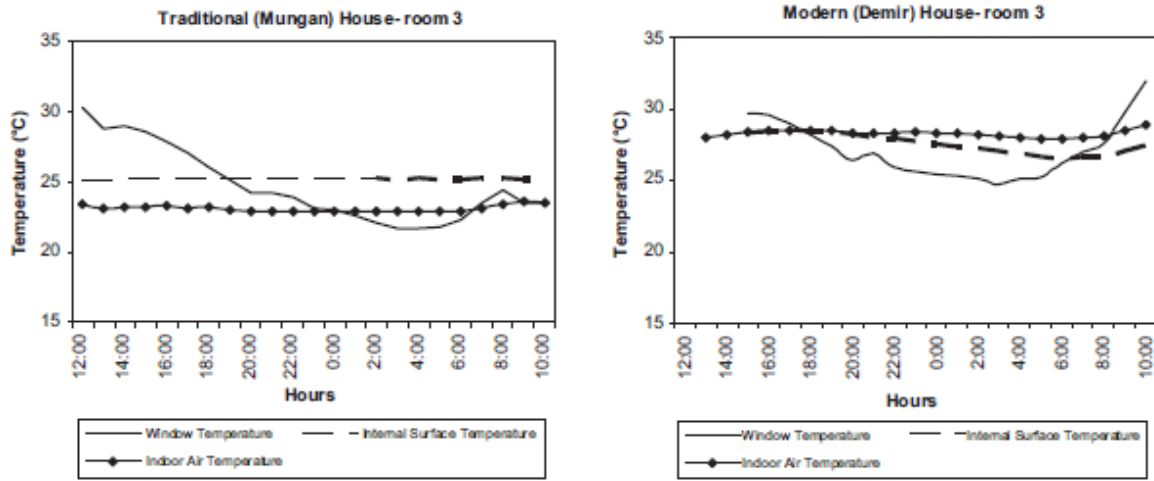
Isıl modülasyon, bina kabuğunda kullanılan malzemelerin özelliklerine bağlı olarak binanın ısı kazancının azaltılması ve/veya geciktirilmesidir. Isıl modülasyon, pasif soğutma teknikleri içerisinde en sık başvurulan tekniklerin başında gelmektedir. Termal kütle ve serbest soğutma ısı modülasyon teknikleri arasında yer almaktadır. Yapma çevre içerisinde bina tasarımında binalar arası mesafe, binanın konumu ve yönlendirilme durumu gibi ölçütler yapma çevre koşullarından dolayı istenilen şekilde düzenlenemeyebilir. Ancak yapı kabuğunun tasarımı ve malzeme tercihi yapma çevrenin kısıtlayıcı koşullarından bağımsız olarak mimarın tercihlerine bağlı olarak düzenlenmektedir. Bu nedenle yapma çevre içerisinde gerçekleştirilen mimari tasarımlarda bina kabuğuna ilişkin tercihler ve düzenlemeler pasif soğutma yöntemleri içerisinde uygulama kolaylığından dolayı en fazla kullanılan yöntemlerdir. Bina kabuğunun rengi opak bileşenler tarafından absorbe edilecek güneş ışınımı miktarını dolayısıyla pasif ısı kazancını belirlemektedir. Özellikle sıcak iklim bölgelerindeki geleneksel konut mimarisinde bina kabuğunda açık renklerin tercih edildiği görülmektedir. İsrail'in Hayfa kentinde yapılan deneysel bir çalışmada gaz beton malzemesine sahip çatının gri ve beyaz yüzey renklerine sahip olması durumlarındaki çatı dış yüzey sıcaklıkları ölçülerek karşılaştırılmıştır. Gri renge sahip çatının dış yüzey sıcaklığı 69°C iken beyaz renkli çatının dış yüzey sıcaklığı 27°C olarak ölçülmüştür (A. Al-Sallal, 2016).

Bina kabuğunun açık renkli olması bina kabuğuna gelen güneş ışınımının yansıtılarak binanın güneş ışınımından kaynaklı ısı kazançlarını kontrol altına alınmasını sağlayarak soğutma enerjisi ihtiyacını azaltmaktadır. Bina kabuğunda kullanılan malzemelerin termofiziksel özellikleri bina kabuğunun ısı depolama kapasitesini belirlemektedir. Bina kabuğunun genlik küçültme faktörü ve zaman geciktirme değerleri bina kabuğunun termal kütlesi ile ilgilidir. Termal kütle bina kabuğu içerisinde ısı enerjisinin depolanmasını yaz döneminde ısı kazançlarının iç mekâna gecikmeli olarak iletilmesini, kış dönemlerinde ise iç mekândan dış ortama doğru gerçekleşecek ısı kayıplarının daha yavaş gerçekleşerek iç mekânda konfor koşullarının daha uzun süre sabit tutulmasına olanak sağlamaktadır. Özellikle sıcak kuru iklim bölgelerinde yer alan geleneksel konut mimarisi örneklerinde bina kabuğunun açık renkli ve termal kütle özelliğine sahip olmasına sıkça rastlanmaktadır. Şekil 5'de Güneydoğu Anadolu bölgesinde Mardin, Urfa ve Diyarbakır'da yer alan çeşitli geleneksel yapıların bina kabuğu örnekleri görülmektedir. Binalar yöresel taş malzeme ile termal kütle özelliğine sahip olacak kalınlıkta inşa edilmiştir. Benzer termal kütleyle sahip bina kabuğu örnekleri İran, Irak ve Suriye gibi ülkelerin geleneksel konut mimari tasarımlarında da görülmektedir. Bina kabuğunun termal kütle özelliği sayesinde sıcak iklim bölgesinde olmasına karşın yapıların iç mekânlarında termal konfor koşulları daha pratik bir şekilde tesis edilebilmektedir. Yapma çevrenin, kısıtlayıcı koşullarından ve uygulanmasının diğer bileşenlere göre daha kolay olması gibi nedenlerden dolayı bina kabuğu tasarımı pasif soğutmada diğer bileşenlerden daha fazla uygulanan bir strateji olarak karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 5. Geleneksel konut mimarisinde termal kütleyle sahip bina kabuğu örnekleri (1- Mardin’de teras ev, 2- Urfa’da avlulu ev, 3- Urfa Gümrük Han, 4- Diyarbakır’da geleneksel konut (Manioğlu ve Yılmaz, 2008)

Yılmaz ve Manioğlu (2008) tarafından Mardin’de 2004 yılında gerçekleştirilen çalışmada geleneksel konut mimarisine sahip Mungan Evi ile yakın dönemde mevcut standartlar gözetilerek yapılan konut binasının (Yüksel Evi) düşey kabuklarının termal performansı, yüzey sıcaklıklarının ölçümleri ile karşılaştırılmıştır (Manioğlu ve Yılmaz, 2008). Termal kütleyle özelliği bulunan 1,2m kalınlıktaki Mungan evindeki yapı kabuğunun iç yüzey sıcaklık değişiminin stabil ve dış ortam sıcaklığından düşük olduğu bulgusu elde edilmiştir (Şekil 6) (Manioğlu ve Yılmaz, 2008). Geleneksel konutun yapı kabuğunu oluşturan kalın taş duvar termal kütle özelliği ile ısı kazancının yaz döneminde iç mekâna daha yavaş iletilmesini, kış döneminde ise iç mekândan dış mekâna doğru gerçekleşecek ısı kaybının daha yavaş gerçekleşmesi sağlamaktadır. Özellikle sıcak iklim bölgelerinde yapı kabuğunun termal kütle özelliği güneş ışınlarından kaynaklanan ısıl kazançların iç mekâna olan etkisini geciktirerek binanın soğutma ihtiyacını önemli ölçüde azaltmaktadır. Bina kabuğunun termal kütle özelliği kullanılan malzeme ve kalınlıklarına bağlı olarak değişmektedir. Geleneksel yapı malzemeleri sınırlı ısı depolama kapasitesi özelliğine sahiptir. Bina kabuğunda termal kütle etkisi oluşturmak için yapı malzemelerinin kalınlığının artırılması gerekmektedir. Ancak söz konusu artış yapım teknolojileri ve ağırlık artışından dolayı taşıyıcı sistem sınırlarını zorlamaktadır. Bu nedenle, bina kabuğunda termal kütle oluşturma yöntemi çok katlı gibi bina tipolojileri için uygulama ve maliyet açısından uygun olmamaktadır.



Şekil 6. Mungan evi ve Demir evi duvar yüzey sıcaklık değişimi grafikleri (Manioğlu ve Yılmaz, 2008)

Gizli ısının yapı malzemesi içinde depolanması termal kütle etkisinin artırılması için kullanılan bir yöntemdir. Faz değiştiren malzemeler, ısı enerjisini gizli ısı olarak depolayabilen malzemelerdir. Faz değiştiren malzemeler, yapı malzemeleri ve yapı elemanları ile farklı şekillerde bütünleştirilebilmektedir. Duvar, döşeme ve çatıya entegre edilen faz değiştiren malzemeler ile binanın güneş ışınımı kaynaklı ısı kazançlarını ve ısı kayıplarını kontrol etmek mümkündür. Bina kabuğunda faz değiştiren malzeme uygulamalarının enerji verimliliği bağlamında en etkin sonuçlar, gece ve gündüz döneminde sıcaklık farklarının yüksek olduğu karasal iklim bölgelerinde elde edilmektedir (Köse, 2019). Faz değiştiren malzemeler ile geleneksel yöntemlere göre daha ince kesite sahip yapı elemanları ile termal kütle performansı elde edilerek sadece ısıtma enerjisi ihtiyacı açısından değil soğutma enerjisi ihtiyacı açısından da tasarruf sağlamaktadır (Köse, 2019; Dnyandip vd, 2019).

2.3. Isının Dağıtılması

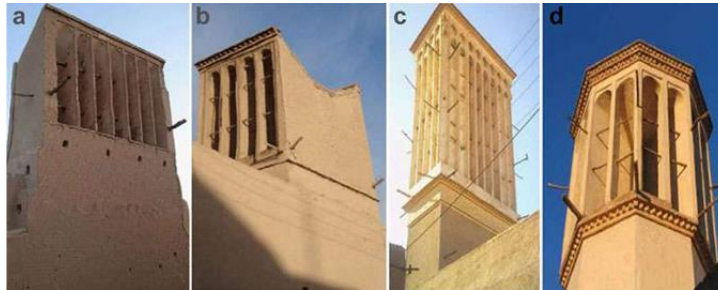
Isının dağıtılması tekniği diğer teknikler ile kontrol edilemeyen ısı kazancının bir soğutucu vasıtası ile dağıtılması, etkisinin azaltılmasıdır. Soğutucu olarak ortam havası, su ve toprak gibi doğal elemanlar kullanılmaktadır. Konveksiyon, buharlaşma ve ışınım ve toprak vasıtası ile yapılan soğutma yöntemleri kullanılmaktadır. Konveksiyon ile gerçekleştirilen soğutmada hava, soğutucu olarak kullanılır. Binanın fazla ısı kazancı çeşitli doğal havalandırma yöntemleri ile bina dışına atılmasıyla ısı dağılımı gerçekleşir. Doğal havalandırma aktif iklimlendirme sistemi kullanma kaynaklı enerji tüketimi, karbondioksit salımı ve iç hava kalitesinin azalması gibi olumsuzlukları da önlemektedir (Daghigh, 2015). Doğal havalandırma için gerekli olan itki gücü, basınç ve/veya sıcaklık farkı ile elde edilebilir. Basınç ve sıcaklık farklarının yetersiz kalması durumunda doğal havalandırmanın gerçekleşebilmesi için rüzgâr bacası veya rüzgâr kulesi gibi elemanlardan yararlanılmaktadır.

Badgel (Baud-geer: Farsçada rüzgâr tutucu anlamına gelmektedir), İran ve bazı Arap Körfezi ülkelerinin geleneksel mimarisinde kullanılan mimari bir pasif soğutma ve havalandırma elemanıdır (A. Al-Sallal, 2016). Badgel, geleneksel İran mimarisinin kimliğinin oluşumunda önemli bir bileşendir. Rüzgâr kuleleri özellikle sıcak iklim bölgelerinde sık kullanılan pasif soğutma yöntemlerinden biridir, kulelerin tasarımı bölgeye ve koşullara göre değişkenlik göstermektedir. (Şekil 7) (Bhanmare vd., 2019; Oudeh, 2018). Rüzgâr kuleleri baş ve taşıyıcı olmak üzere iki ana kısımdan oluşmaktadır.



Şekil 7. Rüzgâr kulesi örnekleri (Oudeh, 2018)

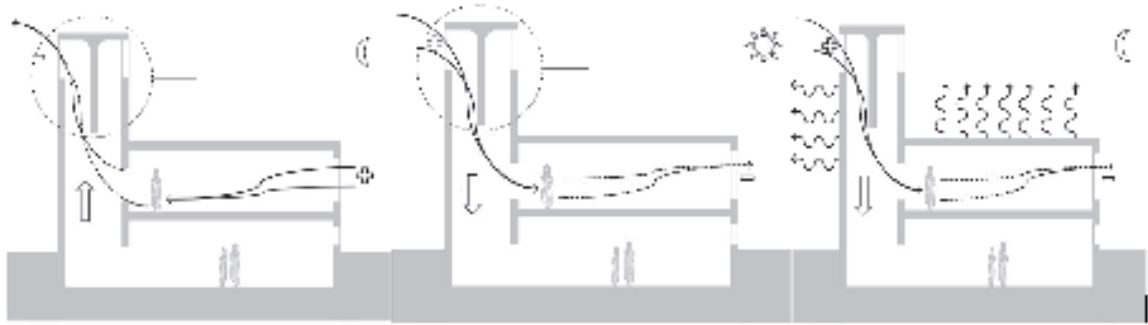
Rüzgâr kulelerinin yüksekliği, boyutları ve hava giriş çıkış noktaları rüzgâr yoğunluğuna, yönüne ve kent morfolojisine göre değişkenlik göstermektedir. Yükseklikleri çatı seviyesinden 1,5-2 metreden 30 metrelere kadar uzanmaktadır (Mahmoudi, 2006). Hava giriş ve çıkış noktaları ise kulelerde bir, iki, dört ve sekiz yönde olabilmektedir (Şekil 8) (Montezeri ve Azizian, 2008). Bu bağlamda kulelerin taban kesitleri de kare, dikdörtgen, daire veya sekizgen formda olabilmektedir (Şekil 9). Rüzgâr kulelerinin hava giriş ve çıkış noktaları hâkim rüzgâr yönüne göre teşkil edilmektedir. Deniz, nehir ve göl gibi su kaynaklarına yakın bölgelerden su kaynağı üzerinden gelen serin rüzgârları bina içerisine yönlendirmek için tek yönlü rüzgâr kuleleri tercih edilmektedir. Ayrıca tek yönlü rüzgâr kuleleri, yön sayısı fazla olanlara kule tipolojilerine göre uygulanmasının kolay olması ve ekonomikliği gibi nedenlerden dolayı daha yaygın şekilde tercih edilmiş, İran'ın Ardakan, Maybod, Mahan ve Bem şehirlerinde örnekleri yoğun şekilde görülmektedir (Hejazi ve Hejazi, 2014; Roaf, 1988). Rüzgârın yön değiştirdiği bölgelerde hava giriş noktası fazla olan rüzgâr kulesi tipolojileri tek yönlü rüzgâr kulelerine göre daha verimlidir (Melikoğlu, Bekleyen 2018).



Şekil 8. Tek (a), iki (b), dört (c) ve sekiz (d) yönden rüzgâr alan rüzgâr kulesi örnekleri İran (Montezeri ve Azizian, 2008)



Şekil 9. İran'da yapılmış farklı formlara sahip rüzgâr kulesi örnekleri (Montezeri ve Azizian, 2008)



Şekil 10. Rüzgâr kulesi çalışma prensibi (A. Al-Sallal, 2016)

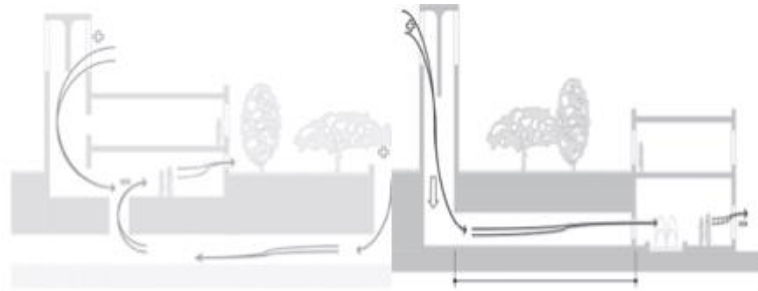
Rüzgâr kuleleri, hava giriş çıkış kanalları ile havalandırma bacası prensibi ile çalışmaktadır. Rüzgârın olduğu durumlarda temiz hava giriş kanalından iç mekâna alınır ve kirli ve ısınmış hava çıkış kanalından dışarı atılarak havalandırma sağlanmaktadır (Şekil 10). Rüzgârın olmadığı durumlarda giriş ve çıkış kanallarında depolanan ısı enerjisi kanal içerisindeki havanın sıcaklığını arttırarak havanın hareket etmesini sağlamaktadır. Rüzgâr kulesinin çalışması rüzgâr koşullarına ve günün saatine bağlı olarak dört farklı şekilde gerçekleşmektedir (A. Al-Sallal, 2016; Bahadori, 1978). Bunlar;

- Gece rüzgâr olmadığı zaman: Rüzgârın olmadığı dönemlerde rüzgâr kulesi baca özelliği göstermektedir. Gün içerisinde güneş ışınlamalarından kaynaklı ısı kazancı rüzgâr kulesinin duvarları tarafından absorbe edilmektedir. Depolanan ısı enerjisi, rüzgâr kulesi boşluğu içerisindeki boşlukta yer alan havaya aktarılarak boşluktaki havanın sıcaklığının artmasına neden olmaktadır. Sıcaklık farkı nedeniyle rüzgâr kulesi içerisindeki hava yukarı yönde hareket ederek bina dışına atılmaktadır.

Bina dışına atılan sıcak havanın yerini pencerelerden binaya giren serin hava kütleli almaktadır. Sıcaklığı yüksek havanın uzaklaştırılması ile soğutma sağlanmaktadır.

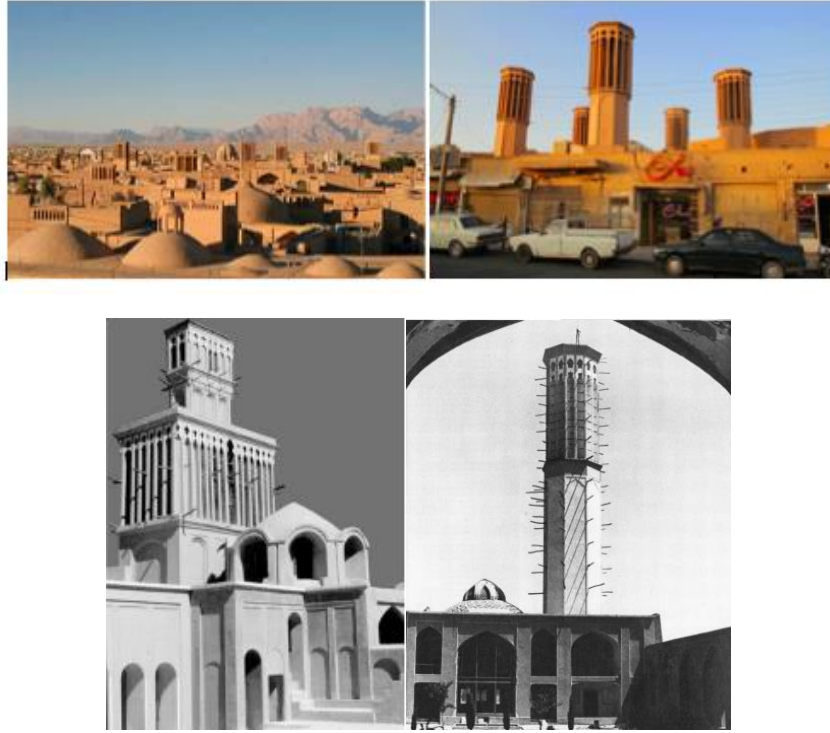
- Gün içerisinde rüzgâr olmadığı zaman: Gündüz rüzgârın olmadığı dönemlerde rüzgâr kulesi ters yönde çalışan bir baca görevini görmektedir. Rüzgâr kulesinin üst ve alt kısımlarındaki sıcaklık farkı nedeniyle oluşan ters yöndeki konveksiyon ile kulenin üst kısımlarındaki soğuk hava aşağı doğru hareket ederek iç mekâna ulaşır ve iç mekândaki sıcak havanın yerini kuleden gelen soğuk hava alır. Kule boşluğunun iç sıcaklığı ortam sıcaklığına ulaştığında kule tekrar baca gibi çalışmaya başlamaktadır.
- Gece ve gün içerisinde rüzgâr olduğu zaman: Kulenin üst kısmında yer alan giriş ve çıkış kanalları ile hava akımları yakalanarak iç mekânlara iletilir. Rüzgâr kulesinin pasif soğutmaya yüksek seviyede katkı yapabilmesi için azami miktarda rüzgârı bina içerisinde yönlendirebilmesi gerekmektedir. Rüzgâr kuleleri hâkim rüzgâr yönüne yönlendirilerek rüzgârın kulenin içerisine girdiği açıklıklar sabit olarak tanzim edilir. Ancak geleneksel mimaride bazı örneklerde rüzgârın kule içerisine girdiği açıklıkların bulunduğu kısmın hareketli yapılarak değişen rüzgâr yönüne göre kulenin yönlenmesi sağlanmıştır. Böylece rüzgâr yönünün değişimi kaynaklı verim kaybının önüne geçilmiştir. Rüzgârdan azami seviyede yararlanmak için rüzgâr kulesinin üst kısmının sabit inşa edilerek üzerinde yer alan açıklıkların kulenin her yönüne yerleştirildiği örnekler de bulunmaktadır (A. Al-Sallal, 2016). Rüzgâr kulesinin yüksekliğinin artırılması ile daha fazla rüzgâr akımının yakalaması hedeflenmektedir. Zemin veya komşu bina seviyesine yakın yapılan rüzgâr kuleleri komşu binaların rüzgârı engelleme potansiyeli nedeniyle daha az rüzgâr akımını bina iç mekânlarına yönlendirecektir. Ayrıca zemin seviyesine yakın inşa edilen rüzgâr kuleleri zemin seviyesindeki toz ve kirliliği de iç mekânlara iletme riskini taşımaktadır (A. Al-Sallal, 2016).

Suyun ısı depolama kapasitesi yüksektir. Bu nedenle su, ısı depolanmasında ve enerji iletilmesinde kullanılan bir akışkandır. Su hava ile temas ettiğinde havanın içerisinde bulunan ısı enerjisini emerek buharlaşır. Buharlaşma ile birlikte havanın sıcaklığı düşmektedir. Buharlaşma ile yapılan soğutma sıcaklığı yükselmiş havanın su ile temas etmesini sağlayarak bünyesindeki fazla ısı enerjisini suya aktarılması ile soğutmanın sağlanmasıdır. Geleneksel mimaride rüzgâr kuleleri ile yapılan soğutmanın performansını arttırmak için buharlaşma ile yapılan soğutma kullanılmıştır. Buharlaşmasının sağlanması için çeşitli teknikler kullanılmaktadır. Rüzgâr kulesinin içerisine veya bina içerisine su kaynağı yerleştirmek, rüzgâr kulesinin binadan daha uzakta konumlandırarak ve kule ile binayı toprak altından bağlayan bir havalandırma kanalı yapılması söz konusu tekniklerdir (Şekil 11) (A. Al-Sallal, 2016). Rüzgâr kulesinin binadan asgari 50 metre uzağa konumlandırılarak bina ile bağlantısı toprak altından giden bir hava kanalı ile sağlanmaktadır. Söz kanalın üzerinde yer alan toprak sulanarak kanalın nemli kalması sağlanmaktadır. Kanalın nemli yüzeyleri havadaki ısıyı emerek soğutma sağlamaktadır.



Şekil 11. Rüzgâr kulelerinde buharlaşma ile yapılan soğutma (A. Al-Sallal, 2016).

Rüzgâr bacalarının plan tipleri, kanal sayısı, malzeme ve yükseklik gibi özellikleri coğrafi bölge, iklim koşulları ve yapım pratikleri gibi ölçütlere göre değişkenlik göstermektedir. İran ve Körfez ülkelerinde sıkça kullanılan pasif soğutma bileşenidir. Özellikle İran'ın vernaküler mimari kimliğine önemli katkıda bulunmuştur (Şekil 12).

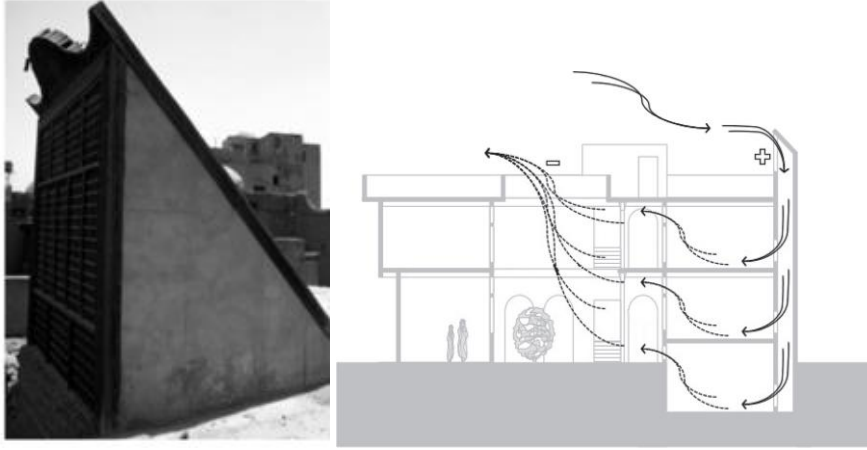


Şekil 12. İran'dan rüzgâr kulesi örnekleri (Patowary, 2015)

Rüzgâr kepçeleri hava giriş kanalı özelliğinden dolayı rüzgâr kulelerinden ayrılmaktadır. Rüzgâr kulelerinde hava giriş ve çıkışı için ayrı kanallar olmasına karşın rüzgâr kepçelerinde sadece rüzgârın giriş yapabileceği kanal yer almaktadır. Hava giriş kanalı hâkim rüzgâr yönüne yerleştirilmesi suretiyle rüzgâr kepçesi tarafından yakalanan hava akımı iç mekânlara iletilmekte, basınç farkı nedeniyle iç mekândaki hava, yapı kabuğundaki açıklıklar vasıtasıyla dışarı atılmaktadır. Rüzgâr kepçeleri Mısır, Irak, Afganistan ve Pakistan'da farklı şekilde adlandırılmaktadır. Mısır'da rüzgâr kepçeleri "malkaf" ya da "mokalaf" olarak adlandırılmaktadır (Bahramzadeh vd. , 2013). Malkaf Farsça kökenli, rüzgâr tutucu anlamına gelen bir kelimedir (A. Al-Sallal, 2016). Şekil 13'de Mısır'da yer alan bir Malkaf örneği görülmektedir. Malkaflar basınç farkı ile oluşan hava hareketi ile çalışmaktadır (Dnyandip vd. , 2019). Malkaf kuzey yönünden gelen soğuk rüzgârları bir ara bölge olarak planlanan eyvandan geçirerek binanın merkez bölgesine ulaştırmaktadır. Binanın merkez bölgesi üst kısımlarında açıklıklar bulunan tavan yüksekliği diğer hacimlere göre daha fazla olma özelliğe sahiptir. Merkez bölgede oluşan sıcaklık ve basınç farkı bu hacmin havalandırma ile soğutulmasına olanak sağlamaktadır (A. Al-Sallal, 2016). Mısır'da yapılan malkaflar, dikdörtgen planlı, hâkim rüzgâr yönü olan kuzey batıya yönlendirilmiş ve çatıları rüzgârı etkin bir şekilde yakalayabilmesi için 30°'lik açıya sahiptir (Melikoğlu, 2018; Bahramzadeh vd. , 2013).

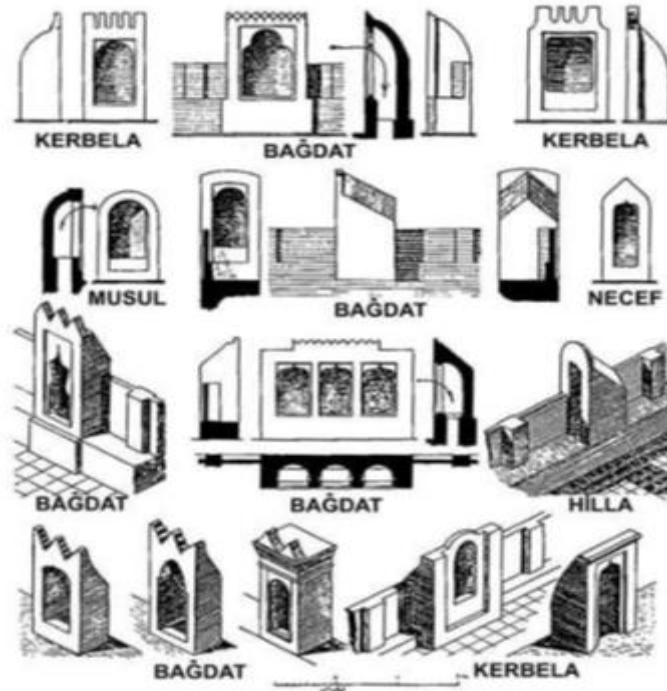


Şekil 13. Mısır'dan malkaf (Rüzgâr Kepçesi) örneği Al-Suhaymi Konağı (Melikoğlu, 2018)



Şekil 14. Bağdat'dan malkaf örneği (A. Al-Sallal, 2016)

Irak'ta rüzgâr kepçeleri "badgir" (baud geer) olarak adlandırılmaktadır. Şekil 14'de Bağdat'da yer alan bir malkaf görülmektedir (A. Al-Sallal, 2016). Söz konusu rüzgâr kepçesi dikdörtgen plan şemasına ve yaklaşık 2 metre yüksekliğe sahiptir. Rüzgâr kepçesinin 45°'lik açığa sahip çatısı tuğla ve ahşap malzemeden yapılmıştır (A. Al-Sallal, 2016). Gece saatlerinde soğuk rüzgârların rüzgâr kepçesi vasıtasıyla iç mekânlara alınması ve enerjinin termal kütleyle sahip kalın taş duvarlarda depolanması sağlanır. Gündüz saatlerinde rüzgâr ve kalın taş duvarların termal kütle etkisi ile sıcak hava binanın ortasında yer alan avlu vasıtasıyla bina dışına atılarak soğutma gerçekleştirilir. Rüzgâr kepçeleri Bağdat'ta konut mimarisinde hâlâ kullanılmaktadır. Her odanın kendine ait bir rüzgâr kepçesi bulunmakta, büyük odalarda birden fazla rüzgâr kepçesi kullanılmaktadır. Rüzgâr kepçelerinin şekli ve dekoratif özellikleri Bağdat, Kerbela, Musul, Necef, Hille gibi şehirlerde farklılık göstermektedir (Şekil 15) (Langenegger, 1911).



Şekil 15. Irak'ın farklı şehirlerinden rüzgâr kepçesi örnekleri (Langenegger, 1911)

İran'ın genelinde rüzgâr kepçeleri "badgir" (baud geer) olarak adlandırılmakta ve biçimsel olarak Afganistan'da yer alan rüzgâr kepçelerine benzemektedir (Şekil 16) (Sahebzadeh vd., 2017). Afganistan'da kullanılan rüzgâr kepçeleri diğer ülkelerde kullanılanların aksine daha küçük alana ve 1,5 metre yüksekliğe sahiptir (Aini, 2016).



Şekil 16. İran'ın Sistan vilayetinden rüzgâr kepçesi örneği (Langenegger, 1911)

“Badkhor”, Pakistan’da rüzgâr kepçelerine verilen isimdir. Rüzgâr kepçelerinin planı yaklaşık 1 metrekarelik alana sahipken yükseklikleri de 5 metreyi bulmaktadır (Bahadori ,1978; Bahadori ve Dehghani-sanij 2014). Irak’ta olduğu gibi Pakistan’da da rüzgâr kepçelerinin çatıları 45° açığa sahiptir. Haydarabad şehrinde rüzgâr kepçeleri yaklaşık 500 yıllık geçmişe sahip olup kentin mimari kimliğinde önemli bir yere sahiptir (Şekil 17) (Bahramzadeh vd. 2013).



Şekil 17. Pakistan’ın Haydarabad şehrinde rüzgâr kepçesi örneği (Melikoğlu 2018)

Ülkemizde rüzgâr kepçelerine örnekler ise Urfa ilimizde yer alan bazı geleneksel konutlarda karşımıza çıkmaktadır. Yahya Melikoğlu (2018) gerçekleştirdiği tez çalışmasında Şanlıurfa ilinde özgün yapıları bozulmadan ayakta kalan 5 adet rüzgâr kepçesi tespit etmiştir. Şanlıurfa ilinde yer alan geleneksel konutlarda bir veya iki adet rüzgâr kepçesine rastlanmaktadır (Melikoğlu 2018). Rüzgâr kepçeleri sayısına göre tek adet ise kuzey yönüne, iki adet ise kuzey ve batı veya kuzeybatıya yönlendirildiği tespit edilmiştir (Şekil 18) (Melikoğlu 2018). Rüzgâr kepçeleri ile yakalanan serin hava kanallar vasıtası ile eyvana iletilmektedir. Şanlıurfa’da yer alan rüzgâr kepçeleri biçimsel olarak Irak’taki örnekler ile benzerlik göstermektedir (Melikoğlu 2018). Şekil 19’da hem terasa çıkan merdivenkovanı hem de rüzgâr kepçesinin terastan ve sokaktan görünüşü ile günümüzde varlığını koruyan bazı rüzgâr kepçelerinin sokaktan görünüşü yer almaktadır.



Şekil 18. Şanlıurfa'dan rüzgâr kepçesi örneği (Melikoğlu 2018)



Şekil 19. Şanlıurfa'dan rüzgâr kepçesi örneği (Melikoğlu 2018)

3. SONUÇ

Binalarda konfor koşullarının sağlanması için tüketilen enerji ekonomik sorunlara, çevresel sorunlara ve sınırlı kaynakların tükenmesine neden olmaktadır. Binalarda enerji tüketiminin önemli kısmı binaların ısıtma, soğutma ve aydınlatma enerjisi ihtiyacı için gerçekleşmektedir. Bu nedenle binaların pasif sistem olarak tasarlanması binaların aktif sistemlere olan ihtiyacını azaltarak enerji tüketimlerini önemli ölçüde azaltacaktır. Fosil yakıt tüketiminin neden olduğu küresel ısınma ve iklim değişikliği olayları insan yaşamı için ciddi bir tehdit haline gelmiştir. Soğutma kaynaklı elektrik tüketiminin neden olduğu karbondioksit salımının engellenmesi için pasif soğutma yöntemlerinin uygulanması büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada binalarda pasif soğutma yöntemleri ve sıcak iklim bölgelerinde yer alan geleneksel konut mimarisindeki pasif soğutma yöntemlerinin uygulanma türleri aktarılmıştır.

Sıcak iklim bölgelerinde binaların enerji tüketiminin önemli kısmını soğutma enerjisi ihtiyacı oluşturmaktadır. Soğutmada kullanılan aktif sistemlerde yakıt olarak elektrik kullanılmaktadır. Tablo 1'de görüldüğü üzere Elektrik üretim şekline bağlı olarak birçok yakıt türünden daha fazla karbondioksit salımına neden olmaktadır (BEP-TR, 2010). Binalarda gerçekleşen soğutma enerjisi tüketiminin azaltılması enerji verimliliği ve karbondioksit salımının azaltılması açısından büyük önem taşımaktadır. Binalarda pasif soğutma yöntemlerinin kullanılması ile konfor koşullarının sağlanması mümkündür. Özellikle sıcak iklim bölgelerinde yer alan geleneksel konutlarda pasif soğutma yöntemlerinin başarılı bir şekilde uygulanabildiği görülmüştür. Geleneksel mimaride pasif soğutma yöntemlerinin kullanılma yoğunluğu ve şekli bölgelere göre farklılık göstermektedir. İncelenen örneklerde bölgenin iklim yapısına bağlı olarak tüm pasif soğutma stratejilerinin uygulanmaya

çalışıldığı görülmüştür. Yöntemler iklim, topoğrafya, yapım teknolojisi ve mimari kimlik gibi ölçütlere bağlı olarak farklı düzeylerde tercih edilmektedir. Kentsel doku ve topoğrafya rüzgâr kulesi ve/veya rüzgâr kepçesi gibi uygulamaların verimliliğini doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle özellikle rüzgâr kulesi ve rüzgâr kepçesi tasarımlarında ülkelere göre farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu farklılıklar, boyutlar, yükseklik ve çatı eğimi gibi özelliklerde karşımıza çıkmaktadır. Rüzgâr kuleleri ve kepçeleri incelendiğinde yüksekliklerinin 1 ila 5 metre olduğu, nadir olarak daha fazla yüksekliğe sahip oldukları tespit edilmiştir. Özellikle topografik özelliklere bağlı olarak rüzgâr kule ve kepçelerinin yüksekliklerinin değişkenlik gösterdiği görülmüştür. Yamaçlara yerleşilen kentlerde rüzgâr kulesi ve kepçesi yüksekliklerinin vadi tabanına yerleşen kentlerdekilere göre verim alınabilmesi için daha yüksek yapıldığı tespit edilmiştir. Pasif soğutma için kullanılan yöntemlerin bölgelerin mimari kimliğinin oluşmasında ve kentsel estetik üzerinde ciddi etkisi bulunmaktadır. Özellikle rüzgâr kulesi ve rüzgâr kepçeleri pasif soğutma bileşenlerinin bina tasarımına entegrasyonu İran ve Pakistan gibi ülkelerin bazı bölgelerinde mimari kimliğin oluşmasına önemli katkı sunmuştur.

Günümüzde binaların soğutma enerjisi tüketimlerinin azaltılmasında pasif soğutma yöntemlerinin mimari tasarıma adapte edilmesi büyük önem arz etmektedir. Ancak söz konusu adaptasyonun sınırlı düzeyde kaldığı görülmektedir. Özellikle rüzgâr kulesi ve rüzgâr kepçesi gibi uygulamalar günümüz mimari tasarımlarında sınırlı örneklerde karşımıza çıkmaktadır. Özellikle Ortadoğu bölgesinde yenilikçi rüzgâr kepçesi tasarımları karşımıza çıkmaktadır (Şekil 20 ve 21). Günümüzde ısı kazancın aktif gölgeleme elemanları ile kontrolünü sağlanması ve faz değiştiren malzemeler ile ısı kazançların modülasyonu gibi teknikler giderek daha sık şekilde kullanılmaktadır. Enerji verimliliği ve karbondioksit salımlarının azaltılması tasarımda bütüncül bir yaklaşımı zorunlu kılmaktadır. Bina tasarımında coğrafya, iklim ve bina tipolojisi dikkate alınarak binalar pasif sistem olarak tasarlanmalıdır.



Şekil 20. Masdar Enstitüsü binasından (Abu Dabi) rüzgâr kepçesi örneği (Melikoğlu 2018)



Şekil 21. Prensess Nora Üniversitesi Binasından (Suudi Arabistan) rüzgâr kepçesi örneği (Melikoğlu 2018)

EXTENDED ABSTRACT

Research Problem & Purpose

It is known that a significant part of the environmental problems is caused by energy and fossil fuel consumption, which are used by the buildings. A significant portion of the energy consumption in the buildings is carried out by heating, cooling, ventilation, and lighting in order to provide comfortable conditions inside them. Recently, energy efficiency is on the world agenda for reasons such as economic, sustainability, environmental, and energy supply security. Besides these, cooling energy consumption in the buildings, especially in the hot climate regions, constitutes a significant percentage of the energy consumption. Meeting the cooling energy need from non-renewable energy sources in order to ensure comfort conditions increases the energy cost and the carbon dioxide emission by using fossil fuel consumption. On the other hand, traditional architectural residences by their passive

system design reduce cooling energy consumption to a minimum while they provide comfortable conditions. An important portion of passive cooling techniques has been applied in traditional residence architectures, which are located in hot-humid climates, where the cooling need is high. While architectural solutions for these buildings' passive cooling systems provide energy efficiency without compromising thermal comfort conditions. As well as these solutions give architectural identity to the historical urban areas. The aim of this study is to introduce passive cooling methods and architectural design adaptation solutions. In this scope, the examples of these methods in traditional architectural designs will be examined too.

Methodology

Literature review was used as a method within the scope of the study. Within the scope of literature review, various post graduate thesis, articles, research article and research reports were scanned.

Findings

It has been observed that passive cooling methods can be applied successfully, especially in traditional houses located in hot climate regions. The intensity and form of using passive cooling methods in traditional architecture differ according to regions. In the samples examined, it was observed that all passive cooling strategies were tried to be applied depending on the climatic conditions of the region. Methods are preferred at different levels depending on criteria such as climate, topography, construction technology and architectural identity. Urban texture and topography directly affect the efficiency of applications such as wind tower and/or wind scoop. For this reason, it has been determined that there are differences according to countries, especially in wind tower and wind scoop designs. These differences appear in features such as dimensions, height and roof slope. When the wind towers and scoops were examined, it was determined that their heights were between 1 and 5 meters, and they rarely had more heights. It has been observed that the heights of the wind towers and scoops vary depending on the topographic features. It has been determined that the heights of the wind tower and scoop in the cities located on the slopes are higher than those in the cities located on the valley ground in order to obtain efficiency. The methods used for passive cooling have a serious impact on the formation of the architectural identity of the regions and on the urban aesthetics. In particular, the integration of passive cooling components of wind tower and wind scoops into building design has made a significant contribution to the formation of architectural identity in some regions of countries such as Iran and Pakistan. Nowadays, it is of great importance to adapt passive cooling methods to architectural design in reducing the cooling energy consumption of buildings. However, it is seen that the adaptation in question remains at a limited level. In particular, applications such as wind tower and wind scoop are encountered in limited examples in today's architectural designs. Especially in the Middle East region, innovative wind scoop designs emerge. Today, techniques such as controlling the thermal gain from sun light with active shading elements and modulation of thermal gains with phase change materials are used more frequently.

Conclusions and Recommendation

The energy consumed to provide comfort conditions in buildings causes economic problems, environmental problems and depletion of limited resources. A significant portion of the energy consumption in buildings is realized for the heating, cooling and lighting energy needs of the buildings. For this reason, designing buildings as passive system will reduce the need for active systems of buildings and significantly reduce energy consumption. Global warming and climate change events caused by fossil fuel consumption have become a serious threat to human life. It is of great importance to apply passive cooling methods in order to prevent carbon dioxide emissions caused by cooling-related electricity consumption. In hot climate regions, a significant part of the energy consumption of buildings is the need for cooling energy. Electricity is used as fuel in HVAC systems for cooling. Depending on the way electricity is produced, carbon dioxide emissions occur at different levels. Reducing the cooling energy consumption in buildings is of great importance in terms of energy efficiency and reduction of carbon dioxide emissions. It is possible to provide comfort conditions by using passive cooling methods in buildings. Energy efficiency and reduction of carbon dioxide emissions require a holistic approach in design. Buildings should be designed as passive systems by considering geography, climate and building typology in building design.

KAYNAKLAR

- A. Al-Sallal, kh., (2016). *Low Energy Low Carbon Architecture Recent Advances & Future Directions*. CRC Press.
- Aini, A. H., (2016). Numerical Study of Flow Patterns in the Windcatchers in Herat, Afghanistan By using Computational Fluid Dynamic, *International Multilingual Journal of Science and Technology*, 1(1):31-36
- Alkhayyat, J. (2013). *Design Strategy for Adaptive Kinetic Patterns: Creating a Generative Design for Dynamic Solar Shading Systems*, M.Sc thesis, University of Salford., Manchester, UK, pp. 78–80.

- Bahadori, M. N. ve Dehghani-sanij, A. (2014). Wind Towers: Architecture, *Climate and Sustainability*, Springer International Publishing, Sayfa:212. İsviçre.
- Bahadori, M., N., (1978). Passive cooling systems in Iranian architecture, *Sci. Am.*, 238(2), 144-154.
- Bahramzadeh, M., Sadeghi, B. ve Rou, S.S., (2013), A comparative study to compare the wind catcher types in the Architecture of Islamic Countries, *Journal Basic and Applied Scientific Research*, 3(2): 312-316.
- Barthelmes, V. ,M., Becchio, C. ve Corgnati, S., P., (2016). Occupant behavior lifestyles in a residential nearly zero energy building: Effect on energy use and thermal comfort, *Science and Technology for the Built Environment*, 22 (7), 960-975.
- BEP-TR, (2010). *Binalarda enerji verimliliği yönetmeliği*. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- Bhamare, DK. Rathod, M. ve Banerjee, J., (2019). Passive cooling techniques for building and their applicability in different climatic zones—The state of art, *Energy and Buildings*, 198, 467-490.
- Cilento, K., (2012). Al Bahar Towers Responsive Facade / Aedas, ArchDaily, <https://www.archdaily.com/270592/al-bahar-towers-responsive-facade-aedas> (Erişim Tarihi: 15 Ocak 2021)
- Daghigh, R., (2015). Assessing the thermal comfort and ventilation in Malaysia and the surrounding regions, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 48, 682-691.
- Dnyandip K. Bhamare, ManishK. Rathod , Jyotirmay Banerjee.(2019). Passive cooling techniques for building and their applicability in different climatic zones—The state of art, *Energy and Buildings*, 198, 467-490.
- Ellfeldt, A., (2020). The World Needs to Ramp Up Solutions for Greener Cooling, E&E News, Scientific American, <https://www.scientificamerican.com/article/the-world-needs-to-ramp-up-solutions-for-greener-cooling/> (Erişim tarihi: 15 Aralık 2020)
- Engin, N., (2012). Enerji etkin tasarımda pasif iklimlendirme: doğal havalandırma, *Tesisat Mühendisliği*, 129, 62-70.
- Hejazi, B. ve Hejazi, M., (2014). Persian wind towers: Architecture, cooling performance and seismic behaviour, *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, 9 (11): 56-70.
- Hillenbrand, R. (2004). *Islamic Architecture: Form, function and Meaning* ,Columbia University Press.
- Hyemi, K., Soon P., Kuyng ve Hwan Yong, K., (2018). Study on variation of internal heat gain in office buildings by chronology, *Energies*, 14 (4), 2-16.
- IEA (2019). World Energy Outlook 2019, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019> (Erişim tarihi: 20 Ekim 2020)
- Köse, E., (2019). *Binalarda enerji korunumu açısından yapı bileşenlerinde kullanılan faz değiştiren malzemelerin performansının değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Langenegger, F., (1911). *Die Baukunst des Iraq*, Gerhard Kuhtmann, Dresden.
- Mahmoudi, M., (2006). Wind catcher: An attractive and charming feature of Yazd city, *Bagh-e Nazar*, 3(5): 91-99.
- Mandalaki M., Zervas K, Tsoutsos T. ve Vazakas A., (2012). Assessment of fixed shading devices with integrated PV for efficient energy use, *Solar Energy*, 86-9, 2561-2575.
- Manioğlu, G. ve Yılmaz, Z., (2008). Energy efficient design strategies in the hot dry area of Turkey, *Building And Environment*, 43, 1301-1309.
- Melikoğlu, Y., (2018). *Geleneksel yaşam alanlarından öğrenilen sürdürülebilir dersler: Şanlıurfa'nın geleneksel rüzgâr yakalayıcıları*, Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır, Türkiye.
- Melikoğlu, Y. ve Bekleyen A. (2018). Şanlıurfa'nın Geleneksel Rüzgâr Yakalayıcıları: Kaybolan Bir Gelenek'in Günümüze Kadar Gelen Örnekleri, *ECJSE Journal*, 8,1, 268-286.
- Montezeri, H., ve Azizian, R., (2008). *Experimental study on natural ventilation performance of onesided wind catcher*, Building and Environment, 43(12): 2193-2202.
- Oudeh, Sh., (2018). *Sürdürülebilirlik bağlamında geleneksel ve yerel mimari: geleneksel İran mimarisi*, Yüksek Lisans Tezi, Beykent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Patowary, K., (2015). The Wind Catchers of Iran, *AmusingPlanet*, <https://www.amusingplanet.com/2015/02/the-wind-catchers-of-iran.html> (Erişim Tarihi: 8 Ocak 2021)

- Ritchie, H., Roser, M. ve Rosado, P. (2020) - "Energy". <https://ourworldindata.org/energy> (Erişim tarihi: 20 Ekim 2020)
- Roaf, S., (1998). *The wind catcher of Yazd*, (PhD Thesis), Oxford Polytechnic, Department of Architecture, Oxford, UK.
- Sahebzadeh, S., Heidari, A., Kamelnia, H. ve Baghbani, A., (2017). *Sustainability features of Iran's Vernacular Architecture: A comparative study between the architecture of hot-arid and hotarid-windy regions*, Sustainability, 9(5), Art. No. 749.
- Santamouris, M., ve Asimakopoulos, D., (1996). *Passive cooling of buildings*, Earthscan from Routledge.
- Yılmaz, Z., (2005). Akıllı Binalar, 7. *Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, 23-26 Kasım, 387-398.



KÜLTÜREL MİRAS YAPILARINDA TAŞ MALZEMENİN TAHRİBATSIZ XRF YÖNTEMİYLE ANALİZİ: ŞİRİNOĞLU HAMAMI ÖRNEĞİ

Gamze Fahriye PEHLİVAN ¹ 

¹ *Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mimarlık, Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi, Sivas, Türkiye.*

ÖZET

Kültürel mirasın korunmasında, koruma uzmanlarına düşen sorumluluk, korumanın en doğru ve sürdürülebilir yöntemini araştırmak ve uygulamaya sunmaktır. Doğru koruma yönteminin belirlenebilmesi için öncelikle doğru analiz yöntemlerinin tespit edilmesi gerekmektedir. Çalışmada kullanılan yöntem X-ışını Floresan (XRF) Spektroskopisi olup bu yöntem, yapı malzemesinin karakterizasyonunu ortaya koymaktadır. Bu teknik sayesinde, yapı malzemesinin elementel ve kimyasal yapısına yönelik sorulara net ve bilimsel cevaplar üretilebilmektedir. Bu çalışmayla, kültürel miras yapılarında yer alan yapı malzemelerinin ne olduğu, bunların kökeni, farklı görünen taşların neden farklı görüldüğüne yönelik sorulara cevap üretmek için tahribatsız, yapıya zarar vermeyen p-XRF yönteminin kullanımını teşvik etmek amaçlanmaktadır. Çalışma kapsamında ele alınan Şirinoğlu Hamamı, Sivas'ın tarihi kent merkezinde yer alan taş bir yapı olup bu analizi uygulamaya uygun bir örnektir. Hamamda birbirinden farklı görünen iki taş üzerinde p-XRF analizi yapılmıştır. Buna göre, bu taşların aynı taş ocağından getirilen kireç taşı olduğu tespit edilmiştir. Taşların birbirinden farklı görünmesi, bünyesinde barındırdığı SO₃ miktarlarındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır. Hamamın kent merkezinde yer alması sonucu hava ve kendi yakıtının kirliliğinden gelen sülfürden etkilendiği anlaşılmaktadır. Sülfürün taş üzerindeki etkisi, siyah kabuklanma olarak kendini göstermiştir. Yıllarca zemin seviyesinin altında kalan diğer taş ise kirliliğe maruz kalmamıştır. Siyah kabuklanmanın tespit edildiği taşların ivedilikle temizlenmesi gerekmektedir. Bunların yanı sıra, Sivas civarındaki kireç taşı ocaklarındaki numunelerin oksitli bileşikleriyle, incelenen hamama ait taşlarının oksitli bileşikleri karşılaştırılarak hangi taş ocağından getirilmiş olabileceğine yönelik tahminde bulunulmuştur. Böylelikle restorasyon öncesi, yenileme ya da bütünleme için kullanılması gereken taş ocaklarına yönelik öneri sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: *NDT (Tahribatsız muayene yöntemi), XRF, Şirinoğlu Hamamı*

ANALYSIS OF A CULTURAL HERITAGE BY NON-DESTRUCTIVE XRF METHOD: THE CASE OF SIRINOGLU BATHHOUSE

ABSTRACT

In the conservation of cultural heritage, the responsibility of conservation experts is to research and put into practice the most accurate and sustainable method of conservation. In order to determine the right conservation method, the right analysis methods must first be determined. The method used in the study is X-ray Fluorescence (XRF) Spectroscopy, which reveals the characterization of the building material. Thanks to this technique, clear and scientific answers can be produced to questions regarding the elemental and chemical structure of the building material. With this study, it is aimed to encourage the use of the non-destructive, not damaging the building, p-XRF method to answer questions about what the building materials in cultural heritage buildings are, what are their origin, why the stones that seems different look different. The Şirinoğlu Bathhouse, which is considered within the scope of the study, is a stone building located in the historical city center of Sivas and is an example suitable for application of this analysis. P-XRF analysis was performed on two stones that looked different from each other in the bathhouse. Accordingly, it was determined that these stones were limestone brought from the same quarry. The reason why the stones look different from each other is the difference in the amount of SO₃ they contain. As a result of the fact that the bath is located in the city center, it is understood that it is affected by air pollution and sulfur from the pollution of its own fuel. The effect of sulfur on the stone manifested itself as black crusting. The other stone,

which remained below ground level for years, was not exposed to pollution. Stones where black crusting is detected need to be cleaned urgently. In addition to these, the oxidized compounds of the samples in the limestone quarries around Sivas were compared with the oxidized compounds of the stones belonging to the bath examined and an estimate was made as to which quarry they could have been brought. Thus, a proposal was presented for quarries that should be used for renovation or reintegration before restoration.

Keywords: *NDT (Non-destructive testing method), XRF, Şirinoğlu Bathhouse*

Sorumlu Yazar : Gamze Fahriye Pehlivan

Makale Geliş Tarihi : 16.10.2022

Makale Kabul Tarihi : 28.11.2022

Makale Künye Bilgisi : Pehlivan, G. F. (2022). Kültürel miras yapılarında taş malzemenin tahribatsız XRF yöntemiyle analizi: Şirinoğlu Hamamı örneği. *KAPU Trakya Journal of Architecture and Design*, 2(2), 57-68.

1. GİRİŞ

Bir kültürel mirasın doğru restorasyonunun yapılabilmesi için doğru müdahale kararlarının alınması gerekmektedir. Doğru kararların alınabilmesi, bilimsel bir araştırma sürecinin yönetilmesiyle gerçekleşebilir. Araştırma sürecini yöneten mimarlar, sanat tarihçileri, arkeologlar ve konservatörler, tarihi, arkeolojik ve sanat tarihi araştırmalarında, üslupsal karşılaştırma, stil kritiği, arşiv araştırması, literatür taraması yaparak incelenen eserin ne olduğu, ne zaman, kim tarafından yapıldığı, nasıl bir değişim geçirdiği ve neye maruz kaldığı, tasarımın taşıdığı sanatsal anlayışın ne olduğu sorularını yanıtlamaya çalışmaktadırlar (Ahunbay, 2009). Teknik araştırmalar aşamasında, incelenen kültürel mirasın ya da miras ögesinin strüktürel durumu, yapı malzemesinin kökeni, fiziksel özellikleri, kimyasal yapısı ve bozulmaları analiz edilmektedir (Mantler ve Schreiner 2000). Bu analizlerden bazıları için gözle muayene yeterli olurken, bazıları için ileri teknoloji analiz yöntemlerini kullanmak gerekmektedir.

Analizlerde tahribatlı, yarı tahribatlı ve tahribatsız birçok muayene yöntemi kullanılmaktadır. Mimari, sismik ve enerjiyle ilgili bazı araştırmalarda; numune alma, titreşim, hidrolik kriko ve termal şok uygulamaları yapılmaktadır. Bu uygulamalar, az ya da çok yapıya zarar verdiğinden, tahribatlı ve yarı tahribatlı muayene yöntemleri olarak kabul edilmektedir (Tejedor vd., 2022).

Tahribatsız muayene yöntemleri ise invaziv olmayan, delme, kazma içermeyen, orijinal yapının kompozisyonunu bozmayan ve şeklini değiştirmeyen, kısacası kültürel mirasa zarar vermeden teşhis ve tanımlama yapabilmeyi sağlayan, X-ışını floresan (XRF) spektrumu, kızılötesi termografi (IRT), radyografi, hava sızdırmazlık testi, ısı akısı ölçümleri, sonik ve ultrasonik ölçümler, fotogrametri, lazer tarama, holografi hatta yapay sinir ağları gibi tekniklerdir (Venkataraman vd., 2001; Sfarra vd., 2014; Ferreira vd., 2021, Tejedor vd., 2022).

Ele alınan yapının eskilik değeri, tarihi belge değeri, sanatsal değeri, özgünlüğü ve bütünlüğü (ICOMOS, 2013) düşünüldüğünde (1. ya da 2. grup yapılar), mümkün olduğunca tahribatsız muayene yöntemlerinin (NDT) tercih edilmesi daha doğru bir karar olacaktır. Ayrıca koruma uzmanları da NDT tekniklerinin kullanılmasını tavsiye etmektedir (Shrestha vd., 2022). Bu teknikte, yapıdan numune alınmasına gerek kalmadan herhangi bir hasar oluşturmadan analiz yapılabilmektedir.

Bu çalışmada, bir kültürel miras örneği üzerinde tahribatsız muayene yöntemlerinden biri olan X-ışını Floresan (XRF) Spektroskopisi yaparak, temassız ve zararsız bu tekniğin kullanımını teşvik etmek amaçlanmaktadır. Ayrıca bu çalışmayla ilgili yapı malzemesinin ne olduğunu tespit etmek ve bunun kökenine yönelik tahminlerin yapılmasını sağlamak hedeflenmektedir. Gelecekte yapılacak olan restorasyonun ön hazırlık aşamasındaki teknik araştırmalara yönelik aydınlatıcı olmak da çalışmanın amaçları arasında yer almaktadır.

Çalışma kapsamında, Sivas'ın kent merkezinde yer alan, atmosfer kirliliğinden etkilenmiş ve yakın zamanda restorasyon geçirmemiş yığma taş bir hamam materyal olarak ele alınmıştır. Hamamda birbirinden farklı görünen iki taşın neden farklı olduğunu araştırmak, bu çalışmanın bir diğer problemini oluşturmaktadır. Taşınabilir XRF (p-XRF) cihazıyla yapılan analiz sonucunda, taşların elementel analizi ve oksitli bileşiklerin yüzdeleri tespit edilerek belirtilen problemin yanıtlanmasına yönelik bir yöntem sunmak çalışmanın bir diğer amacıdır.

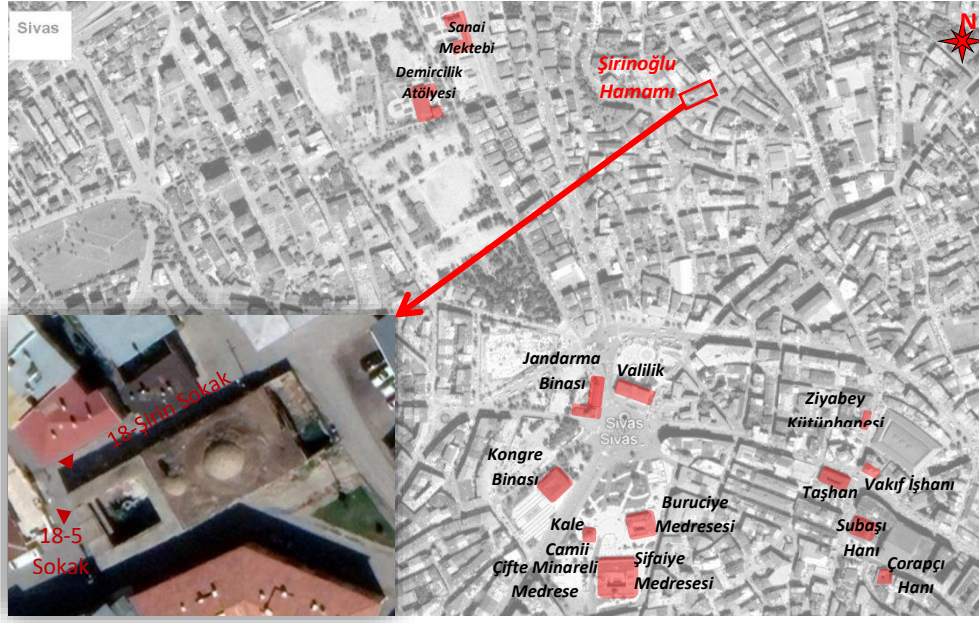
2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Sivas'ın tarihi kent merkezi, mektep, medrese, kütüphane, cami, valilik, jandarma binası, han gibi birçok kültür mirasına ev sahipliği yapmaktadır (Şekil1). Sivas için hamam kültürünün önemi ve kadim bir gelenek olan bu kültürün aktif olarak hâlâ yaşatılıyor olması, ticaret ve konut fonksiyonlarının bir arada bulunduğu kent merkezinde, hamamların sayıca neden çok olduğunu açıklamaktadır. Bu hamamlardan biri de çalışmanın materyalini oluşturan Şirinoğlu Hamamı'dır.

Akdeğirmen Mahallesi, 161 pafta, 90 ada, 1 parselde yer alan Şirinoğlu Hamamı'nın, dört tarafı yolla çevrilidir (Şekil 1). Güneybatısındaki 18-5 Sokak'tan ve kuzeybatısındaki 18-Şirin Sokak'tan girişi bulunmaktadır. Hamam, Kültür Varlıkları Koruma Bölge Kurulu'nun 20.10.1990 tarihli ve 851 numaralı kararıyla tescillenmiştir (Pürlü vd., 2011). 1991 yılında çıkan yangında hamamın soyunmalık bölümü

ve kubbesi zarar görmüştür (Denizli, 1998). Hamam çok uzun yıllar kullanılmış olmasına rağmen, günümüzde kullanılamaz hale gelmiştir.



Şekil 1. Şirinoğlu Hamamı'nın konumu (Google Earth, 2022)

Hamam, soyunmalık, ılıklik, sıcaklık, su deposu ve külhan bölümlerinden oluşmaktadır. Soyunmalık bölümü iki katlı olup zemin katı yığma kesme taş; üst katı betonarme döşeme üzerine, tuğla duvarla muhdes yapılmıştır. Bu katın tavanını oluşturan betonarme döşeme sehim yapmış olup yıkılma tehlikesi altındadır (Şekil 2-3). Güneybatıya bakan duvarları yıkılmış olup kuzeybatısındaki duvarda 4 adet, güneydoğusundaki duvarda 3 adet pencere görülmektedir. Pencerelemin bazılarınin kasa ve kanatları bulunmamaktadır. Üst kattaki duvarların sıvaları döküldüğünden tuğla duvarlar açığa çıkmıştır. Hamamın ılıklik ve sıcaklık bölümleri ile soyunmalık bölümlerinin farklı zamanlarda yapıldığı, kesme taşın duvar örgü şekline anlaşılmaktadır. Bu bölümün cephesi boyunca taş saçak devam etmekte olup cephenin ortasında, kubbe hizasında üçgen alınlık, çörtlenler ve bacalar bulunmaktadır. Toprak dolgu olan çatı üzerinde gelişmiş bitki oluşumu meydana gelmiştir. Cephelerde de bitki oluşumu, taş bozulması, grafiti vb. problemler mevcuttur.



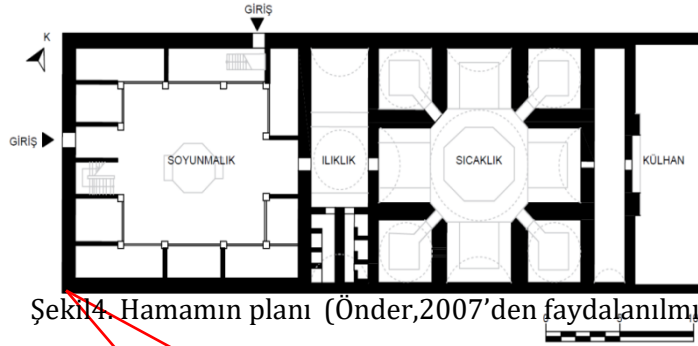
Şekil 2. Şirinoğlu Hamamı Güneybatı cephesi (Kişisel Arşiv, 2021)

Güneybatı cephesinin kapısı, Bursa kemerli ve profillidir. Bu kapının üzerinde üçgen alınlık, alınlığın içinde kitabe yer almaktadır. Kitabeye göre 1904 yılında inşa edilmiş olup 1960 yılında onarılmıştır (Şekil 2), (Acun, 1988; Denizli, 1998; Önder, 2007; Pürlü vd., 2011). Alınlığın üzerinde sonradan eklenmiş bir kemer bulunmaktadır. Kuzeybatı cephesinde de profilsiz söveli bir giriş kapısı bulunmaktadır. Bu cephede, yol açılması çalışmaları sırasında yol kotunun yükseltildiği gözlemlenmektedir (Önder, 2007).

Çalışmanın konusunu, hamamın taşlarının elementel analizi ve köken tahmini oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra, yerinde yapılan incelemelerde, hamamın bazı taşlarının diğerlerinden farklı görüldüğü tespit edilmiştir. Bunun sebebini araştırmak amacıyla, fotoğrafta Taş-1 ve Taş-2 olarak gösterilen iki taşa da analiz yapılmıştır (Şekil 3-4-5).



Şekil 3. XRF analizinin yapıldığı Güneydoğu cephesi (Kişisel Arşiv, 2021)



Şekil 4. Hamamın planı (Önder,2007'den faydalanılmıştır.)



Şekil 5. XRF analizinin yapıldığı (Kişisel Arşiv, 2021)

2.2. Yöntem

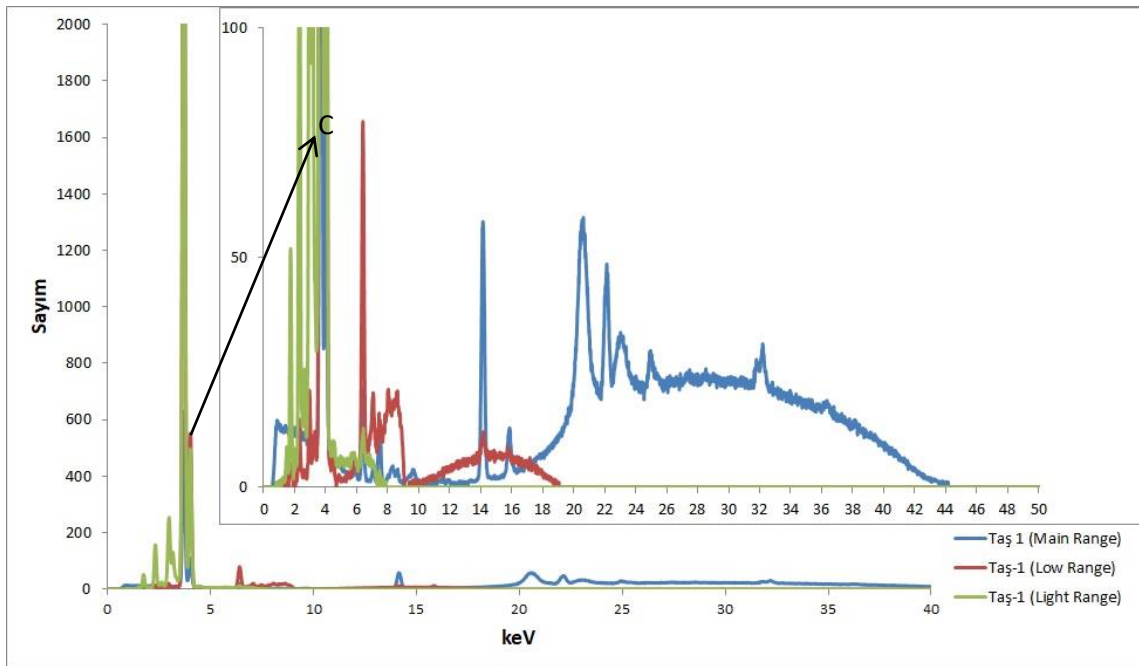
Bu çalışmada, NDT tekniklerinden X-ışını Floresan (XRF) spektrometresi kullanılmıştır. Bu analiz yönteminde, incelenen kültür varlığına, X ışını verilerek elektronların yer değiştirmesi sağlanır. Bu esnada oluşan enerji kaybı, floresan yayılımı olarak tezahür eder. Floresan, belirli elementlerde tepe noktaları oluşturarak spektrumda görünür. Elementlerin kendine özgü tepe noktaları, bu elementlerin ne olduğunun tespit edilmesinde kullanılmaktadır (Jenkins, 1999; Shackley, 2014).

Geleneksel XRF analizi için miras yapısından numune alınması, numunenin öğütülmesi ve elekten geçirilmesi gerekmektedir. Oysaki bu işlemler, yapıya zarar verme, iş yükünün artması, zaman kaybı, yasal izinlerin alınmasındaki güçlük gibi problemleri de beraberinde getirmektedir (Shackley, 2014). Bunun yerine taşınabilir XRF (p-XRF) cihazıyla, yerinde ve temassız analiz yapılabilmektedir (Pecchioni vd., 2021; Pehlivan 2022). P-XRF analizinin, zararsız, hızlı ve kolay uygulanabilir olması, daha az hazırlık gerektirmesi ve iyi uzamsal çözünürlüğe sahip olması gibi avantajları bulunmaktadır (Shackley, 2014; Saverwyns vd., 2018; Donais vd., 2020). Dezavantajları ise bazı elementlere, küçük tanecik boyutuna, yüzey pürüzlüğüne, hava durumuna ve su içeriğine karşı duyarlı olmasıdır (Shackley ve Dillian, 2002; Liritzis ve Zacharias, 2010; Shackley, 2011; Shackley, 2014). Güvenilirliği ve geçerliliği ispatlanmış p-XRF analizi, incelenen kültür varlığının ne olduğunu ve kökenini anlamaya yönelik bazı soruları yanıtlarak kültürel mirasın restorasyonu öncesindeki ön hazırlık çalışmalarında kullanıldığı söylenebilir (Sfarra vd., 2014; Donais vd., 2020; Saverwyns vd., 2018; Trojek ve Hložek, 2022).

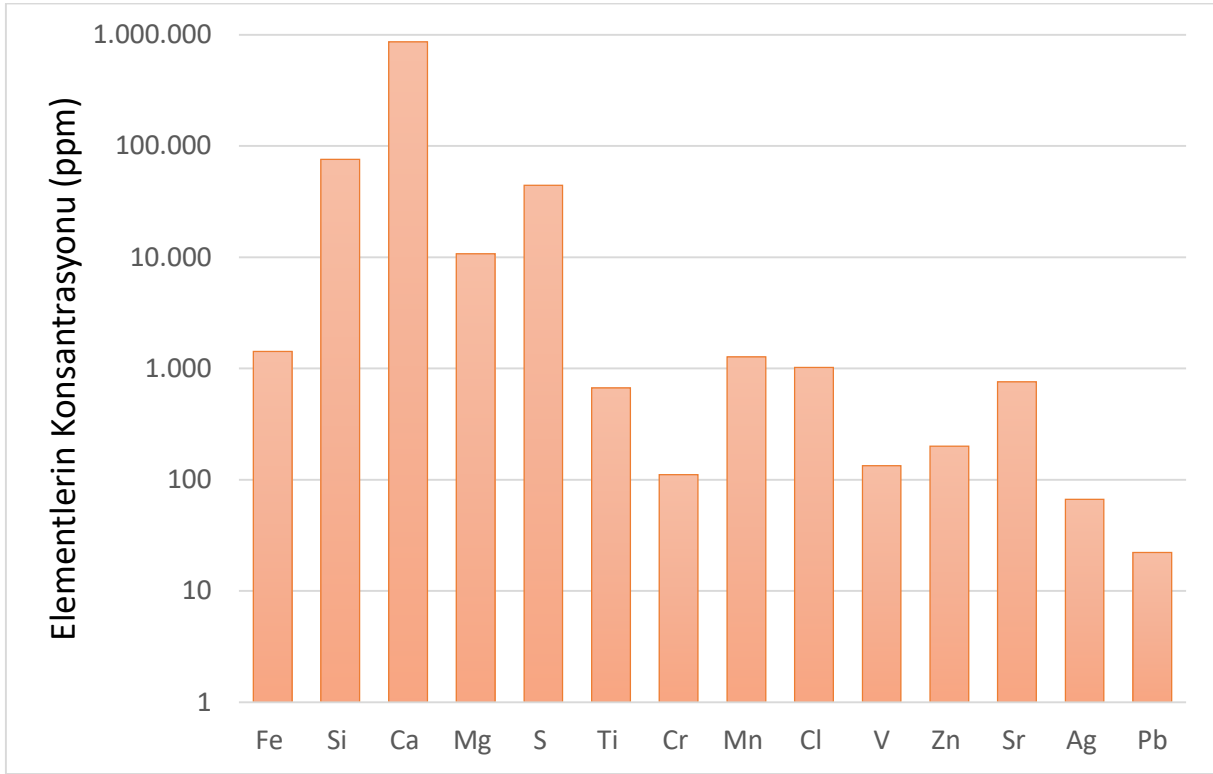
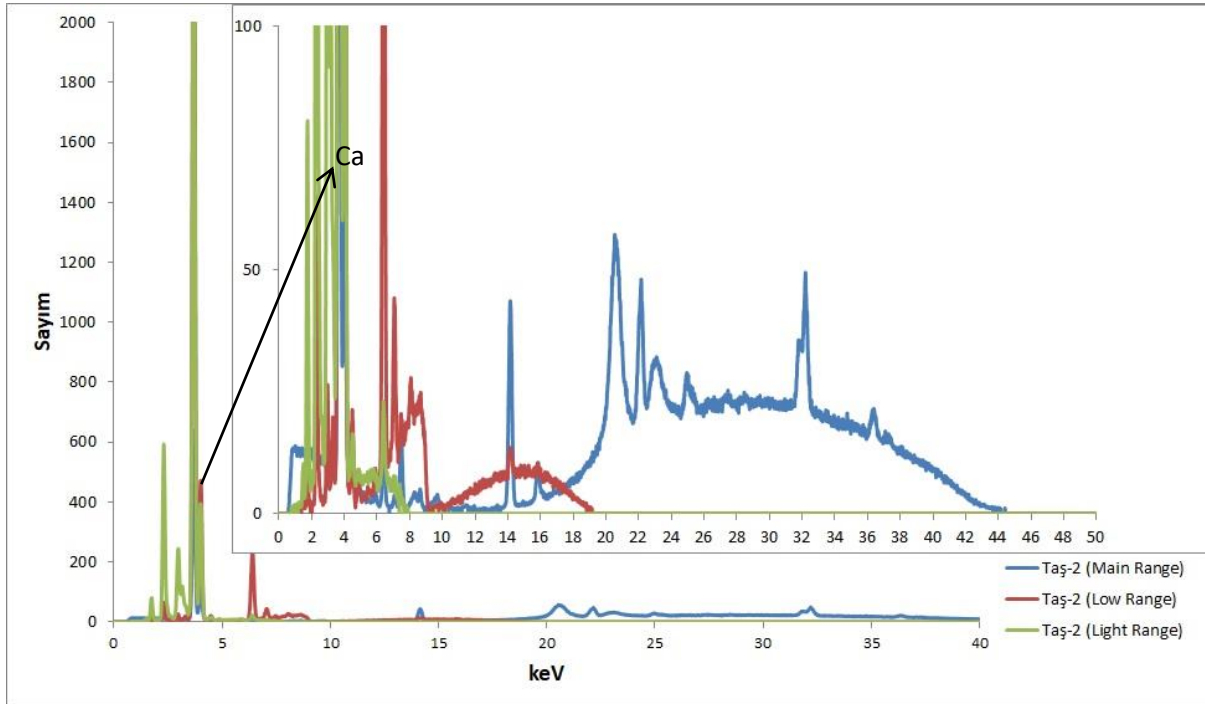
Çalışmada kullanılan cihaz, Thermo Scientific marka, Niton XL3 modeldir. Taşınabilir olması, yüzeyden 1 mm uzaklıktan temassız veri toplayabilme imkânı tanımıştır. İncelenen örnek, düzgün kesme taş olup yüzey pürüzlülüğü ya da küçük tanecik boyutu problemi bulunmamaktadır. Uygulama için yağışsız, güneşli bir gün tercih edilmiş olup anlık hava sıcaklığı 21°C ve rüzgâr güneydoğundan 2 km/s olduğundan, ölçümün nemden etkilenmesi söz konusu değildir (MGM, 2021).

3. BULGULAR

Taş-1 ve Taş-2'nin XRF spektrumları keV cinsinden grafik olarak sunulmuştur. XRF analizi sonucu elde edilen verilerden elementlerin konsantrasyonu hesaplanmış ve grafik haline dönüştürülmüştür. Analizde tespit edilemeyen, elementlere grafikte yer verilmemiş olup sonuçlar ppm'e göre hazırlanmıştır (Şekil 6, 7, 8 ve 9).

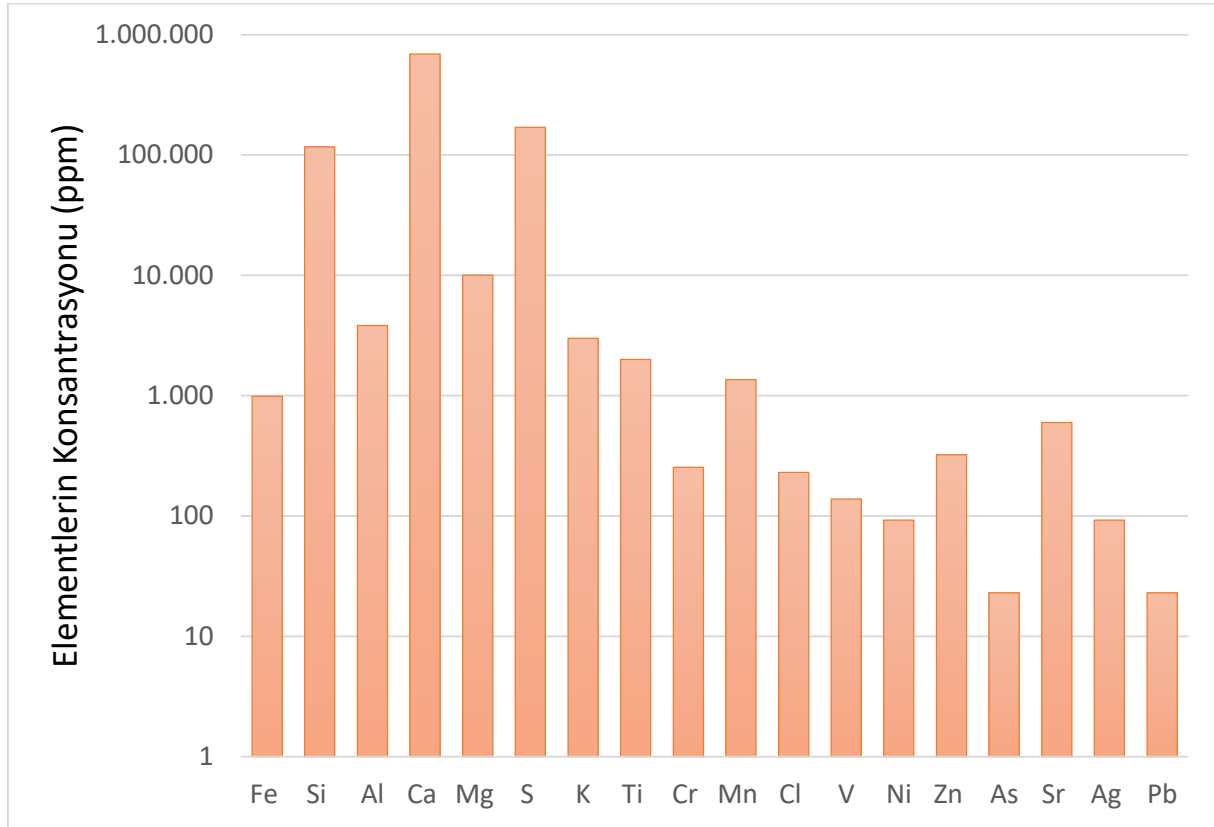


Şekil 6. Taş-1'in XRF spektrumu

Şekil 7. Taş-1'in Element konsantrasyonu¹

Şekil 8. Taş-2'nin XRF spektrumu

¹ Taşın element konsantrasyonları çok düşük olduğundan logaritmik grafik olarak ifade edilmiştir.



Şekil 9. Taş-2'nin Element konsantrasyonu²

XRF analizi sonucunda elde edilen logaritmik elementel konsantrasyon grafikleri ve XRF spektrumları değerlendirildiğinde, iki taşın elementlerinin derişim oranları birbirine çok yakındır. Bu durum, bu iki taşın aynı tür ve aynı ocaktan getirilen taşlar olduğunu ispatlamaktadır (Şekil 6, 7, 8 ve 9).

Elementlerin yüzdelik dağılımda Ca oranının yüksek olması ve Mg oranının %1 civarında olması taşların dolomit değil, kireç taşı olduğunu ifade etmektedir. Ca elementi Taş-1'de %92,2; Taş-2'de %71,1 olarak tespit edilmiştir. XRF cihazı, taşın sadece yüzeyindeki elementleri ölçebilen bir cihaz olduğundan, Ca'nın yüzeyde ya da derinde birikme durumu, bu yüzdelik değişimi etkilemektedir (Şekil 6, 7, 8 ve 9).

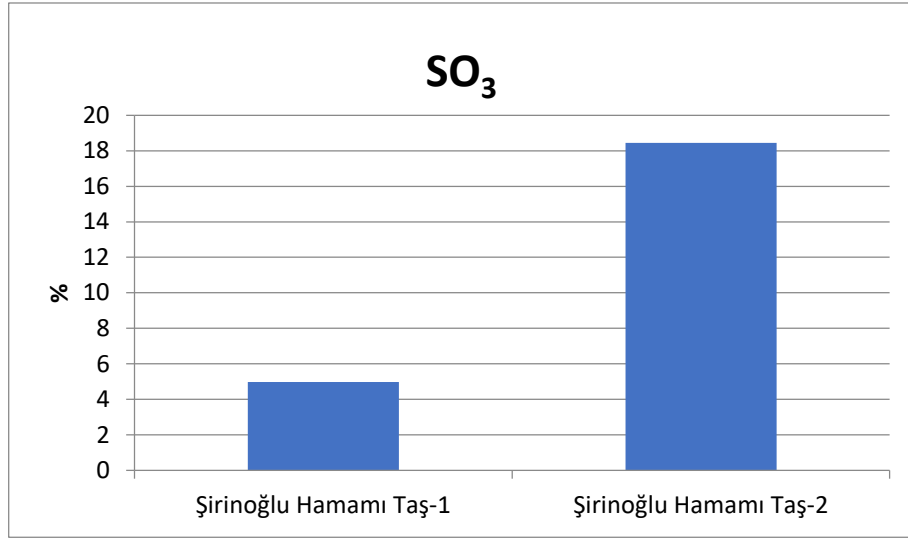
Taşta eser miktarda görülen Sr oranı, taşın yerel bir taş olduğu fikrini desteklemektedir. Çünkü Sivas civarındaki taş ocaklarında, hatta yapılarda kullanılan harçlarda bile, eser element olarak Sr'nin bulunduğu bilinmektedir (Giuseppe vd., 2021; Sinanoğlu ve Şaşmaz, 2019; Kurugöl ve Tekin, 2011; Palmer vd., 2004; Tekin, 2001).

Taşa rengini veren Fe, Mn gibi mineraller incelendiğinde, bunların oranlarının %0,10-0,14 aralığında değiştiği görülmektedir. Bu mineraller, eser miktarda olduğundan, gözle görünür düzeyde renk değişimi oluşturmazlar. Kireç taşlarının tipik rengi beyaz olmasına rağmen, bu taşların sarı görünmesinin sebebi, Si oranlarının % 8 ve % 12 olmasıdır (Şekil 7 ve 9). SiO₂ oranının %1'in üzerinde olması, bu taşların silisli kireç taşı olduğunu ifade etmektedir. Bu oranın artması, taşın mukavemetini de artırmaktadır (Çelik, 2021).

Asit yağmurlarının en önemli bileşiği olan SO₃, kükürlü yakıtların yanması sonucu oluşmaktadır (Hofmann ve Ragué Schleyer, 1994; Fleig vd., 2011). Yakıt tüketiminin fazla olduğu kent merkezlerindeki binalarda SO₃ yüksek miktarda bulunmaktadır. Analizlerde, SO₃ miktarı Taş-1'de %5; Taş-2'de %18,5'dir (Şekil 10). Taş-2'de SO₃ miktarının yüksek olması, hava kirliliğinin mevcut olduğunu ve kirlenmeyle birlikte taşta Ca(OH)₂ – CaCO₃ dönüşümünün, yani siyah kabuklanmanın meydana geldiğini ifade etmektedir. Taş-1'deki SO₃ miktarının düşük olmasının sebebi, bu taş sırasının geçmişte zemin seviyesinin altında kalması ve yol kotunun düşürülmesi sebebiyle bu temel taşlarının açığa

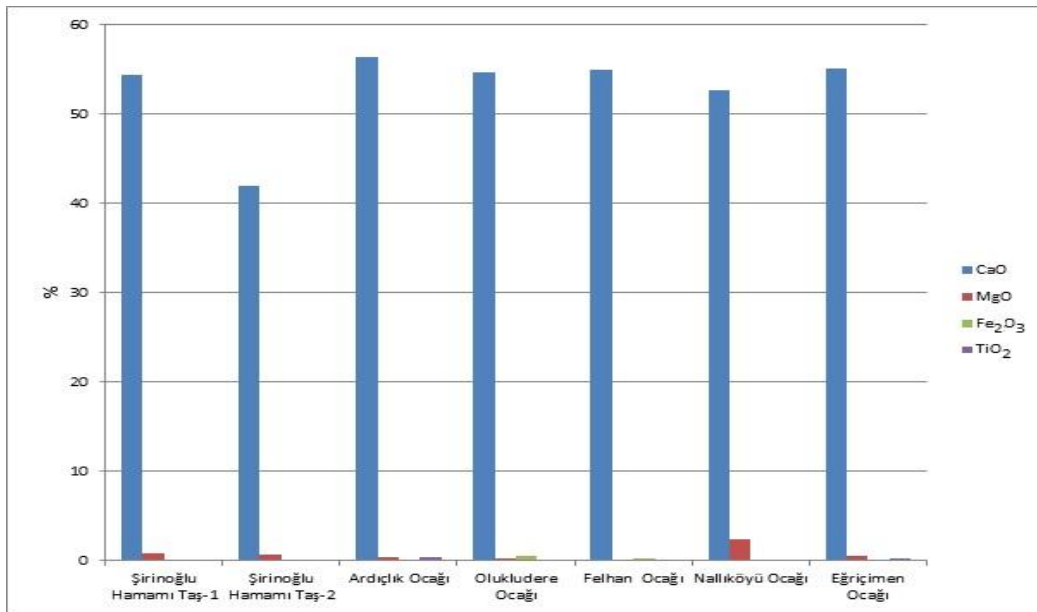
² Taşın element konsantrasyonları çok düşük olduğundan logaritmik grafik olarak ifade edilmiştir.

çıkmasıdır. XRF verisinin yanı sıra bu görüş, Şekil 3-5 ile de desteklenmektedir. Şekilde görüldüğü gibi alt sıra taşlar beyaz, hemen üstündeki taş sırası, hatta onun üzerindeki taş sırası da siyah devam etmektedir.



Şekil 10. İki taşın SO₃ miktarının karşılaştırılması

Hamamın kireç taşlarının kökenine yönelik bir tahminde bulunmak için literatürdeki Sivas kireç taşı ocakları araştırılmıştır. Hamamın taşları ile ocakların taşlarını karşılaştırmak üzere bazı oksitli bileşiklerin yüzdelerini gösteren bir grafik oluşturulmuştur. MgO oranı, kireç taşları için önemli bir bileşik olup taşın dolomitik olup olmadığıyla ilgili bilgi vermektedir. Nallı köyü ocağındaki MgO oranının yüksek; Felhan Dağı civarındaki ocakta bu oranın çok düşük olduğu tespit edilmiştir. Taşa rengini veren Fe₂O₃ bileşiğinin oranları karşılaştırıldığında, Felhan ve Olukludere taş ocaklarında bu bileşiklerin oranlarının, hamamın taşlarının oranlarından daha yüksek olduğu görülmektedir. Tüm bu veriler değerlendirildiğinde, Eğriçimen ve Ardıçlık mevki kireç taşı ocakları, Şirinoğlu Hamamı'nın taşlarının getirildiği taş ocağı olabilir. TiO₂ verileri de göz önünde bulundurulduğunda, hamamın taşlarına en yakın oran, Eğriçimen taş ocağında yer almaktadır (Şekil 11).



Şekil 11. Taş-1 ve Taş-2'nin oksitli bileşiklerinin Sivas'taki kireç taşı ocaklarındaki verilerle karşılaştırılması (MTA, 2022)

Sivas Merkez'den Nallı, Felhan ve Olukludere taş ocaklarına olan mesafeler 70-90 km civarındadır. Ardıçlık mevki taş ocağı yaklaşık 150 km, Eğriçimen Yaylası kireç taşı ocağı yaklaşık 182 km uzaklıktadır (Şekil 12). Bu iki taş ocağı Sivas merkezden uzak olmalarına rağmen, kimyasal içeriklerinin, hamamın taşlarıyla örtüştüğü söylenebilir.



Şekil 12. Sivas'taki mevcut kireç taşı ocaklarının tarihi yapının konumuna olan uzaklığı (Google Earth, 2022; MTA, 2022)

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Tahribatsız ve temassız analiz yöntemlerinden biri olan p-XRF analizi, bir kültürel miras yapısının taş türlerinin, bazı taş bozulmalarının ve kökenine yönelik tahminlerinin yapılmasında etkili ve başarılı sonuçlar veren bir yöntemdir. Ayrıca, alan çalışmasında tek bir kişiyle dahi uygulamanın yapılabilmesi, cihazın veriyi anında kaydetmesi, iş gücü verimliliği ve zaman tasarrufu sağlamaktadır.

Analiz sonuçlarına göre, Taş-1 ve Taş-2 olarak isimlendirilen iki grup taşın da kireç taşı olduğu ve hatta aynı ocaktan getirildiği sonucuna varılmıştır. Bu iki taşın birbirinden farklı görünmesinin sebebi, SO_3 miktarlarından anlaşılmaktadır. Hamamı ısıtmak için kükürt içerikli yakıtların kullanılması sonucu ortaya çıkan kirliliğin kireç taşının karbonatlaşması reaksiyonuna katılarak siyah kabuklanmaya neden olduğu tespit edilmiştir. Siyah kabuklanma, bir kimyasal dönüşüm olduğu için, bu kirliliğinin temizlenmesinde atomize su püskürtme yöntemi yetersiz kalacaktır. Bunun yerine uygun teknik ve kalifiye elemanla lazer temizliğin uygulanması en doğru sonucu verecektir.

Taş-1'deki SO_3 miktarının diğerlerinden az olmasının sebebi, bu taş sırasının bir zamanlar zemin seviyesinin altında kalması sonucu hava kirliliğinden etkilenmemesidir. Ancak topografyanın değişimine bağlı olarak temel seviyesinin açığa çıktığı görülmektedir. Kültür varlıklarının buldukları çevre, onların geçmişle bağlarını kuran önemli bir etken olduğundan hamamın özgün topografyasının korunması son derece önemlidir. Mümkünse, yol kotunda özgün topografyaya dönülmesi önerilmektedir.

Hamamın taşları ile Sivas'taki kireç taşı ocaklarının oksitli bileşikleri karşılaştırılarak taşların kökenine yönelik tahminde bulunulmuştur. Buna göre, Şirinoğlu Hamamı'nın taşları, Eğriçimen ve Ardıçlık mevki kireç taşı ocaklarından getirilmiş olabilir. Köken tahmini, restorasyonda yenileme ya da bütünleme yapılırken hangi taş ocağından faydalanılması gerektiği sorusuna yanıt oluşturması bakımından değerlidir.

Bir kültürel mirasın teknik araştırmalar aşamasında, p-XRF cihazıyla, yapı malzemelerinin elementel analizlerinin yapılması, malzemenin ne olduğunun anlaşılması, köken tahminlerinin yapılması, farklı görünen malzemelerde neyin farklılık oluşturduğunun tespit edilmesi sağlanabilmektedir. Numune alınmasına gerek duyulmadan, zararsız ve temassız bu analiz yönteminin kullanımının yaygınlaşması,

hatta rölöve raporlarının bu analizler doğrultusunda hazırlanmasının zorunlu hale getirilmesi, bilimin ışığında doğru kararların alınmasında etkili olacaktır.

Teşekkür: Bu çalışmaların yürütülmesinde desteğini esirgemeyen Metalurji ve Malzeme Mühendisi Doç. Dr. Ali ÖZER'e ve Sivas Arkeoloji Müzesi Müdürü Y. Arkeolog Ali ALKAN'a teşekkürü borç bilirim.

EXTENDED ABSTRACT

Research Problem & Purpose

In order to conserve the cultural heritage and to transfer it to future generations, some technical research needs to be done by the experts. At this stage, one of the researches that needs to be done is material analysis. There are non-destructive testing methods (NDT) that are not invasive and do not require sampling from the building to investigate the origin, chemical structure and degradation of the material. Since it is important to preserve the historical value, evidence value, aesthetic value, authenticity and integrity of the cultural heritage examined, it would be a more correct decision to use NDT techniques.

The Şirinoğlu Bathhouse, which constitutes the sample of the study, is a cultural heritage that has been affected by air pollution and has not recently undergone restoration. In this study, it is aimed to determine the stone type of the bathhouse in the preliminary preparation stage before the restoration and to make predictions about which quarries these stones may be brought from. Investigating why two stones that look different from each other in the bathhouse is another problem of this study. Another goal is to emphasize that all these researches are carried out in a non-contact and harmless way with X-ray Fluorescence (XRF) Spectroscopy and to encourage the use of this technique.

Methodology

In this study, X-ray Fluorescence (XRF) Spectroscopy method, one of the NDT techniques, was used and the above-mentioned questions were answered by performing elemental analysis of the stones of the bathhouse and determining their oxidized compounds.

Findings

When the results of XRF analysis are evaluated, it is seen that the elemental concentrations of both stones are very close to each other. The Ca ratio of the stones is high and the Mg ratio is very low. Accordingly, it is concluded that these stones are non-dolomitic limestone. Elements that give color to stone, such as Mn and Fe, are found in trace amounts. The reason why this stone looks yellowish is the silicon in it.

The trace amount Sr ratio found in the stones proves that these stones are a local stone, that is, they were brought from a quarry in the vicinity of Sivas. Moreover, possible quarries were identified by comparing the oxidized compounds of the limestone quarries in Sivas with the oxidized compounds of the stones of the building under examination. Accordingly, the limestone quarries of Eğriçimen and Ardıçlık may be the stone quarries where the stones of the Şirinoğlu Bathhouse were brought.

It was determined that the amount of SO₃ was little in Stone-1 and much in Stone-2. Since Stone-1 has been under the ground for years, it has been less affected by air pollution. This also explains why Stone-2 looks darker than Stone-1. Stone-2 has an intense accumulation of SO₃ called "black crusting", which is caused by air pollution.

Conclusions and Recommendation

With the XRF analysis used in this study, it was understood that the difference between the two stones was related to the amount of SO₃ accumulated on the stone surfaces. Since Stone-1 was actually a stone that remains below ground level, it has not been affected by air pollution for years. As a result of changing the topography, Stone-1 was exposed and began to be polluted. Facade cleaning should be applied urgently before pollution increases. Since it is important to conserve cultural assets with their environment, it would be a better decision to return to the original topography if possible.

After it was determined that the stones of the bathhouse were limestone and a local stone, the limestone quarries in Sivas were investigated. The oxidized compounds of the building stones were compared with

the oxidized compounds of limestone quarries. Thus, in the restoration of the bathhouse, a scientific data has been created on which stone quarry will be used.

With this method, it is possible to determine the type of material and estimate its origin by performing an elemental analysis of an inorganic building material. In addition, it is possible to determine what makes a difference in materials that look different, as in this example. Since it provides harmless and contactless analysis without the need to take samples with the Portable XRF device, it is recommended to encourage the use of this method with a conservationist approach. Even before the restoration, it is important to make the use of this method mandatory and to add the results of the analysis to the survey reports in order to ensure that scientific decisions are taken.

KAYNAKLAR

- Acun, H. (1988). Sivas ve Çevresi Tarihi Eserlerinin Listesi ve Turistik Değerleri, *Vakıflar Dergisi*. XX, 183-212.
- Ahunbay, Z. (2009). *Tarihi Çevrede Koruma ve Restorasyon*. İstanbul: Yapı Endüstri Merkezi Yayını.
- Çelik, B. A., (2021). *Mardin İlindeki Medrese Yapılarının Cephelelerinde Oluşan Taş Bozunmalarının İncelenmesi Ve XRF Spektrometresi İle Analizi*, Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. 49.
- Denizli, H. (1998). *Sivas Tarihi ve Anıtları [The History and Monuments of Sivas]*. Sivas: Özbelsan A.Ş. (pp. 170-171). ISBN: 978-9759650902.
- Donais, M. K., Alrais, M., Konomi, K., George, D., Ramundt, W. H. & Smith, E. (2020). Energy dispersive X-ray fluorescence spectrometry characterization of wall mortars with principal component analysis: Phasing and ex situ versus in situ sampling, *Journal of Cultural Heritage*, 43, 90-97 <https://doi.org/10.1016/j.culher.2019.12.007>.
- Ferreira, T. M., Ortega J. & Rodrigues H. (2021). *Geometrical, constructive, and mechanical characterization of the traditional masonry buildings in the historic city center of Leiria*, Portugal, R. Rupakhety and D. Gautam (Ed.), *Masonry construction in active seismic regions*, 147-174, Swastan: Woodhead Publishing.
- Fleig D., Andersson K., Normann F. & Johnsson F. (2011). SO₃ Formation under Oxyfuel Combustion Conditions, *Ind. Eng. Chem. Res*, 50, 8505–8514.
- Giuseppe P., Agostini S., Vincenzo G., Manetti P. & Savaşçın M. Y. (2021). Conticelli S. "From subduction to strike slip-related volcanism: insights from Sr, Nd, and Pb isotopes and geochronology of lavas from Sivas–Malatya region, Central Eastern Anatolia, *International Journal of Earth Sciences*, 110, 849–874.
- Google Earth Pro, (2022). (Last Accessed: 21.10.2021)
- Hofmann M. & Ragué Schleyer P. (1994). Acid Rain: Ab Initio Investigation of the H₂OSO₃ Complex and Its Conversion into H₂SO₄, *J. Am. Chem. Soc.* 116, 4947-4952.
- ICOMOS, (2013). *Türkiye Mimari Mirası Koruma Bildirgesi*, Uluslararası Anıtlar ve Sitler Konseyi Türkiye Milli Komitesi Ulusal Bildiriler, http://www.icomos.org.tr/Dosyalar/ICOMOSTR_tr0784192001542192602.pdf
- Jenkins, R. (1999). *X-ray fluorescence spectrometry* (2nd edition). New York: Wiley Interscience.
- Kurugöl S. ve Tekin Ç. (2011). Evaluation of Sivas Traditional "Sweet Plasters", *Gazi University Journal of Science, GÜJ Sci* 24(1):161-173.
- Liritzis I. & Zacharias N. (2010). *Portable XRF of archaeological artefacts: current research potentials and limitations*, S. Shackley (Ed.), *X Ray Fluorescence Spectrometry in GeoArchaeology*, Natural Sciences in Archaeology Series, Springer North America, pp. 109-142
- Mantler M. & Schreiner M. (2000). X-Ray Fluorescence Spectrometry in Art and Archaeology, *X-Ray Spectrometry*, 29, 3–17.
- MGM. (2021). *T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı*, Meteoroloji Genel Müdürlüğü,. [30 Haziran 2021].
- MTA, (2022). *Sivas İli Maden Envanteri*, Sivas: MTA Orta Anadolu I. Bölge Müdürlüğü, 416 (unpublished).
- Önder O. (2007). *Sivas İl Merkezindeki Türk Devri Yapıları*, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sanat Tarihi Ana Bilim Dalı, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Palmer R. M., Helvacı C. & Fallick E. A. (2004). Sulphur, sulphate oxygen and strontium isotope composition of Cenozoic Turkish evaporites, *Chemical Geology*, 209, 341 – 356.
- Pecchioni, E. , Magrini, D., Cantisani, E., Fratini, F., Garzonio, C.A. , Nosengo, C. Santo, A.P. & Vettori, S. (2021). A Non-Invasive Approach for the Identification of "Red Marbles" from Santa Maria Del Fiore Cathedral

- (Firenze, Italy), *International Journal of Architectural Heritage Conservation, Analysis, and Restoration*, 15(3) 494-504, Doi: 10.1080/15583058.2019.1629045
- Pehlivan E. (2022). Archaeological Evaluation And Provenance Analysis Of Apollon's Torso In Sivas Archaeological Museum, *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 22 (1), pp. 97-109.
- Pürlü, K., Altın, Y., Aygün, A., Cebecioğlu, M., Özkanat, E., Çetindağ, E., Bedir, A., Kaya, A., Çavuş, İ. ve Babacan, S. (2011). *Sivas 1000 Temel Eser, Sivas Kültür Envanteri [The Cultural Inventory of Sivas]*. Volume:1 (Merkez İlçe), Ed. Pürlü K., Sivas: Sivas Valiliği Sivas İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü. (pp 183). ISBN: 978-605- 359-494-9.
- Saverwyns S., Currie C. & Lamas-Delgado E. (2018). Macro X-ray fluorescence scanning (MA-XRF) as tool in the authentication of paintings, *Microchemical Journal*, 137, 139-147, <https://doi.org/10.1016/j.microc.2017.10.008>.
- Sfarra, S., Ibarra-Castaneda, C., Ridolfi, S., Cerichelli, G., Ambrosini, D. Paoletti D. & Maldague X. (2014). Holographic Interferometry (HI), Infrared Vision and X-Ray Fluorescence (XRF) spectroscopy for the assessment of painted wooden statues: a new integrated approach. *Appl. Phys. A* 115, 1041-1056 <https://doi.org/10.1007/s00339-013-7939-1>
- Shackley M.S. (2014). X-Ray Fluorescence (XRF): Applications in Archaeology. In: Smith C. (eds) *Encyclopedia of Global Archaeology*. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0465-2_1305
- Shackley, M. S. & C. Dillian. (2002). Thermal and environmental effects on obsidian geochemistry: experimental and archaeological evidence, in J.M. Loyd, T.M. Origer & D.A. Fredrickson (ed.) *The effects of fire and heat on obsidian*: 117-34. Sacramento: Cultural Resources Publication, Anthropology-Fire History, U.S. Bureau of Land Management.
- Shackley, M. S. (2011). *An Introduction to X-Ray Fluorescence (XRF) Analysis in Archaeology*, Shackley, M. S. (ed.) 7-44. New York: Springer.
- Shrestha R., Sfarra S., Ridolfi S., Gargiulo G. & Kim W. (2022). A numerical-thermal-thermographic NDT evaluation of an ancient marquetry integrated with X-ray and XRF surveys, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 147:2265-2279.
- Sinanoğlu, D. ve Sasmaz, A. (2019). Geochemical evidence on the depositional environment of Nummulites accumulations around Elazığ, Sivas, and Eskişehir (Turkey) in the middle Eocene sub-epoch, *Arabian Journal of Geosciences*, 12:759, 1-10.
- Trojek, T. & Hložek M. (2022). Confocal XRF imaging for determination of arsenic distribution in a sample of historic plaster, *Radiation Physics and Chemistry*, 200, 110201, <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2022.110201>.
- Tejedor B., Lucchi E., Bienvenido-Huertas D. & Nardi I. (2022). Non-destructive techniques (NDT) for the diagnosis of heritage buildings: Traditional procedures and futures perspectives, *Energy and Buildings*, 263, 112029, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112029>.
- Tekin E. (2001). Stratigraphy, Geochemistry and Depositional Environment of the Celestine-bearing Gypsiferous Formations of the Tertiary Ulaş-Sivas Basin, *East-Central Anatolia (Turkey)*, *Turkish Journal of Earth Sciences (Turkish J. Earth Sci.)*, 10, pp. 35-49.
- Venkataraman B., Raj B. & Segebade C. (2001). NDT of Art Objects, K.H. Jürgen Buschow, R.W. Cahn, M. C. Flemings, B. Ilschner, E. J. Kramer, S. Mahajan, P. Veyssi re, (Ed.) *Encyclopedia of materials: science and technology*, 5974-5977, <https://doi.org/10.1016/B0-08-043152-6/01043-3>.



AN ANALYSIS ON POST OCCUPANCY EVALUATION METHOD IN BUILDINGS

Ebru GÜNAÇAR¹ , Yasemin ERBİL²

¹⁻² Bursa Uludağ University, Faculty of Architecture, Department of Architecture, Bursa, Turkey.

ABSTRACT

Determining the positive and negative aspects of the built environment is important in terms of the feedforward it will provide to the structures to be produced in the future and the feedback will provide to the existing structures. Many assessment models have been developed based on this idea. While many of these models focus on the evaluation of the current performance of buildings, the "POE" model is based on the evaluation of both the building users and their needs and the level of the buildings fulfilling the expected performance. From this point of view, the POE (Post Occupancy Evaluation) method, which is a prominent method among building evaluation methods, was discussed in the thesis study. The study aimed to provide systematic knowledge to architects or designers who want to benefit from the results of research using the POE method and to guide researchers about new research areas. For this purpose, a search was made for academic studies that have the concepts of "KSD" or "POE" in their keywords, and that was made between the years of "2010-2020". "Science Direct, Emerald Insight, Springer, Taylor and Francis, Bursa Uludağ University Network, Turkish National Academic Network and Information Center, the Council of Higher Education National Thesis Center, and ProQuest" databases were used to scan the publications. A total of 279 publications were included in the study within the scope of the thesis. The meta-analysis method was preferred for the systematic analysis of the publications. In the light of the data obtained as a result of the study, it was concluded that POE is a versatile method that can be applied for different purposes.

Keywords: *User satisfaction, Post occupancy evaluation, POE, Meta analysis,*

BİNALARDA KULLANIM SONRASI DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ ÜZERİNE BİR ANALİZ

ÖZET

Yapılı çevrelerin olumlu ve olumsuz yönlerinin belirlenmesi, gelecekte üretilen yapılara sağlayacağı ileri besleme ve mevcut yapılara sağlayacağı geri besleme bakımından önem taşımaktadır. Bu düşüncüyü temel alarak geliştirilmiş olan birçok değerlendirme modeli bulunmaktadır. Bu modellerin birçoğu binaların mevcut performansının değerlendirilmesine odaklanırken, "KSD" (Kullanım Sonrası Değerlendirme) modelinin temelinde hem bina kullanıcıları ve onların ihtiyaçları hem de binaların beklenen performansı yerine getirme düzeyinin değerlendirilmesi bulunmaktadır. Buradan yola çıkarak çalışmada bina değerlendirme yöntemleri arasından öne çıkan bir yöntem olan KSD yöntemi ele alınmıştır. Çalışmada KSD yöntemi kullanılarak yapılan araştırmalarda ortaya çıkan sonuçlardan yararlanmak isteyen mimarlara veya tasarımcılara sistematik bir bilgi birikimi sunmak ve araştırmacılara yeni araştırma alanları hakkında yol göstermek amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda anahtar kelimelerinde "KSD" veya "POE" kavramları bulunan ve "2010-2020" yılları arasında yapılmış olan akademik çalışmalara yönelik yayın taraması yapılmıştır. Yayınların taranmasında "Science Direct, Emerald Insight, Springer, Taylor and Francis, BUÜ ağı, Ulakbim, YÖK Ulusal Tez Merkezi ve ProQuest" veri tabanları kullanılmıştır. Sınırlılıklar kapsamında toplam 279 adet yayın incelemeye dahil edilmiştir. Çalışmaların sistematik bir biçimde analiz edilebilmesi için meta analiz yöntemi tercih edilmiştir. Meta analiz yöntemi, tüm bu yayınlara bir genelleme yaparak literatürdeki boşlukların tespit edilmesi ve yeni araştırma alanları hakkında fikir vermesi açısından etkili bir yöntem olarak akademik ortamda kabul görmektedir. Yapılan değerlendirme sonucunda; yıllar içerisinde KSD çalışmalarına olan ilginin giderek arttığı gözlemlenmiştir. Ayrıca KSD çalışmalarının çoğunlukla konut ve ofis yapıları üzerine olduğu ve en çok ele alınan konunun kullanıcı memnuniyeti olduğu da tespit edilmiştir. Çalışma sonucu elde edilen veriler ışığında KSD'nin farklı amaçlara yönelik uygulanabilen çok yönlü bir yöntem olduğu kanısına varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Kullanıcı memnuniyeti, Kullanım sonrası değerlendirme, KSD, Meta analizi.*

Corresponding author : Ebru Günaçar

Date of article submission : 20.09.2022

Date of article acceptance : 22.12.2022

Article citation : Günaçar,E.,Erbil,Y. (2022). An analysis on post occupancy evaluation method in buildings. *KAPU Trakya Journal of Architecture and Design*, 2(2), 68-84.

*This study was created from the master's thesis carried out in Bursa Uludağ University Graduate School of Natural and Applied and Science.

1. INTRODUCTION

The full achievement of the purpose of the buildings built to meet the demands and needs of people depends on the level of satisfaction of the users with the building quality and performance (Mustafa, 2017; Vásquez-Hernández and Restrepo Álvarez, 2017). One of the main purposes of the buildings is to provide a comfortable, healthy and safe environment to the users. However, although certain rules and standards are used in the construction of buildings, it is not possible to state that these standards are always compatible with user requirements. Therefore, it cannot be said that users are always satisfied with the building quality and performance (Ibem et al., 2013).

Evaluation studies in buildings are important both in terms of improving the current quality and performance in buildings and creating a database for architects and researchers for future projects. The POE method is one of the most frequently used evaluation methods in terms of detecting the problems arising from the design decisions of the buildings and depending on the application and usage stages and evaluating the user satisfaction in the buildings. POE is an evaluation method that aims to solve the existing problems of buildings (Günaçar, 2022). This method can be used in studies with various and different objectives, such as determining the current needs of buildings, evaluating performance and quality in buildings, and examining user satisfaction in buildings (Preiser et al., 1988).

When a literature search was conducted on POE, it was determined that there are many studies on this subject. However, the lack of a study that brings all these studies together and examines them systematically has attracted attention. From this point of view, within the scope of the study, a systematic evaluation of the academic studies on the POE of the buildings was made. With this evaluation, it is aimed to determine the deficiencies of POE studies in the literature. For this purpose, it is aimed to guide new researches on this subject. In line with this purpose, it is aimed to guide new researches on this subject. It is aimed that this study will be one of the pioneering studies in order to contribute to the spread of the POE concept both in the academic field and in the field of practice. With the data obtained as a result of the study, it is aimed both to identify new research areas for researchers and to provide information on the design stages of projects for designers and architects.

1.1. Post Occupancy Evaluation

Post occupancy evaluation is the systematic evaluation of design decisions and performance of spaces with a focus on the users of the space in order to build better built environments in the future. This evaluation approach aims to develop the design decisions and practices in buildings by highlighting the good aspects, to identify the bad aspects and to find a solution for them (Dülger, 2017). With POE, the design decisions of the buildings are questioned and data is collected about their performance. This collected data provides feedback for the design and manufacture of higher quality structures in the future (Preiser et al., 1988).

Preiser et al. defined POE in the same study as "*the process of systematic evaluation of buildings over a period of time after they have been constructed and used*". It was stated that the main target point of POE is users and their needs. According to Lackney (2001), POE is the systematic examination of the extent to which buildings match the needs of users. In addition, it is possible to consider the POE method as a method and strategy used to make buildings more sustainable (Brambilla and Capolongo, 2019). In addition, POE studies have benefits (safety, circulation, temperature, maintenance, etc.) to reduce the negative effects of buildings on user health (El-Darwish and El-Gendy, 2018).

POE has an important role in measuring building performance and user satisfaction (Kim et al., 2022). In line with the data obtained as a result of the evaluation of the quality and performance of the existing buildings, it is important to make improvements in the buildings in order to make the built environment we live in more liveable. Buildings can often show different performance than anticipated at the design stage. It is thought that the POE method will be useful for designers and architects to improve themselves in this regard and not to repeat similar mistakes in their designs (Kahya, 2018; Colclough et al., 2022).

Transforming the data obtained as a result of the evaluation of the buildings into a design criterion is important in terms of ensuring the continuity of quality and user satisfaction in buildings. The concept of POE first appeared in the 1960s. Although studies are mostly carried out in the academic field in the first years, it is a method that is frequently used in the professional field, especially in the last 30 years. The POE method, which focuses more on users, has also focused on different issues such as performance and quality throughout its development (López-Chao and López-Pena, 2021; Ahmed et al., 2021). Even though this method is frequently used by architects and designers, we see that different stakeholders use this method for different purposes in a project. It can be used by investors to increase the design quality of buildings, managers to reduce energy consumption in buildings or building owners, users and architects to improve environmental conditions and increase productivity. The main purpose for all these different stakeholders to use this method is to provide improvement and development by focusing on the success and failure of the project (Ilesanmi, 2010).

2. MATERIAL AND METHOD

In order for the study to reach the desired goal, a four-stage process has been established. Figure 1 shows the stages of this process. Each of these stages can be considered as an input for the next stage. It is aimed that the data obtained from the conclusion part, which is the last step of the process, will be input to the future POE studies and new projects to be designed.

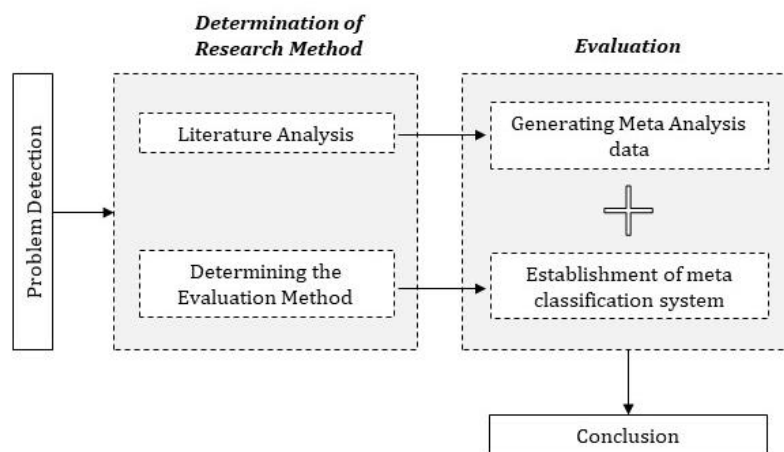


Figure 1. Flow chart of the research

In the problem identification phase, which is the first stage of the process, research problems for the study were determined and are given below.

- In which research areas are there gaps in studies conducted with the POE method?
- How can the meta-analysis method be used to identify these gaps in the literature?
- Can a data repository be created that can benefit researchers in future research with a systematic review to be created using the meta-analysis method?
- How can architects and designers benefit from the data repository to be created in their new designs?

In the determination of the research method, which is the second stage of the process, the meta-analysis method was used to evaluate the studies to be examined in this context within the framework of a certain system in order to achieve the desired goal of the study. In this method, a meta classification system has been created so that the studies can be examined under a single system. With this system, general information about the studies, the content of the study, the method and the result of the study were focused.

The meta-analysis method is a quantitative method that systematically combines and analyses many independent studies on similar topics. Meta-analysis method is defined as a literature review method used to systematically examine and analyse many studies. The purpose of this systematic review is to evaluate the studies with a critical point of view (Başol, 2009).

In the meta classification system to be created within the scope of this study, the meta classification systems in the studies of Betts and Lansley (1993), Serin (2016), Aydın (2019) and Karaağaç (2020) were taken as reference. A meta classification system suitable for the study was created by associating the POE method with the reference systems. The meta-classification system created for the systematic analysis of the studies includes the main headings of "general information and content, method and result", and consists of three main headings as shown in Table 1.

Under the main title of general information and content, the year the study was published, the type of publication (article, thesis, conference material), the country where the research was conducted, the source (journal name, etc.), the keywords in the study and whether the definition of POE was made in the study are examined. Under the main heading of the method, the subject or purpose of the study (the subject of the study), the type of building evaluated (school, hospital, residence, public spaces, etc.), data collection techniques used in the study (survey, physical measurement, observation, simulation, interview, etc.) and the evaluation criteria of the study (user satisfaction, thermal comfort, acoustic comfort, technical performance, energy, etc.) are examined. In the main title of the conclusion, the findings and results obtained as a result of the study are examined.

Table 1. Meta classification system

MAIN TITLE	SUBTITLE	ITEMS OR DEFINITIONS
1. General Information and Content	Year	Publishing date
	Publication Type	Source type (Thesis, article..)
	Country	Country of study
	Keywords	Keywords
	Definition of POE	Definition of POE in the study
2. Method	Subject/ Purpose	The focus of the study
	Structure Type	Evaluated building type
	Data Collection Technique	Survey, observation, etc.
	Evaluation Criteria	Thermal comfort, technical performance, etc.
3. Conclusion	Results and Conclusion	Research result and findings

Within the scope of the meta-analysis study, academic studies on POE of buildings were examined. Figure 2 shows the process of identifying the studies to be included in the meta-analysis. In the material formation scheme, the databases examined within the scope of the study, the study limitations (keywords, year range and study type), the number of studies obtained from the databases, the criteria of the studies included and excluded from the study, and the number of studies which obtained as a result of each step of this process are shown.

Between March 7 and April 4, 2021, a literature review was conducted on databases determined within the limitations of the year, key concepts and study type. In order to evaluate more recent studies, it was deemed more appropriate to examine the studies conducted between the years 2010-2020. The languages of these studies are limited to Turkish or English. These studies consist of local and foreign theses, "Science Direct, Emerald Insight, Springer, Taylor and Francis and Turkish National Academic Network and Information Center " databases, articles and conference materials that can be accessed through the "Bursa Uludağ University network", and " the Council of Higher Education National Thesis Center and Accessible from ProQuest" databases.

These databases were searched using the keyword "Post Occupancy Evaluation" terms both in Turkish and English. These databases were searched using the keyword "Post Occupancy Evaluation" terms both in Turkish and English. As a result of the search, a total of 3267 studies were obtained. Studies that do not contain the concepts of "POE" or "POE" in the keywords of these 3267 studies and that do not belong to the field of architecture were not included in the scope of the research. After eliminating the studies that did not comply with the research limitations, the number of studies obtained was 1387. Considering that the same study can be accessed through more than one database, it was checked whether there were repetitive studies. As a result of this control, duplicate studies were not included in the meta-analysis. The number of studies obtained by excluding repetitive studies from the scope of the study is 459. When these studies are examined in detail, in some of the studies, "Post Occupancy Studies", "Post Occupancy Method" and "POE System"

keywords and "Post Occupancy Evaluation" keywords and "Post Occupancy Evaluation" keywords Concepts such as "Evaluation in the Use Process" and "Use Evaluation Process" were used instead of the word. These studies were not included in the meta-analysis study. The number of studies obtained within the framework of all these limitations is 370. Among these studies, only studies evaluating a certain area and structure were examined, and the total number of studies to be examined within the scope of the study is 279.

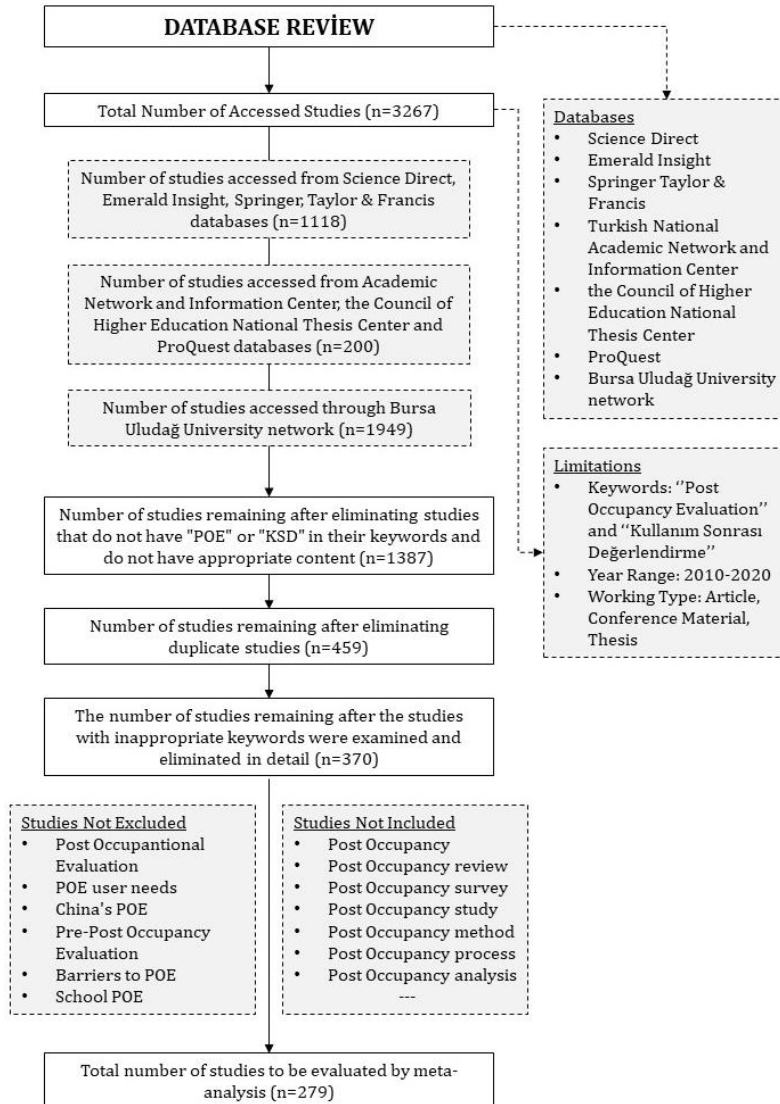


Figure 2. Material formation chart

3. FINDINGS

279 POE studies included within the scope of the study were analysed under the headings created in the meta-classification system. The studies were analysed under the sub-headings in the meta-classification system according to the years of the studies, the type of publication, the country where the research was conducted, the keywords used in the study, the definition of the concept of POE in the study, the type of structure evaluated, the data collection technique used, the focal points of the studies and the results of the studies.

3.1. Analysis of studies by years

Within the framework of the limitations determined within the scope of the study, a total of 279 studies were examined. The distribution of the number of these studies by years is shown in Table 2. It was concluded that the average number of studies on the basis of all countries during the time period of the research was approximately 25 per year. It is seen that the number of studies in the last five years is at or above this average. It is observed that there has been a continuous increase in the number of studies as of 2014 within the specified time interval, but the average number of studies has only been reached as of 2016. While the lowest number of studies was 12 in 2011, the highest number of studies was 36 in 2020, and the number of studies has almost tripled in ten years.

Table 2. Analysis of studies by years

YEAR	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Number of Studies	14	12	23	22	23	24	29	31	32	33	36

3.2. Analysis by publication type of studies

Table 3 shows the distribution of studies according to their types. Between 2010 and 2020, a total of 226 articles, 25 conference materials and 28 theses were reached. On the basis of total studies, approximately 81% of the studies are articles, 9% are conference materials and 10% are dissertations. According to Table 3, it is seen that the number of articles is considerably higher than other types, and the conference materials and theses are similar in number.

Table 3. Analysis of studies by publication type

PUBLICATION TYPE	Article	Thesis	Conference Material
Number of Studies	226	28	25

3.3. Analysis of studies by country

Figure 3 shows the distribution chart of the countries where the research was conducted. The country with the most studies is the USA. With a total of 52 studies, it constitutes approximately 18% of all studies. Then, the countries where more studies were conducted were England with 35 studies, Turkey with 34 studies, Australia with 16 studies, China with 16 studies and Malaysia with 11 studies. The 279 studies examined within the scope of the meta-analysis are the sum of the studies conducted in 47 different countries. Apart from the countries shown in Figure 3, there is 1 study in 21 different countries.

3.4. Analysis of studies by keywords

Figure 4 shows the frequency of using keywords other than the POE keyword among 279 studies. There are seven or more used keywords in the figure. The keywords used are important in terms of being able to give an idea about which subjects the studies generally focus on.

The most used keyword among 279 identified studies is "indoor environmental quality" and it is found in 50 studies. The other most frequently used keywords and their frequency of use are listed as follows; occupant satisfaction is used in 43 studies, thermal comfort in 28 studies, green buildings in 21 studies, building performance in 17 studies, evidence-based design in 14 studies, daylighting, IAQ and LEED in 9 studies, and BPE, energy performance, passive house and satisfaction in 7 studies.

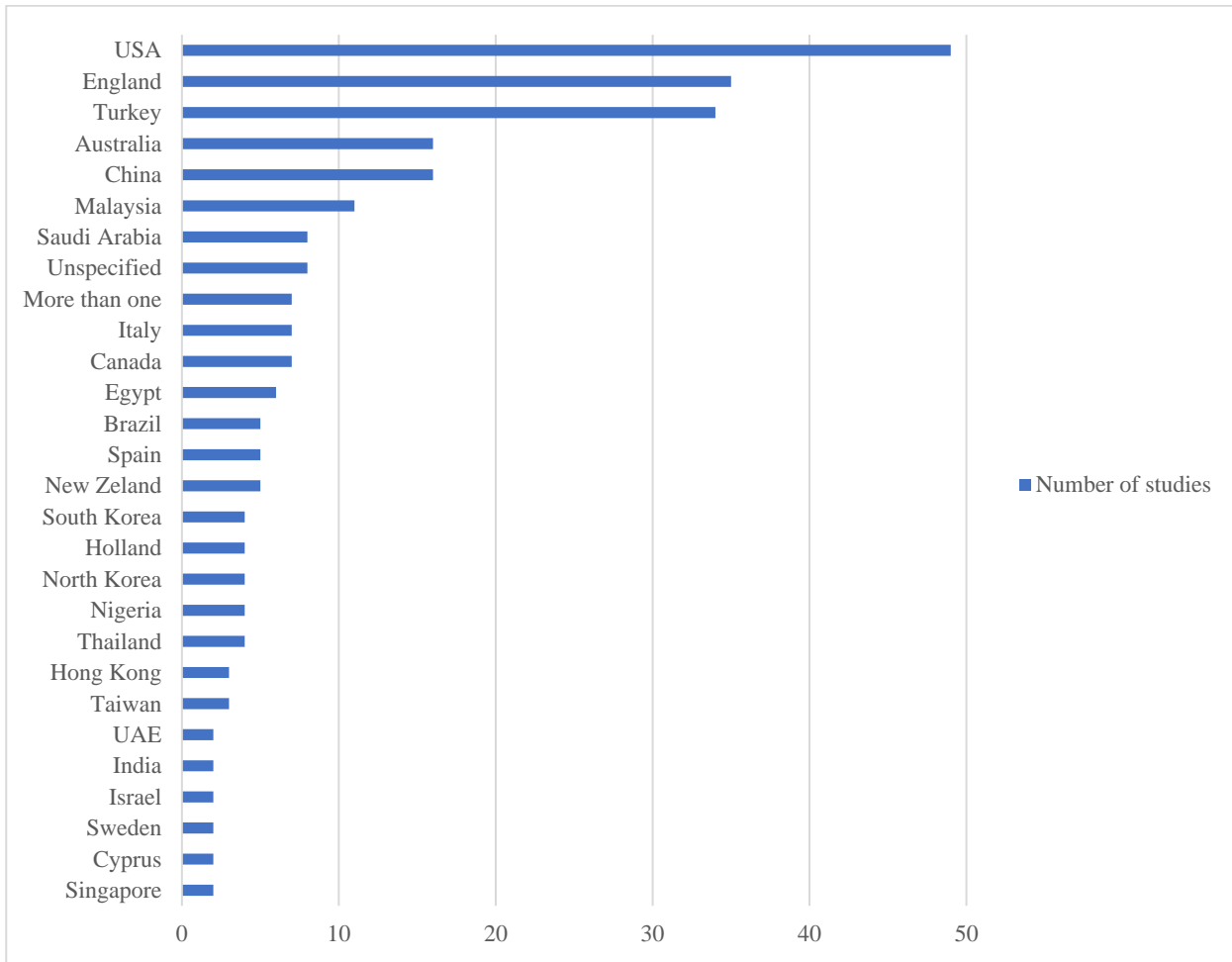


Figure 3. Analysis of studies by country

Keywords are important in terms of giving the reader an idea about the subject of the study. From this point of view, according to Figure 4, it is seen that many different subjects can be handled with the POE method. While some of the keywords used in the studies examined are related to each other, some of them are very independent concepts. However, in most of the studies, it is seen that the concepts related to comfort, performance and user satisfaction are discussed.

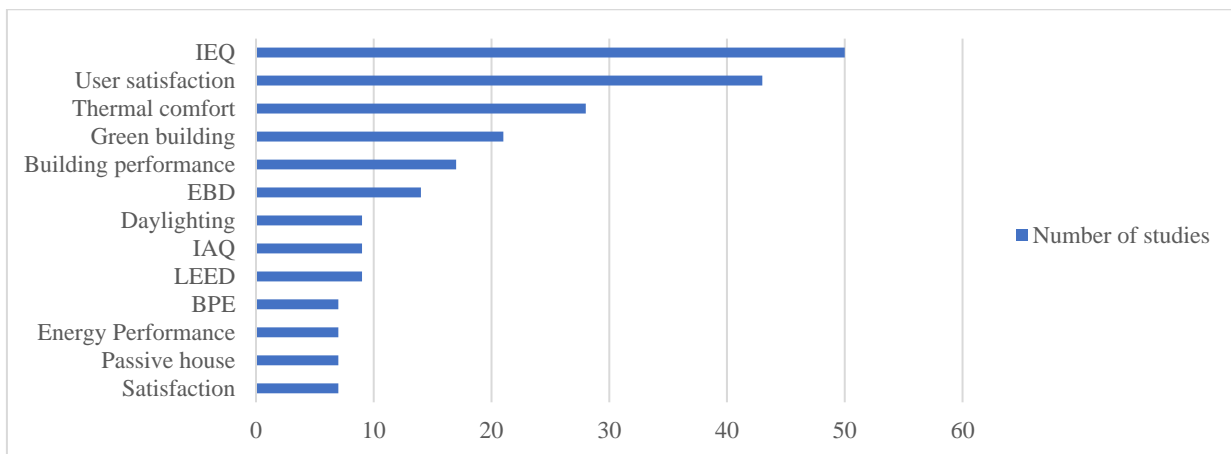


Figure 4. Other keywords most frequently used in studies

3.5. Analysis according to the definition of POE

When we look at whether or not the definition of POE was made in 279 studies examined within the scope of meta-analysis, the definition of POE was made in approximately 36% of the studies. The number of studies in which the definition of POE was made is 101, and the number of studies without the definition is 178. It is important that the POE (method used) is explained for a better understanding of the study, but when we look at all the studies in general, the content of the method is mentioned in only a few of the studies.

3.6. Analysis of the studies according to the evaluated building type

Considering the types of buildings and areas evaluated in the studies examined, it was determined that a total of 38 different types of buildings and areas were evaluated. We see all these building and area types in Figure 5. The number of evaluated building types and areas with a total number of studies of 10 or more is 5. These are dormitory building, health building, education building, residence and office buildings.

The number of studies evaluating office buildings is 65, the number of studies evaluating residences is 58, the number of studies evaluating educational buildings is 47, the number of studies evaluating health buildings is 30, and the number of studies evaluating dormitory buildings is 10. In total, the field types evaluated in 274 studies were specified. The area type evaluated in the remaining 5 studies was not specified.

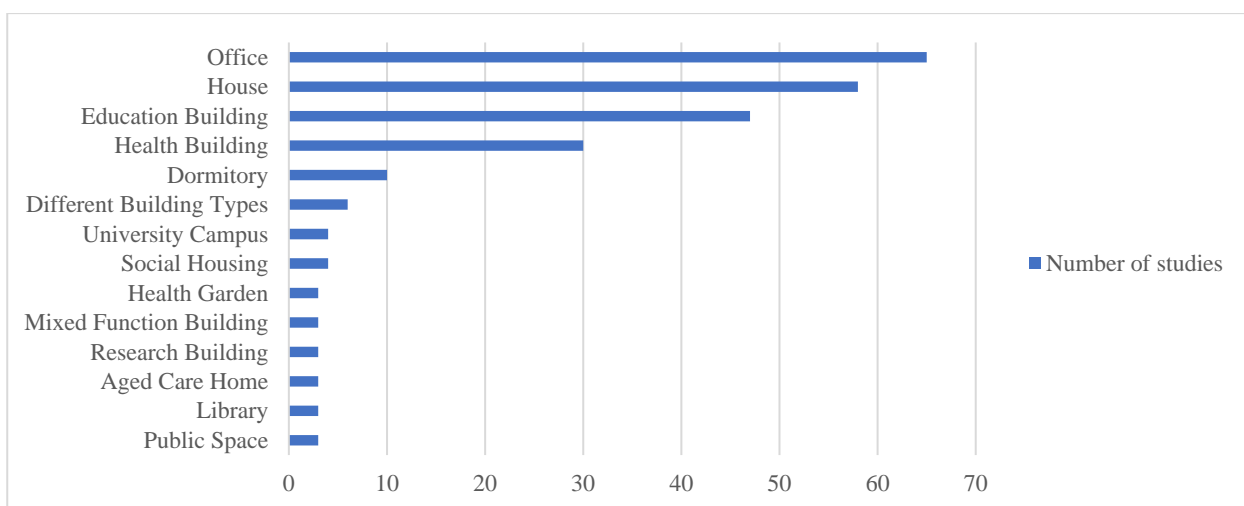


Figure 5. Evaluation frequency of building and site types

3.7. Analysis of the studies according to the data collection technique used

Data collection techniques used in the studies are shown in Figure 6. Under this category, 10 different data collection techniques were used, and the number of data collection techniques used in more than 50 studies is 3. More than one data collection technique was used in most of the studies. It is seen that a single data collection technique was used in a total of 156 studies. Among the techniques used alone, the most used evaluation method is the questionnaire and the number of studies is 114.

The most used data collection technique is the questionnaire and the number of studies using the technique is 218. The most used data collection techniques and the number of studies, respectively, are as follows; physical measurement consists of 71 studies, interview 50 studies, observation 44 studies, simulation 20 studies and literature review 13 studies (Figure 6).

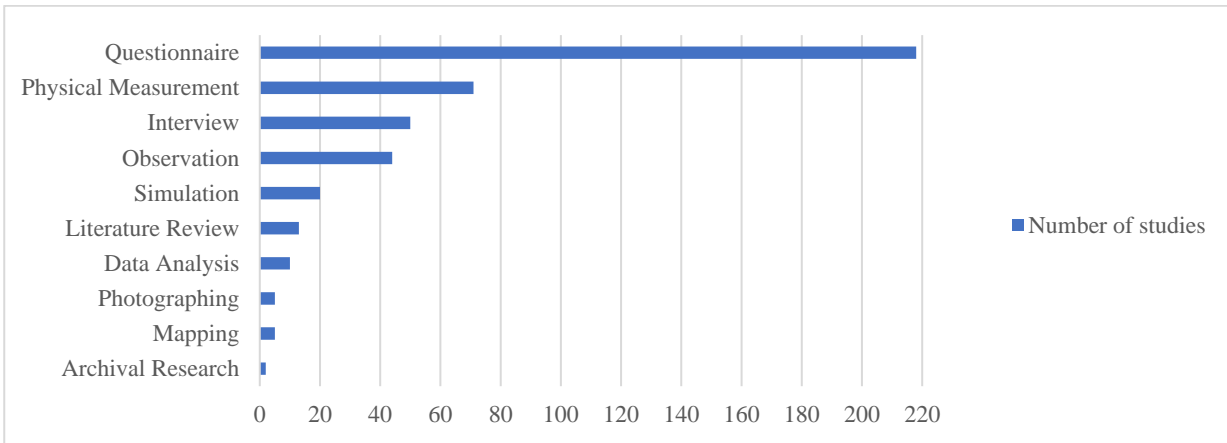


Figure 6. Frequency of use of data collection techniques used in POE studies

3.8. Analysis of their work by focal points

Studies in which POE is used as a method are generally examined under seven headings according to their focal points. These headings are user satisfaction, indoor environmental quality, performance, sustainability, design, energy and other issues. Out of 279 studies, 90 are on user satisfaction, 61 on comfort, 56 on performance, 43 on sustainability, 11 on design, 8 on energy and 10 on other subjects (Figure 7).

It is seen that the concepts of user satisfaction, indoor environmental quality and performance, which we can express as the concepts that make up the essence of POE, are the most discussed topics and constitute 74% of all studies using POE as a method. When we look at the distribution of study subjects by years, we see that; User satisfaction was the most studied subject in 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2016, 2018 and 2019, performance was the most studied subject in 2015, indoor environmental quality of the most studied subject in 2020 and the highest number of studies in 2017 is indoor environment quality and user satisfaction.

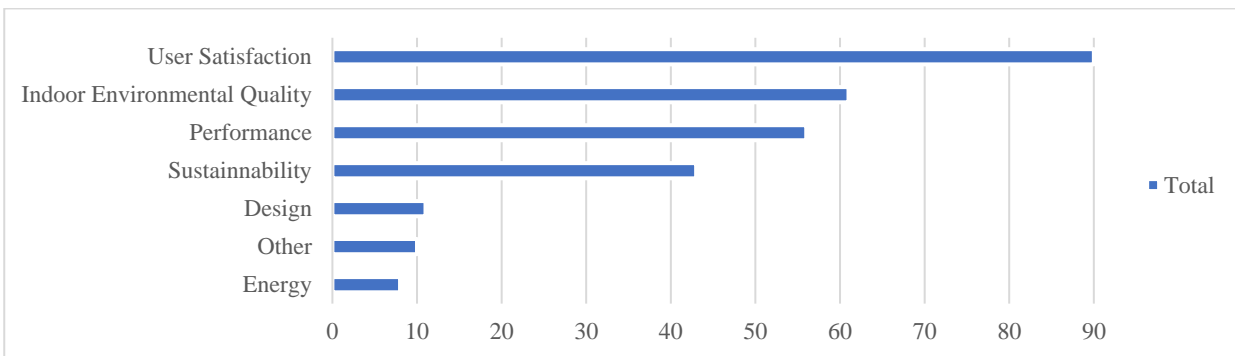


Figure 7. Distribution of studies in which POE is used as a method according to focal points

- **User satisfaction**

Among the evaluated studies, the most studies are on user satisfaction. There are 90 studies in total under this title. Figure 8 shows the analysis of these 90 studies regarding structure and site type and data collection techniques. Under the heading of user satisfaction, 27 different types of structures and areas were evaluated. The most evaluated among these types are office, residence and education buildings. The most frequently used methods in the evaluation of these species are questionnaire, observation and interview.

		Structure and Area Type																													
		Public open space	Courthouse	Research Building	Unspecified	Childcare Center	Education Building	Different Building Types	Hospital	Airport	Public Building	Public Space	House	Library	Lab	Market	Museum	Office	Hotel	Health Garden	Health Building	Art Center	Social Housing	Railway station	University Campus	Aged Care Home	Yacht	Residential area	Dormitory	TOTAL	
Data Collection Technique	Questionnaire	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	81	
	Archival Research								●																					1	
	Situation Analysis																								●					1	
	Physical Measurement		●						●							●	●	●					●			●				9	
	Photographing						●		●																					3	
	Interview			●		●	●		●				●	●				●	●	●	●				●			●		14	
	Observation						●		●	●	●		●					●	●					●	●		●	●		17	
	Mapping						●																		●					2	
	Literature Review												●		●							●							●	4	
	Regression Analysis						●																							1	
	Data Analysis																		●											1	
	TOTAL		1	1	1	1	1	11	2	9	1	1	1	14	1	1	1	1	19	1	1	5	1	2	1	3	1	1	2	4	

Figure 8. Investigation of user satisfaction studies in terms of structure/area type-data collection technique

The most frequently used evaluation criteria in the studies under the heading of user satisfaction; user satisfaction, user requirements, user perception, comfort, privacy, functionality, thermal comfort, indoor environmental quality, indoor air quality, noise, daylight, visual comfort, aesthetics, acoustic comfort.

• **Indoor environmental quality**

There are a total of 61 studies under the title of indoor environmental quality. Under this title, 16 different types of buildings or areas were evaluated and the most evaluated building types are office, education building and residence. The most commonly used assessment methods are questionnaire and physical measurement. Other building types evaluated under the title of indoor environmental quality and the methods used are explained in Figure 9.

Under the heading of indoor environmental quality, the most frequently used evaluation criteria are; acoustic comfort, visual comfort, natural and artificial lighting, indoor air quality, thermal comfort, material and quality, health, waste management, land use, energy consumption, ecology, shading and surface coatings.

		Structure and Area Type																
		Research Building	Unspecified	Education Building	Different Building Types	Hospital	Airport	Multifunctional Building	House	Corporate Building	Library	Lab	Office	Health Building	Social Housing	University Building	Dormitory	TOTAL
Data Collection Technique	Questionnaire	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			●	46
	Physical Measurement		●	●		●	●	●	●			●	●					25
	Interview			●					●									7
	Observation			●	●			●										6
	Mapping			●	●													2
	Literature Review													●				1
	Simulation		●	●				●	●				●		●	●		9
	Data Analysis			●														1
	TOTAL		1	4	12	1	5	1	3	7	1	1	1	20	1	1	1	1

Figure 9. Investigation of indoor environmental quality studies in terms of structure/area type-data collection technique

• Energy

There are 8 studies in total belonging to the energy title. The most evaluated building type under the energy heading is housing, and the most frequently used evaluation methods are simulation and physical measurement (Figure 10). It is seen that the data collection techniques used in these studies are questionnaires and interviews. The most frequently used evaluation criteria under the heading of energy; energy consumption, energy efficiency, energy systems and energy efficiency.

		Structure and Area Type				TOTAL
		Education Building	Different Building Types	House	Office	
Data Collection Technique	Questionnaire			●		1
	Physical Measurement	●		●		3
	Interview			●		1
	Observation			●		1
	Simulation	●	●	●	●	5
	Data Analysis				●	1
	TOTAL	1	1	5	1	

Figure 10. Investigation of energy studies in terms of structure/area type-data collection technique

• Performance

There are a total of 56 studies under the title of performance. 21 building and area types were evaluated under this topic, and the most evaluated building types are educational buildings, residences and offices. The most frequently used evaluation methods are questionnaire, physical measurement, observation and interview, respectively. Other types of structures evaluated under the heading of performance evaluation and data collection techniques used are explained in Figure 11.

The most frequently used evaluation criteria in the studies under the title of performance; technical performance, thermal comfort, temperature, health, comfort, functional performance, indoor environmental quality, heating and ventilation, auditory comfort, air quality, safety, noise, daylight performance, visual comfort, functional performance, accessibility, energy performance, energy consumption, behavioral performance, building envelope, maintenance, relative humidity, lighting.

		Structure and Area Type																				TOTAL	
		Courthouse	Shopping Center	Research Building	Mosque	Education Building	Factory	Different Building Types	Hospital	Hostel	Café, Restaurant	House	library	Office	Park	Health Building	Art Gallery	Facility	Social Housing	University Building	University Campus		Dormitory
Data Collection Technique	Questionnaire		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	41
	Archival Research										●												1
	Physical Measurement					●		●			●		●					●			●		12
	Photographing					●																	1
	Interview			●		●		●	●	●	●	●	●						●		●		9
	Observation	●			●	●			●		●												11
	Literature Review		●					●			●										●		4
	Simulation					●						●											3
	Data Analysis			●									●										2
	TOTAL	1	1	1	1	15	1	1	2	1	1	14	1	7	1	1	1	1	1	1	1	2	

Figure 11. Investigation of performance studies in terms of structure/area type-data collection technique

• Design

There are 11 studies in total belonging to the design title. The most evaluated building/area types under the design title are hospital, education building and health garden; the most frequently used evaluation methods are questionnaires and interviews (Figure 12). The most frequently used evaluation criteria under the title of design; design process, design intentions, physical design features, development process, circulation, ergonomics and user experience.

		Structure and Area Type								
		Education Building	Hospital	Zoo	Health Garden	Health Building	Office	Aged Care Home	Yacht	TOTAL
Data Collection Technique	Questionnaire	●	●	●	●	●		●	●	7
	Interview	●			●		●			4
	Observation	●			●					2
	Literature Review	●								1
	TOTAL	2	2	1	2	1	1	1	1	

Figure 12. Investigation of design studies in terms of structure/area type-data collection technique

• Sustainability

There are 43 studies in total under the title of sustainability. 7 different types of buildings and areas were evaluated under the heading of sustainability, and the most evaluated building types are office and residence. 8 different types of evaluation were used in the evaluation of the buildings and areas under this heading, and the most frequently used evaluation methods are questionnaires and physical measurements (Figure 13). The most frequently used evaluation criteria under this heading are; acoustic, lighting, energy performance, energy consumption, visual comfort, indoor environmental quality, air quality, thermal comfort, thermal comfort, green building technology, water management.

		Structure and Area Type							
		Bank building	Education Building	Different Building Types	Hospital	House	Office	Dormitory	TOTAL
Data Collection Technique	Questionnaire	●	●	●	●	●	●	●	34
	Physical Measurement		●			●	●		18
	Interview		●		●	●		●	8
	Observation					●	●		2
	Mapping		●						1
	Literature Review					●			1
	Simulation					●			2
	Data Analysis					●	●		3
	TOTAL	1	5	1	2	16	16	2	

Figure 13. Investigation of sustainability studies in terms of structure/area type-data collection technique

• Other studies

There are a total of 10 studies under the title of other studies. The subjects of the studies are as follows; evaluation of physical elements in open spaces, evaluation of improvement works in buildings, quality evaluation of buildings, evaluation of program data in buildings, evaluation of quality of life in buildings, evaluation of retrofitting works in buildings, determining the deficiencies

of buildings, creating input for future designs, and evaluation of living behavior in spaces (Table 4). In these studies, 8 different building types were evaluated and the most frequently used data collection technique is the questionnaire.

Table 4. Examination of other studies in terms of structure/site type - data collection technique

SUBJECT	CONSTRUCTION TYPE	DATA COLLECTION TECHNIQUE	NUMBER of WORK
Evaluation of physical elements in open spaces	Public space	Observation	1
Evaluation of improvement works in buildings	Office	Questionnaire, interview, observation	1
Quality assessment in buildings	Health building	Questionnaire, interview, literature research	1
	Dormitory	Questionnaire, interview, observation	1
Evaluation of program data in buildings	Health building	Questionnaire, physical measurement, photography, interview, observation, literature review, semantic difference	1
Evaluation of quality of life in buildings	House	Questionnaire	1
Evaluation of reinforcement works in buildings	House	Physical measurement	1
Identifying the shortcomings of buildings	Mosque	Interview	1
Creating input for future designs	Aged care home	Questionnaire	1
Evaluation of living behavior in spaces	Zoo	Observation	1

3.9. Analysis of the Sample in the Context of Results

The examined studies show great differences in many aspects such as subject, method, sample size. The fact that the findings obtained as a result of each study are different causes the data to be incomparable. For this reason, the studies will be evaluated according to whether the studies examined in the conclusion part of the meta classification system make a recommendation for future studies. It was not possible to compare the findings of the study, as the 279 studies examined within the scope of the study showed great differences in many aspects such as subject, method and sample size. For this reason, the results of the studies were evaluated according to whether they made a suggestion for the future or not.

As a result of the evaluation, 79 of the studies made a suggestion for the future, while only the general evaluation of the study was made in the conclusion part of 200 of the studies. In order to produce better quality studies in the future, it is important to make inferences in the direction of future studies as a result of the study. However, in the vast majority of studies, it is seen that no suggestions are made for the future. Only about 28% of the studies made recommendations for future studies. Of these studies, 26 are performance, 16 are indoor environmental quality, 14 are user satisfaction, 12 are sustainability, 5 are other studies, 4 are energy, and 2 are design (Figure 14).

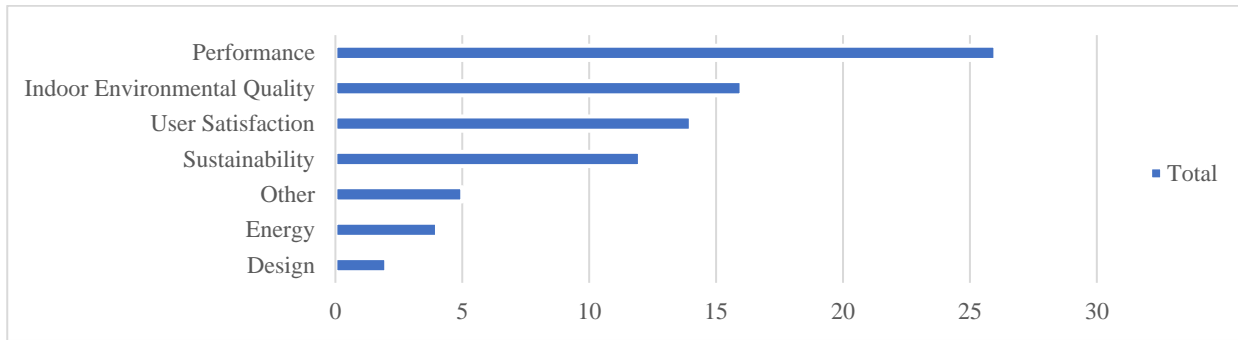


Figure 14. Distribution of studies that make suggestions for the future in the category of studies used as a method of POE by subject

4. DISCUSSION AND CONCLUSION

As a result of the study, it has been observed that the interest in the POE method has increased over the years in the academic field and it is possible to access the studies on POE through a large number of databases. As a result of the analysis of the studies with the meta-classification system, it is seen that although the subjects such as indoor environment quality, user satisfaction, building performance and green buildings are mostly discussed in the POE studies, the POE method can be applied on different subjects and different data collection techniques can be used according to the targeted purpose.

Although there are mostly studies on building types such as housing, office, and education in the studies examined, it has been concluded as a result of the research that POE is a method that can be applied to all types of buildings. In addition, it is seen that POE is a method that can be used not only on buildings but also for all kinds of built environments. In most of the studies, it has been determined that traditional data collection techniques are used and more up-to-date data collection techniques such as simulation are used less frequently. It is possible to carry out different studies and to deal with different subjects by spreading the methods that have been used more frequently in recent years, such as simulation and physical measurement as data collection techniques.

In future research, studies on different subjects and criteria can be done with the POE method. In particular, besides measuring user satisfaction in existing buildings, it is possible to provide input for future designs by evaluating the design decisions and results of the buildings. It is thought that the POE method can be used not only in the usage and design stages of the building life cycle, but also in the production stage, and by determining the successes and failures at this stage, it is thought that it can contribute to avoid similar problems that may be encountered in the future building production process.

It is thought that the data obtained as a result of POE studies can be used as a design criterion for architects and designers. By examining the POE studies on the type of building to be designed during the design phase of a project, it will be useful to consider the most common problems in that type of building and to learn what the users' expectations are from this type of building. User satisfaction and indoor environmental quality are the most frequently discussed issues in POE studies. Architects and designers can create design criteria for new projects by considering these issues. In this way, the repetition of dissatisfaction in the existing structures in the new buildings can be prevented and it can be beneficial to design better quality-built environments.

More conferences suitable for this field of study or workshops or seminars on this subject can be organized in order to disseminate the POE method and to present different ideas and studies. Conferences and seminars Making up-to-date speeches on POE is important in terms of following innovations and including them in studies. In addition, in order to raise awareness on the POE method, it can be considered as a subject in a part of the related courses at the undergraduate and graduate levels in universities. In this way, students' curiosity can be aroused in order to carry out studies on POE.

Guidelines on POE can be created for the practical use of the POE method. By creating evaluation templates in the guides, sample criteria and evaluation methods can be determined according to the building types or the subject to be discussed in the evaluation. In this way, it can be guided by providing a practical evaluation process for architects and researchers. We come across institutions in the world where such studies are carried out. More institutions could be established to carry out POE studies. In this way, POE can be disseminated and can be a guiding guide for users, owners and managers who want to improve the performance and quality of their buildings.

As in every profession, architecture is in a state of constant change and development. Making inferences from past studies can be considered as the most practical method for improvement. In this study, some statistical data were obtained with the evaluation made on the POE studies in buildings. It is thought that these data will be useful in both the theoretical and practical fields of architecture.

The data obtained as a result of the study will be useful in order to reveal more current studies in the academic field. It will also be useful in determining the missing points in the literature. For example, knowing the subjects and evaluation techniques or other related subjects in studies conducted in different countries can lead to studies in new subjects and fields. Academic studies support the development of architecture in the field of design and application. Such statistical data can guide architects and designers on what they should pay more attention to during the design and implementation stages of buildings.




REFERENCES

- Ahmed, H., Edwards, D. J., Lai, J. H. K., Roberts, C., Debrah, C., Owusu-Manu, D. -G. and Thwala, W. D (2021). Post occupancy evaluation of school refurbishment projects: multiple case study in the UK. *Buildings*, 11(4), 169. doi: 10.3390/buildings11040169
- Aydın, E. (2019). Bir yalın inşaat yöntemi olarak son planlayıcı sistem yaklaşımlarına yönelik meta analizi (Master's thesis). Access address: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Başol, G. (2009). Meta- analiz geneli bir değerlendirilmesi. *Sakarya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 17(4), 345–360. Access address: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/sakaefd/issue/11208/133852>
- Betts, M. and Lansley, P. (1993). Construction management and economics: A review of the first ten years. *Construction Management and Economics*, 11, 221–245. doi:10.1080/01446199300000024
- Brambilla, A. and Capolongo, S. (2019). Healthy and sustainable hospital evaluation—A review of POE tools for hospital assessment in an evidence-based design framework. *Buildings*, 9(4), 76–97. doi:10.3390/buildings9040076
- Colclough, S., Hegarty, R. O., Murray, M., Lennon, D., Rieux, E., Colclough, M. and Kinnane, O. (2022). Post occupancy evaluation of 12 retrofit nZEB dwellings: the impact of occupants and high in use interior temperatures on the predictive accuracy of the nZEB energy standard. *Energy & Buildings*, 254. doi:10.1016/j.enbuild.2021.111563
- Dülger, H. (2017). Üniversite yerleşkelerinin kullanıcı gereksinimlerine göre güncellenmesi için bir yöntem önerisi: Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Meşelik Yerleşkesi örneği (Master's thesis). Access address: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- El-Darwish, I. I. and El-Gendy, R. A. (2018). Post occupancy evaluation of thermal comfort in higher educational buildings in a hot arid climate. *Alexandria Engineering Journal*, 57, 3167–3177. doi:10.1016/j.aej.2017.11.008
- Günaçar, E. (2022). Binaların kullanım sonrası değerlendirilmesi üzerine bir meta-analiz çalışması (Master's thesis). Access address: https://acikerisim.uludag.edu.tr/bitstream/11452/26667/1/Ebru_G%C3%BCna%C3%A7ar.pdf
- Ibem, E. O., Opoko, A. P., Adeboye, A. B. and Amole, D. (2013). Performance evaluation of residential buildings in public housing estates in Ogun State, Nigeria: Users' satisfaction perspective. *Frontiers of Architectural Research*, 2, 178–190. doi:10.1016/j.foar.2013.02.001
- Ilesanmi, A. O. (2010). Post-occupancy evaluation and residents' satisfaction with public housing in Lagos, Nigeria. *Journal of Building Appraisal*, 6, 153–169. doi:10.1057/jba.2010.20

- Kahya, C. (2018). Sakarya kent park ve Sakarya park örneklerinde kullanıcı memnuniyeti ve kalite karşılaştırması (Master's thesis). Access address: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Karaağaç, S. (2020). Uyum gösteren cepheler: Bir meta analizi (Master's thesis). Access address: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Kim, Y. K., Abdou, Y., Abdou, A. and Altan, H. (2022). Indoor environmental quality assessment and occupant satisfaction: a post occupancy evaluation of a UAE University office building. *Buildings*, 12, 986. doi:10.3390/buildings12070986
- Lackney, J. A. (2001). The state of post-occupancy evaluation in the practice of educational design. Access address: <https://eric.ed.gov/?id=ED463646>
- López-Chao, V. and López-Pena, V. (2021). Purpose adequacy as a basis for sustainable building design: a post-occupancy evaluation of higher education classrooms. *Sustainability*, 13. doi:10.3390/su132011181
- Mustafa, F. A. (2017). Performance assessment of buildings via post-occupancy evaluation: A case study of the building of the architecture and software engineering departments in Salahaddin University-Erbil, Iraq. *Frontiers of Architectural Research*, 6, 412–429. doi:10.1016/j.foar.2017.06.004
- Preiser, W. F. E., Rabinowitz, H. Z. and White, E. T. (1988). Post occupancy evaluation. Access address: <https://proxy.uludag.deep-knowledge.net/MuseSessionID=0212tsyys/MuseProtocol=https/MuseHost=ebookcentral.proquest.com/MusePath/lib/uludag-ebooks/reader.action?docID=3570160&ppg=40>
- Serin, F. P. (2016). Yapım projelerinde tasarım yönetimi konu alanına yönelik meta analizi (Master's thesis). Access address: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Vásquez-Hernández, A. and Restrepo Álvarez, M. F. (2017). Evaluation of buildings in real conditions of use: Current situation. *Journal of Building Engineering*, 12, 26–36. doi:10.1016/j.jobbe.2017.04.019



ARŞİV BELGELERİNDEKİ MİMARİ ÇİZİMLERİN DİJİTALLEŞTİRİLMESİ: ÇATALCA SAVUNMA YAPILARI ÖRNEĞİ

H. Çiğdem ZAĞRA¹ , Doğa Hazal GÜNAYDIN² , Sibel ÖZDEN³ 

¹⁻²⁻³ *İstanbul Rumeli Üniversitesi, Sanat, Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, İstanbul, Türkiye.*

ÖZET

Günümüzde teknolojinin gelişmesine paralel olarak rölöve, restitüsyon ve restorasyon alanlarında dijital metotlara yönelim artmıştır. Eski çizimlerin sayısallaştırılmasının sağlayacağı olanaklar, bu artış ile araştırılmakta ve bilimsel veri olarak kullanımı değerlendirilmektedir. Bu çalışmada, savunma sistemleri ve bunların mimari yapılarıdaki etkisi olan tabyalar; arşiv belgeleri, orijinal harita-planlar ve literatür taramasından elde edilen veriler aracılığıyla Çatalca Tabyaları özelinde değerlendirilmiştir. Çatalca Tabyaları'nın dijital teknolojilerin yardımıyla, iki ve üç boyutlu çizimlerle birlikte mimari illüstrasyonları yapılmıştır. Çalışma konusu olan Çatalca Tabyaları ile alakalı arşiv belgeleri, literatür taraması vb. tüm kaynaklardan ulaşılan bulgular bir araya getirilerek değerlendirilmiş, yapıların okunaklı teknik çizimleri, belgeler üzerinden CAD çizim olarak ortaya çıkarılmıştır. Osmanlı'nın geç dönem kurgulanmış savunma yapılarının mimari özelliklerini gün yüzüne çıkarmak; tarih, mimarlık, tasarım ve teknoloji arasında ortak bir odak noktası oluşturmuştur. Kaybolmaya yüz tutmuş kültürel mirası, arşiv ve literatürdeki belgeleri kullanarak gündeme getirme girişimi, diğer tarihi yapılar için de örnek teşkil etmektedir. Böylelikle fiziksel inşadan metinsel inşaya, mimarlık pratiği ile disiplinler arası köprü; tarih, tasarım, teknoloji ve dijital arşiv belgelerinin enformasyonu ile bu çalışmada okunaklı hale gelmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Çatalca Tabyaları, Savunma Yapıları, Mimarlıkta Bilişim, Dijitalleşme, Arşiv Dokümanları.*

DIGITIZATION OF ARCHIVE DOCUMENTS IN ARCHITECTURE: EXAMPLE OF ÇATALCA DEFENSE STRUCTURES

ABSTRACT

Today, in parallel with the development of technology, the orientation to digital methods in the fields of survey, restitution and restoration has increased. The possibilities of digitizing old drawings are being investigated with this increase and their use as scientific data is evaluated. In this study, the defense systems developed by all nations and states to protect their lands throughout the history of humanity and the bastions that have an effect on architectural structures; Archival documents, original map-plans and the data obtained from the literature review were evaluated specifically for the Çatalca Bastions. Architectural illustrations of the Çatalca Bastions were made with the help of digital technologies, along with two- and three-dimensional drawings. Archival documents, literature review, etc. related to the Çatalca Bastions, which are the subject of the study. The findings obtained from all sources were brought together and evaluated, and legible technical drawings of the structures were revealed as CAD drawings over the documents. Uncovering the architectural features of the late Ottoman defensive structures; It has created a common focus between history, architecture, design and technology. The attempt to bring the disappearing cultural heritage to the agenda by using archives and documents in the literature also sets an example for other historical structures. Thus, from physical construction to textual construction, architectural practice and interdisciplinary bridge; With the information of history, design, technology and digital archive documents, it becomes legible in this study.

Keywords: *Çatalca Bastions, Defense Structures, Informatics in Architecture, Digitization, Archive Documents.*

Sorumlu Yazar : Hatice Çiğdem ZAĞRA

Makale Geliş Tarihi : 16.08.2022

Makale Kabul Tarihi : 14.12.2022

Makale Künye Bilgisi : Zağra, H.Ç., Günaydın, D.H., Özden S. (2022). Arşiv belgelerindeki mimari çizimlerin dijitalleştirilmesi: Çatalca savunma yapıları örneği. *KAPU Trakya Journal of Architecture and Design*, 2(2), 85-104.

1. GİRİŞ

Bilgi ve iletişim teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte veriye zamandan ve mekândan bağımsız olarak ulaşmak kolaylaşmıştır. Verilerin bilgiye nasıl dönüştürüleceği ve sürdürülebilir olacağı konusundaki tartışmalar ve arayışlar ise hala devam etmektedir. Mimaride bilgiye ulaşmanın yollarını keşfetme, yeni algı ve yeni aktarım biçimleri geliştirme, farklı yaklaşımlar üretme ihtiyacı yaratmaktadır. Mimari ve tarih açısından bilgiye ulaşmanın yollarından biri de çeşitli arşivlerdeki belgelerdir. Bu arşiv belgelerinde yer alan mimari çizimler, tarihi yapıların restorasyonu ve yeniden işlevlendirme çalışmaları için ana kaynak olup altlık oluşturmaktadır.

Dijital arşivlerdeki belgelerin bilimsel, yazılı veya görsel kaynaklara dönüştürülmesinin bilgiye erişimi kolaylaştıracağı ve bilginin dönüştürülmesinde aktif rol oynayacağı öngörülmektedir. Çünkü bilgi ve iletişim çağının önemli bir parçası olan veri görselleştirme, sayısal veri analizi ve veri haritalama yöntemleri geleneksel yöntemlere kıyasla elde edilen verilerin çok boyutlu, sürekli, eş zamanlı ve güncel olmasını sağlamaktadır. Sayısal yöntemlerle, veriler kolaylıkla kullanılabilir bilgiye dönüşmekte ve kullanıcının kullanabileceği bir ara yüz haline gelmektedir. Büyük miktarlardaki karmaşık verilerin sayısallaştırılması, bilgilerin yorumlanmasını kolaylaştırmak için önemlidir. Aynı zamanda dijital veriler güncellenebildiği ve erişilebilirliklerinden dolayı ön plana çıkmakta ve araştırmaya kullanımı kolay girdiler sağlamaktadır. Bu güncellemelerin somut örnekleri incelendiğinde, literatürde karmaşık mimari değer taşıyan pek çok yapının sayısallaştırıldığı görülmektedir. Buna örnek olarak, Küçük ve Eyüpgiller'in (2018) "Çatalca Vilayeti'nde Camiye Çevrilen Kiliselerin Dönüşüm Süreci ve Mimari Analizi" isimli çalışma verilebilir. Çatalca Vilayeti'nde, Türkiye ile Yunanistan 1923-1930 yılları arasında meydana gelen nüfus mübadelesi öncesinde bulunan yaklaşık 30 kiliseden günümüze yalnızca sekiz kilisenin ulaşması sebebiyle, harap olan kiliselerin kültür envanterini oluşturmak amacıyla Osmanlı arşiv belgelerinden yararlanılarak mimari özellikleri incelenmiştir. Çalışmanın amacı yapıların belgelerini sayısallaştırarak analiz edilebilir özelliklerini ve potansiyellerini ortaya koymak ve kaybolan tarihi mirası ortaya çıkarmaktır. Zamanla teknoloji ve bilimin ilerlemesiyle, savunma ekipmanları ve buna bağlı uygulamalar, savunma yapılarını, mimarisini ve işleyişlerini geliştirmiş, toplumların tarihteki yerini; sosyal, kültürel, idari ve ekonomik yapıları hakkında yorum yapmayı mümkün kılmıştır. Bahsi geçen savunma sistemlerinin ve buna bağlı olarak gelişen mimarinin süreci, askeri alanda köklü değişimlerin yaşandığı XIX. yüzyılda meydana gelmiş ve inşa edilen savunma yapıları dönem paradigmasının bir ürünü olarak karşımıza çıkmıştır.

Osmanlı İmparatorluğu için önemli olan askeri tabya ve savunma yapıları, tarih ve mimari arasında oluşturdukları köprü görevi nedeniyle stratejik bir yerde bulunmaktadır. Günümüzde yaklaşık altısının ancak dijital arşivde on tanesinin izinin sürülebildiği bu önemli yapılar, bakımsızlık, doğal olaylar ve beşerî faktörler sebebiyle yok olma tehlikesiyle karşı karşıyadır. Osmanlı'nın askeri mimarisi içerisinde önemli bir yer edinen, tarihi, askeri, mimari bağlamlarda bilgiler sunan tabyalarla ilgili Çatalca özelinde daha çok çalışmanın yapılması, korunmalarını ve nesillere aktarımına yardımcı olacağı düşünülmektedir. Günümüzde az sayıda olan ve dağınık halde bulunan bu özel savunma yapıları, ulaşım bakımından da erişim zorluğu içermektedir. Bu sebeple çalışma kapsamında Çatalca Tabyaları özellikle tercih edilmiş, böylelikle tabyaların Osmanlı savunma sisteminin izini sürmeyi sağlaması, beraberinde araştırmaya değer bir konuyu gündeme getirmiştir. Çatalca tabyalarının, akademik anlamda araştırılması oldukça önemli olup elde edilen bulgular ışığında tespit edilebilen tabyaların dijital yöntemlerle mimari planlarının okunabilir hale getirilmesi ve beraberinde bu yapıların algılanabilmesi için neler yapılması gerektiğini tartışmak çalışmanın içeriğini oluşturmaktadır. Nitekim dijitalleştirme çalışmaları Çatalca Tabyaları gibi yapıların gün yüzüne çıkarılması ve restitüsyonu için ideal bir yöntem olmaktadır.

Çatalca Tabyalarını mimarlıkta geniş bir kullanım alanına sahip modern yöntemlerle (CAD-BIM Modelleme) sayısallaştırmak mümkündür. Dijitalleştirme yöntemleri ile arşiv belgelerinin üzerinden yapılan AUTOCAD çizimleri, 3 boyutlu modellemeler ve CAD-BIM alt tabanlı aksonometrik perspektif diyagramlarıyla oluşturulan görsel veriler, arşiv belgelerinde sayısallaştırmanın tercih sebebi olduğunu destekler niteliktedir. Nitekim, rölöve çalışması yapılan tarihi yapıların iki boyutlu çizimlerinin yanı sıra üç boyutlu görsel sunumlarında bu çizimleri desteklemesi söz konusu olup, bu amaçla yapılan çalışmalardan elde edilen veriler: El çizimleri, CAD ortamında hazırlanmış bilgisayar

çizimleri, 3D görselleştirmeler, sanal gezinti veya animasyonlar olarak sunulabilmektedir (Osmani, 2019).

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde arşiv dökümanlarının dijitalleştirme ve sayısallaştırma yöntemleri hakkında bilgi verilmiştir. Dijitalleştirme çalışmalarının amacı, tanımı ve önemi vurgulanarak çalışma konusundaki yeri açıklanmaya çalışılmıştır. Sayısallaştırılma adı altında yer alan yöntemler irdelenmiştir. Bu dijitalleştirme çalışmaları, metin içerisinde bahsedilen program, uygulama ve yöntemlerle görsel örnekler üzerinden aktarılmıştır.

2. 1. Dijitalleştirme Çalışmaları

Dijitalleştirme, kâğıt, fotoğraf, resim gibi grafik materyallerin elektronik ortama aktarılması ve saklanması işlemi olarak tanımlandığı bilinmektedir. Başka bir deyişle dijitalleştirme, sanal ortamda çeşitli yazılımlarla tanımlanamayan bilgi ve belge niteliği taşıyan dökümanların elektronik ortamda tanımlanabilir hale gelmesini sağlar (Külcü, 2010).

1960'lı yıllarda bilgisayarların mimarlık disiplinine dahil olması ile mimarlıkta yeni bir dönem başlamıştır. Öncesinde temsil araçları olarak iki boyutlu çizim, perspektif ve maket gibi ifade teknikleri kullanılırken dijitalleşme başladığından itibaren iki boyutlu çizim aşamalarında çeşitli CAD programları kullanılmıştır. Autodesk firmasının ürettiği Autocad yazılımı ile geleneksel yöntemlerle uzun zaman alan plan, kesit, görünüş, perspektif gibi iki boyutlu çizimler kısa zamanda yapılmaya başlanmıştır. Bunun yanı sıra, teknolojinin gelişmesiyle birlikte Sketchup, 3dsMax gibi üç boyutlu modelleme yazılımları da tasarım ürününün ve mimari mekânın ifade edilmesinde önemli rol oynamıştır. Üretken tasarım araçlarının keşfi ile bilgisayar programları tasarım alternatifleri üretebilen bir tasarım ortamı haline gelmiştir (Turan, 2011).

Mimarlıkta projelerin dijital ortama aktarılabilmesi ve bilgisayarların fikir, tasarım, uygulama aşamalarında kullanımı birçok avantajı beraberinde getirmiştir. Dijital ortama aktarılan mimari proje verileri kolay bir şekilde ulaşılabilir, internet aracılığıyla paylaşılabilir, farklı paydaşlar tarafından ortak kullanılabilir ve harici bellekte saklanabilmektedir. Tüm bunların yanı sıra, dijital ortamdaki sayısallaştırılmış veri, analiz edilebilir dolayısıyla karşılaştırılabilir hale gelmiştir.

Mimarlık ürününün dijitalleştirilmesi, arşiv verilerinin sayısallaştırılarak depolanması, internet ortamında sunulması, verilerin haritalanması, üç boyutlu sayısallaştırma gibi bir dizi yöntemden meydana gelebilir. Dijitalleştirme çalışmaları verilerin çokluğuna ve niteliğine göre değişiklik gösterebilmektedir. Bu çalışmada, Osmanlı arşiv verileri ışığında Çatalca Tabyalarına ilişkin arşivlerde bulunan eski haritaların ortaya çıkarılması, bu haritaların tanıtılması, belli bir sistematik dâhilinde sınıflandırılmasıyla birlikte tarihi değere sahip yapıların verilerinin sayısallaştırılarak literatüre kazandırılması hedeflenmektedir. Bu bağlamda söz konusu çalışmada hazırlanan üç boyutlu modelleme ve illüstrasyonlar için pek çok önemli uluslararası bilimsel çalışmalar incelenmiştir. Bu örneklerden bir tanesi "The German Fortress of Metz 1870-1944" adlı eserdir. 1870-71 Fransa-Prusya Savaşı'nda Fransa'nın yenilmesinin ardından, Alman Ordusu yeni topraklarını korumak için Strasbourg'dan Lüksemburg'a kadar bir kale hattı inşa etmeye başlamıştır (Donnell, 2013). Thionville kalesiyle ilgili nadir fotoğraflar ve tam renkli kesit resimlerle oluşturulan bu kitap, kalenin tasarımını ve gelişimini incelerken üç boyutlu illüstrasyonlarla aktarılmaya çalışılan konu zenginleştirilmiştir. Bir diğer örnek ise Çanakkale ve Edirne Tabyaları ile ilgili yapılmış çalışmadır (Acioğlu, 2016). Zağra (2021) "Edirne'de 19. Yüzyıl Savunma Yapılarında Silah Teknolojisinin Rolü" isimli bildirisinde, Edirne Tabyaları hakkında bilgi vermiş ve dijitalleştirilmiş çizimlere yer vermiştir.

Mevcut ve yeni tasarlanan ürünün karşılaştırılması aşamalarında sayısallaştırılmış veri üzerinden matematiksel analiz yapmak daha tutarlı bir yol izlenmesini sağlamaktadır. Dijital ortamdaki veriler güvenli bir şekilde arşivlenebilir ve saklanabilir. Disiplinlerarası paylaşım, iş birliği ve çalışma ortamı kolaylıkla oluşturulabilir. Tasarım alternatifleri hızlı bir şekilde üretilebilir ve görselleştirilebilir. İnternet ortamında eş zamanlı tasarım süreçleri geliştirilebilir. Bu yöntemle, arşiv belgelerinin

üzerinden bilgisayar ortamında üzerinden çizilen iki boyutlu verileri rölöve çalışmalarında kullanmak da mümkün olmaktadır.

2.2 Osmanlı Arşiv Belgelerinin Sayısallaştırılması

Bilgi ve iletişim teknolojilerinin gelişiminin bir sonucu olarak veriye ulaşmak kolay bir hale gelmiştir. Verinin bilgiye dönüştürülerek nasıl kullanılacağına dair tartışmalar ve arayışlar ise devam etmektedir. Mimarlıkta bilgiye ulaşmanın yollarının keşfi, yeni algılama ve yeni aktarma biçimleri geliştirme yoluyla farklı yaklaşımlar üretmek ihtiyacını de beraberinde getirmektedir (Düzgün ve Yıldız, 2018). Mimarlık tarihi açısından bilgiye ulaşmanın bir yolu da çeşitli arşivlerde yer alan belgeleri kapsamaktadır. Osmanlı arşivinden elde edilen literatür, bu topraklarda gerçekleşen imar hareketliliği belgelerinin en önemli dijital arşivi niteliğindedir. Arşiv belgelerindeki çizimler, orijinal renk ve dokudan bağımsız olup bizlere oranlar, yükseklik, malzeme ve çizimin niteliği (kesit vb.) hakkında bilgi vermektedir.

Dijital arşivlerdeki belgelerin bilimsel, yazılı veya görsel kaynaklara dönüştürülmesinin bilgiye erişimi kolaylaştıracağı ve bilginin dönüştürülmesinde aktif rol oynayacağı öngörülmektedir. Çünkü bilgi ve iletişim çağının önemli bir parçası olan veri görselleştirme, sayısal veri analizi ve veri haritalama yöntemleri, geleneksel yöntemlere kıyasla elde edilen verilerin çok boyutlu, sürekli, eş zamanlı ve güncel olmasını sağlamaktadır. Sayısal yöntemlerle, veriler kolaylıkla kullanılabilir bilgiye dönüşmekte ve kullanıcının kullanabileceği bir arayüz haline gelmektedir. Bu anlamda büyük miktarlardaki karmaşık verilerin sayısallaştırılması, bilgilerin yorumlanmasını ve yorumlanmasını kolaylaştırmak için önemlidir. Aynı zamanda dijital veriler güncellenebildiği ve erişilebildiği için ön plana çıkmakta ve araştırmaya kullanımı kolay girdiler sağlamaktadır. Dijitalleştirme ile, var olan fazla sayıda veri işlenmekte, istatistiksel analizler yapmaya yardımcı olmakta ve iletişim çağının getirdiği bilgiye zamandan ve mekândan bağımsız olarak ulaşabilme olanağı sağlamaktadır.

Önge (2020), mimari mirasın koruma projesi hazırlama sürecine yaklaşımında sunduğu önerinin sentez aşamasında karşılaştırmalı çalışmanın önemine değinmiş, kaynakça olarak tarih boyunca yapılmış benzer özellikler taşıyan yapıları analiz etmenin faydasını açıklamıştır. Önge'nin değindiği restitüsyon aşamalarında plan organizasyonu, yapısal elemanlara ait formların analizi ve elemanların boyut ve malzeme özelliklerine ilişkin fikir edinmede kayda değer bilgilere sahip olduğu görülmüştür (Önge, 2020).

Âtıl durumda bulunan ve yok olmakla karşı karşıya kalan Çatalca Tabyalarının arşiv belgeleri mevcut hallerinin varlığını belgelemektedir. Söz konusu verilerin sayısallaştırılması, bu çalışmada mimari restitüsyon için uygun görülmektedir. Restitüsyon, tarihi bir yapıyı eldeki bilgilere göre aslına uygun olarak çizimine verilen addır. Bu bağlamda çizim kaynağı bilgiler; tarihi resimler, gravürler, fotoğraflar olabildiği gibi yazılı anlatımlar da olabilir. Böylece Çatalca özelinde verilerin sayısallaştırılarak kullanılmasının ise mevcut durumun belgelenmesi, karşılaştırma ve analizlerin dolayısıyla mimari tasarımlara ilişkin çıkarımların yapılabilmesi için avantaj sağlayacağı düşünülmektedir.

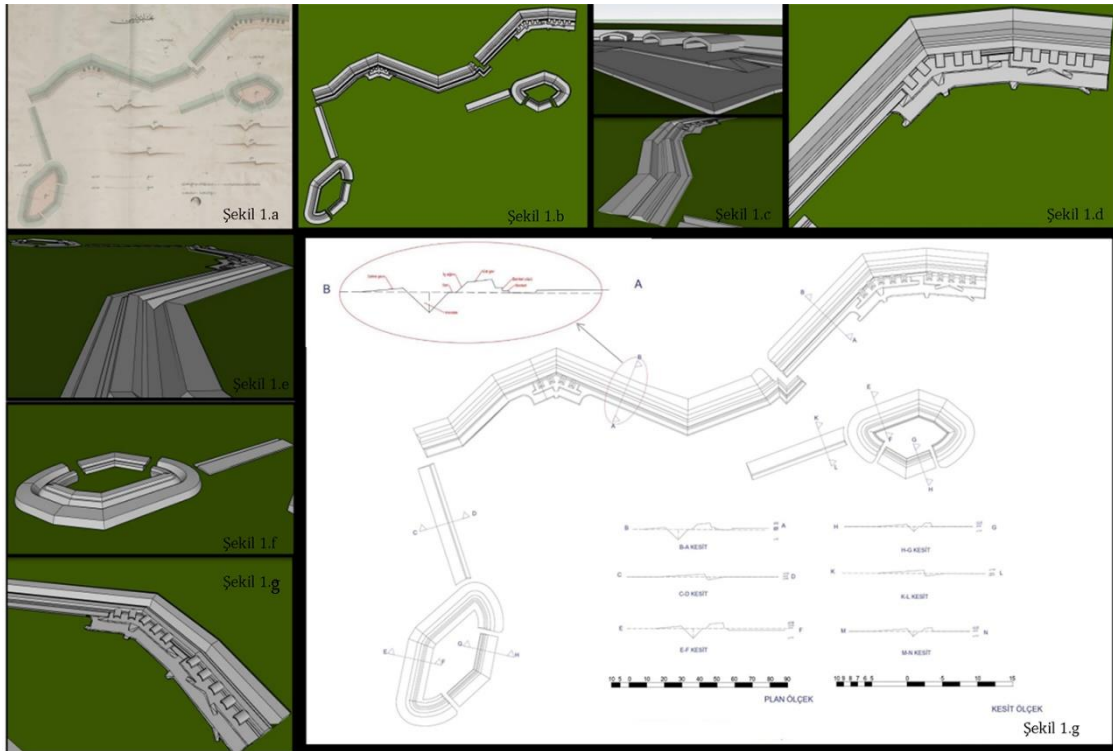
2.2.1. Sayısallaştırmada İzlenen Yöntemler

Çalışma kapsamında ekran önündeki belgelerin mimari çizim ve sunum programlarıyla dijitalleştirilme uygulamalarından önce, mevcut belgenin ekran önüne nasıl aktarıldığı ve sayısallaştırıldığını incelemek gerekmektedir. Bu çalışma sırasında çeşitli işlemlerin birbirlerini takip ettiği görülmektedir.

Arşivlerde bulunan her tür arşiv malzemesi, arşivcilik tekniklerine uygun standartlarda mikrofilm ile sayısal ortama aktarılmaktadır. Bu sayede somut nitelikli belgeler, kopyalanarak sayısal ortama aktarılmakta, kullanıcıları bu malzemeleri taşımaktan, zaman kaybından ve olası belge tahribatının oluşmasından kurtarmaktadır. Özellikle Osmanlı Arşivi'nde mevcut arşiv malzemeleri ve nadir eserlerin durumu (kâğıt, mürekkep, estetik, tarihi değer vb.) dikkate alındığında, malzemeye zarar vermeyecek sayısallaştırma cihazlarının kullanımı önem teşkil etmektedir. Bu bağlamda dokümanı yatay konumda mikrofilm ve sayısal ortama aktarabilecek tarayıcı kameraların kullanımı tercih edilmektedir. Tasniflendirilmiş arşiv malzemeleri, mikrofilm ve sayısal ortama aktarılmak üzere

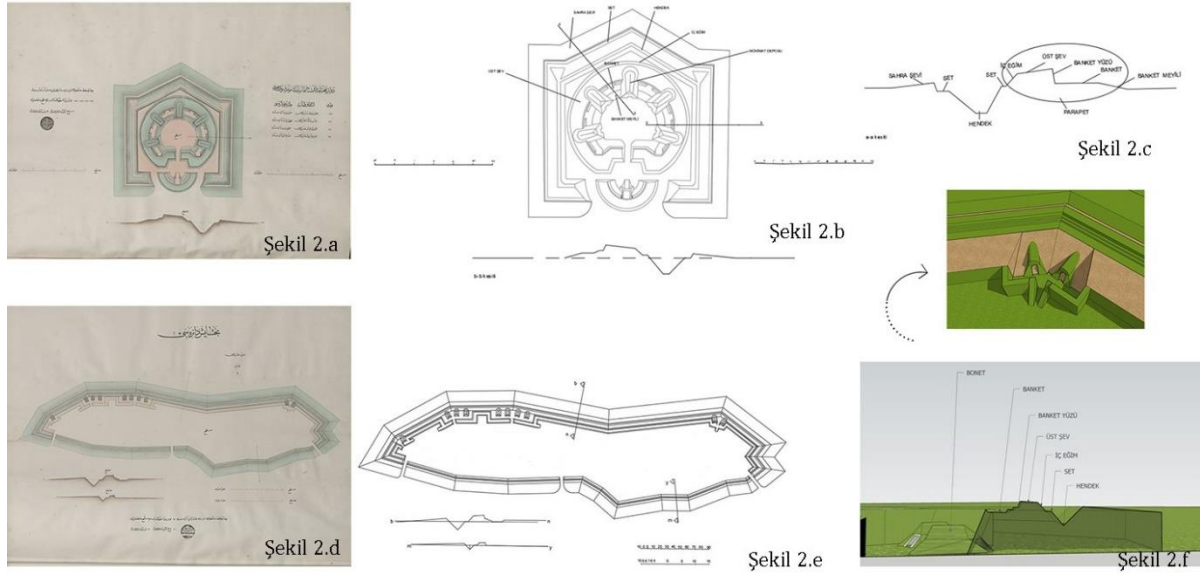
gerekli sınıflandırılmalarla düzenlenmektedir. Bu yöntemlerle, kullanıcılar kataloqlara ve belgelerin sayısal görüntülerine çok hızlı erişim sağlamaktadır. Belgelerin orijinaleri yerine sayısal görüntüleri ile çalışılması sonucu arşiv malzemesinin fiziki yıpranmasını önlenerek yerli ve yabancı araştırmacıların belge kopya taleplerinin hızlı bir şekilde karşılanması sağlanmaktadır.

Belgelerin bilgisayar ortamına aktarılmasından sonra, gerekli dijital çizimlerin yapılması mümkün olmaktadır. Nadir eserlerin ekrandan ulaşılmasıyla elde edilen plan, harita, kroki ve teknik çizim görüntüsü araştırmacının bilgisayarına kaydedilebilir. Kaydedilen görüntü iki boyutlu veriler için CAD programlarına (Archicad, Autocad vb.) aktarılır. Örneğin, çalışma için seçilen Çatalca Eskiçe Tabyası'nın Nadir Eserler Kütüphanesi'nde bulunan dijital sayısallaştırılmış görüntüsü kişisel bilgisayara, devamında halihazırda sayısallaştırılmış bu plan görüntüsü, Autocad programına aktarılmıştır (Şekil 1.a). Autocad programında çeşitli komutlarla tabya planının üzerinden çizim yapılmıştır (Şekil 1.g). Autocad çizimi üzerinden yükseltilecek oluşturulmuş çeşitli tabya noktaları da modellenmiştir (Şekil 1.b, Şekil 1.c, Şekil 1.d, Şekil 1.e, Şekil 1.f, Şekil g).



Şekil 1. Çatalca Tabyalarına ait arşiv belgesi üzerinden CAD çizimiyle oluşturulmuş iki boyutlu plan ve modelleme çalışmaları, (Tabya görüntüsü, (NEK, 93178-0007), Şekil 1.a, Tabya bölümlerinin Sketchup programında modellenmiş halleri ve autocad programında hazırlanmış 2 boyutlu dijitalleştirilmiş çizimi, (Şekil 1.b, Şekil 1.c, Şekil 1.d, Şekil 1.e, Şekil 1.f, Şekil g))

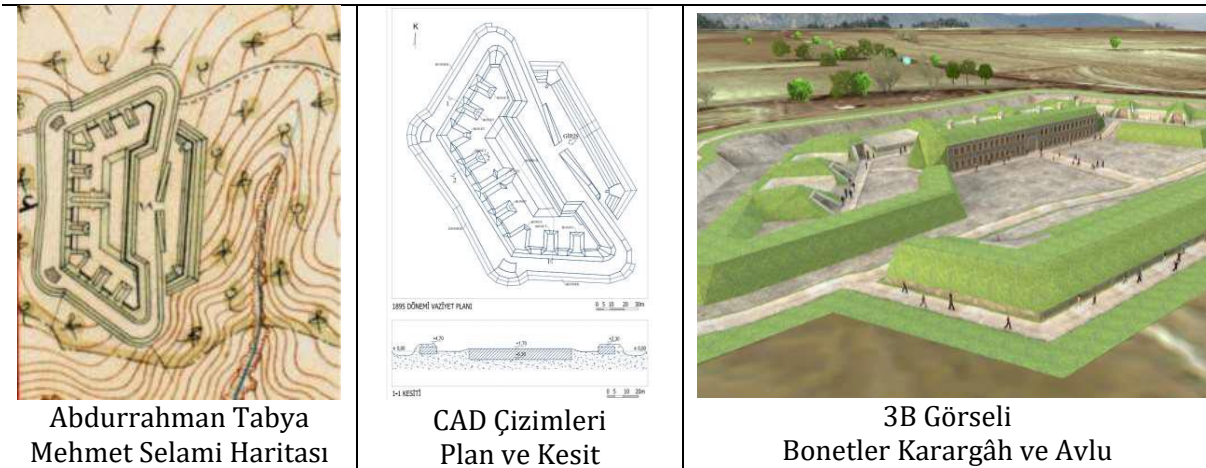
Şekil 1'de verilen çalışmaya benzer çalışma Hamidiye ve Arap Tabyaları içinde yapılmıştır. Bu bağlamda Şekil 2.a Hamidiye Tabyası'nın Nadir Eserler Kütüphanesi'nden alınıp dijitalleştirilmiş görüntüsü yer almakta, Şekil 2.b ve Şekil 2.c "2 boyutlu" Autocad programından elde edilmiş çizimleri içerirken, Şekil 2.d Arab Tabya'nın Nadir Eserler Kütüphanesi'nden alınıp dijitalleştirilmiş görüntüsünü, Şekil 2.e "2 boyutlu" Autocad programından elde edilmiş çizimini, Şekil 2.f ise Arab Tabya'nın Sketchup programından alınmış kesit görüntüsünü temsil etmektedir.



Şekil 2. Tabyaların harita üzerinden CAD çizimiyle oluşturulmuş iki boyutlu plan çizimi ve modellemeleri, (Hamidiye Tabyası'nın (NEK, 93178-00011) ve Arab Tabya'nın (NEK, 93178-0006) Nadir Eserler Kütüphanesi'nden alınan planın dijital görüntüsü, (Şekil 2.a ve Şekil 2.d), Arab Tabya bölümlerinin Sketchup programında modellenmiş halleri ve kesiti, (Şekil 2.f), Hamidiye Tabyası'nın ve Arab Tabya'nın autocad programında hazırlanmış 2 boyutlu dijitalleştirilmiş çizimi, (Şekil 2.b ve Şekil 2.e)),

Yapılan çizimde "trim, explode, delete, align" komutları kullanılarak "layerlar" ile katmanlar açılarak çizim hazırlanmıştır. Bu sayede, nadir eser görüntüsü kaldırıldığında, dijital ortamda hazırlanmış iki boyutlu CAD görüntüsü oluşturmak mümkün olmuştur.

İki boyutlu plan hazırlandıktan sonra, çizim üç boyutlu BIM veya modelle programlarının tümüne aktarıldığı zaman (Revit, Cinema 4D, 3DsMax, Sketchup, Lumion, Maya vb.) yapının çeşitli komutlar ve ölçüler doğrultusunda "yükseltilecek" üç boyutlu perspektif görüntüleri üretilmiştir. Bu sayede modellenen yapının, üç boyutlu perspektif diyagramlarını yapmak mümkün olurken mimari anlatım teknikleri bağlamında çeşitlilik oluşturmak hedeflenmiştir. Hazırlanan üç boyutlu modeller render programları aracılığıyla gerçeklik kazanmakta ve yapının daha iyi algılanmasına yardımcı olmaktadır. Photoshop gibi programlara aktarılan model veya render görüntüsü üzerinden çeşitli düzenlemeler, anlatım tekniğini iyice güçlendiren bir diğer dijital yöntemleri oluşturmaktadır. Örnek olarak, Şekil 3'te Edirne'de bulunan Abdurrahman Tabya'nın Mehmet Selami Haritası'ndan alınmış arşiv belgesindeki çizimin CAD ortamına aktarılarak gerçek ölçülerinde plan ve kesit olarak ifadesi ve 3D (üç boyutlu) görseli yer almaktadır.



Abdurrahman Tabya
Mehmet Selami Haritası

CAD Çizimleri
Plan ve Kesit

3B Görseli
Bonetler Karargâh ve Avlu

Şekil 3. Abdurrahman Tabya Arşiv Belgesi, CAD Çizimleri ve 3 Boyutlu Görseli, (Zağra, 2016)

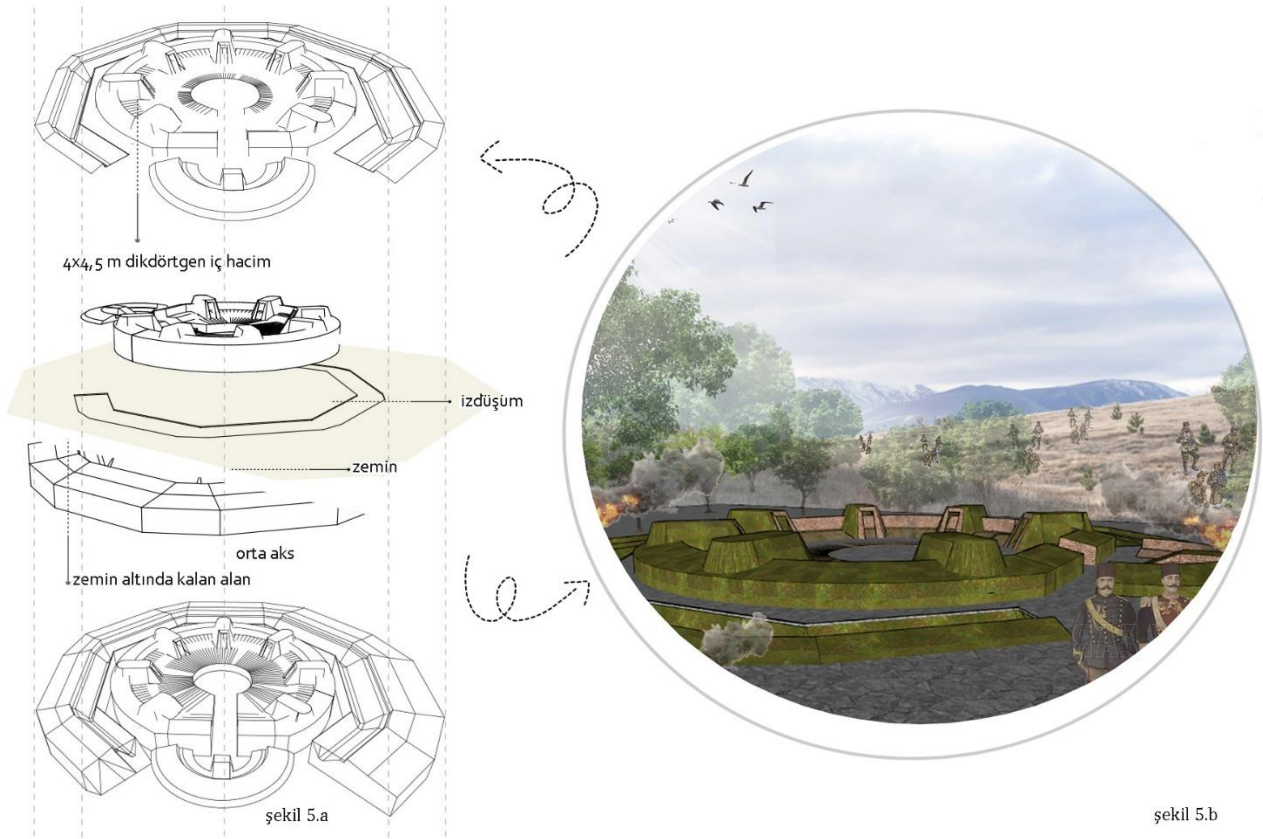
İllüstrasyon yoluyla karmaşık çizim veya nesnelere, enformatik yöntemlerle alıcılara aktarılmaktadır. Uygulamacı, çeşitli ayrıntıları bilgisayar ortamında düzenleyerek görsel sunumlara dönüştürmek için bilgisayar programlarından yararlanmaktadır. Oluşturulan görseller iki veya üç boyutlu olabilmektedir. Bununla beraber çeşitli video ve animasyon programlarıyla (Maya, Cinema 4D, 3Ds Max vb.) animasyon filmlerinin hazırlanması mümkün olmaktadır.

Teknik çizim ve görsel algının özel olarak harmanlandığı mimari illüstrasyonlarda ise tasarımcı kendi üslubunu ve sanatsal çizgilerini oluşturabilmektedir. Bu tarz mimari illüstrasyonlar ve modeller genellikle mimari-tasarım yarışmaları, dijital pazarlama, müşteri sunumları, grafik tasarım, satış sahaları ve sanatsal her türlü çalışmada kullanılabilir. Çalışma kapsamında bu duruma örnek olarak Eskice Tabyası'nın illüstrasyonu yapılmıştır (Şekil 4).



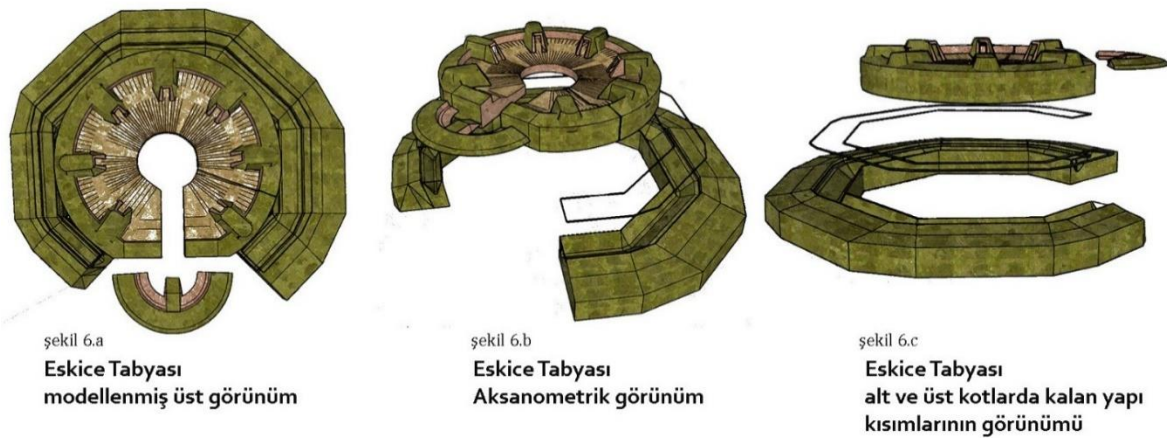
Şekil 4. Çatalca Eskice Tabyası'nın mimari illüstrasyonu

Özellikle tarihi değeri bulunan eski yapılar, illüstrasyonun sanatsal diliyle çok daha farklı ve ilgi çekici bir hale gelebilmektedir. Uygulamalarda siyah-beyaz veya renkli şekilde eserin kendine ait renk tonlarından çalışma üretmek mümkündür. Yapı ve mekânı illüstrasyon diliyle aktarmak ve anlamlandırmak mimarlık disiplinine farklı bir dokunuş getirmektedir. Bu şekilde dijitalleştirme yoluyla yapılan sayısallaştırma yöntemleriyle, tarihi yapıların ölçü, malzeme vb. bilgileri çıkarılmaya da çalışılmaktadır. Nitekim bu ilerlemeler mimarlık tarihi için de ayrıca önemlidir. Çatalca Eskice Tabyası'nın bu anlamdaki mimari diyagramı (Şekil 5.a) ve illüstrasyon görüntüsü (Şekil 5.b) ve renklendirilmiş mimari oluşum model diyagramı (Şekil 6) verilmiştir.



Şekil 5. Çatalca Eskice Tabyası'nın diyagramı (Şekil 5.a) ve illüstrasyon çizimi (Şekil 5.b)

Bununla birlikte verilerden elde edilen temsil ve tasarım aracı olarak yer edinen bu diyagramlar mimarlıkta önemli anlatım tekniklerini oluşturmaktadır. İllüstrasyon ve çeşitli dijitalleştirmelerle hazırlanan diyagramlar, biçimsel ve çevreyle kurulan bağlantının sembolüdür. Mimarlıkta temsil ve ifade aracı olarak kullanılan diyagram kavramı, geleneksel iki boyutlu temsil araçlarından farklılaşarak görsel algıda vurgulayıcı bir etkiye sebebiyet vermektedir. Dijitalleştirme yöntemiyle elde edilen teknik anlatım biçimli diyagramlar, disiplinlerarası bağlayıcı, farklı bağlamların ilişkilendirilmesini sağlayan yapı ve çevresel etmenleri niteleyen bir araca dönüşmektedir. Diyagramlar bu anlamda hem temsil hem tasarım araçlarıdır.



Şekil 6. Çatalca Eskice Tabyası'nın üç boyutlu mimari diyagramı, (Eskice Tabyası'nın modellenmiş üstten görünümü (Şekil 6.a), aksanometrik model görünümü (Şekil 6.b), Tabya'nın alt ve üst kotlarda kalan yapı kısımlarının diyagram şeklinde modellenmiş hali (Şekil 6.c))

3. BULGULAR

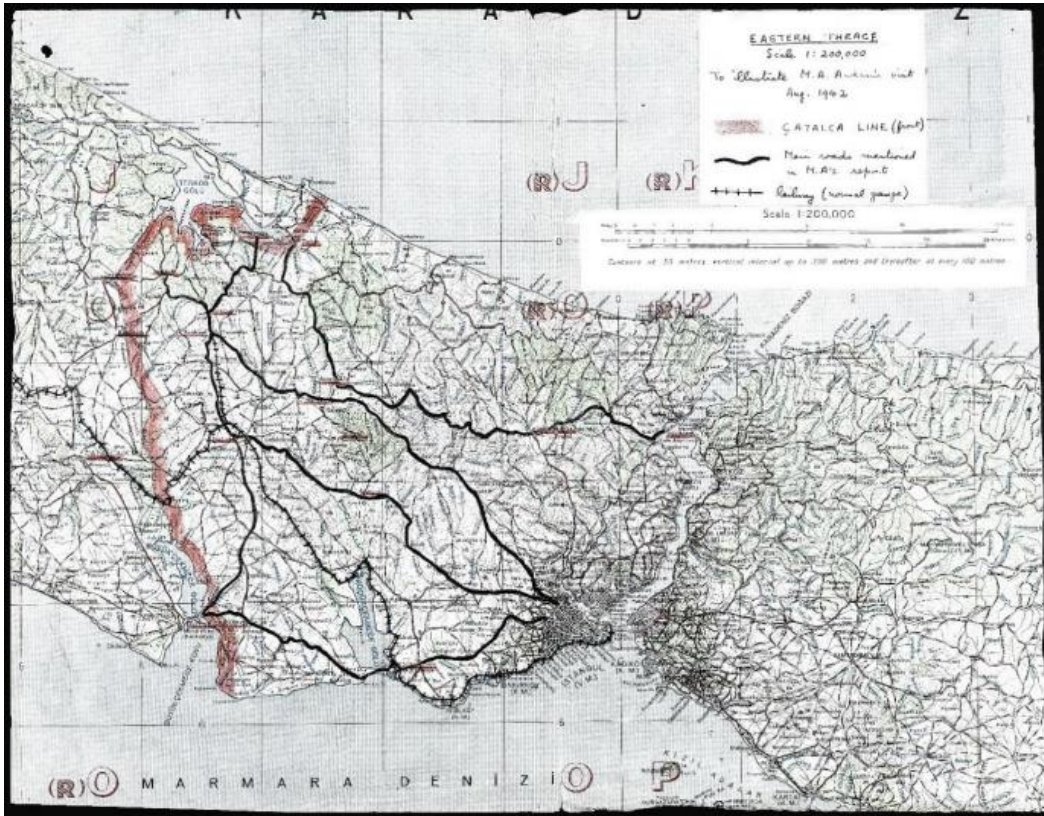
Bu bölümde makalede seçilen yer olan Çatalca bölgesinin savunma yapıları tabyalarıyla birlikte incelenmiştir. Bölgedeki tabyalar listelenmiş, genel tabya mimarisine değinilerek seçilmiş yapıların mimari özellikleri incelenmiştir. Arşiv belgelerinde mevcut olan Çatalca tabyalarının mimari planları dijital ortama aktararak sayısallaştırma yöntemi uygulanmıştır. Seçilen örnek yapılar rölöve ve sayısallaştırma yöntemleriyle somut değerlerle ifade edilmeye çalışılarak mimari sürekliliğin okunması hedeflenmiştir. Arap Tabya ve Eskice Tabyası sayısallaştırılarak, rölöve ölçüleri ve Osmanlı arşiv belgelerinin dijitalleştirilmiş halleri arasındaki uyumluluk sorgulanarak karşılaştırılmıştır.

3.1 Çatalca Savunma Yapıları (Tabyalar)

Bu bölümde Çatalca bölgesi hakkında kısa bir bilgi verildikten sonra, Çatalca Savunma yapılarının konumu, tarihçesi ve çalışma çerçevesi neticesinde kapsamı ele alınacaktır.

3.1.1 Çatalca

Trakya Bölgesi, coğrafi konumu sebebiyle tarih boyunca önemli bir alan olmuştur. Bölgenin Karadeniz ve Ege'ye açılırken Anadolu için de bir geçiş noktası olması, tarih boyunca saldırı ve işgallere uğramasına neden olmuştur (Yeler, 2013). Çatalca, geçmişten günümüze İstanbul'un savunmasında önemini korurken, kentin gıda ve su gereksinimini karşılaması yönünden de önemlidir. Çatalca'nın surları, İmparator Anastasius (491-518) tarafından inşa ettirilmiştir (Salikoğlu, 2019). Böylece bölgede Bizans döneminden itibaren süregelen bir savunma yapısı zincirinin varlığından ve Çakmak savunma hattından (Şekil 7) söz etmek kolaylaşmaktadır.

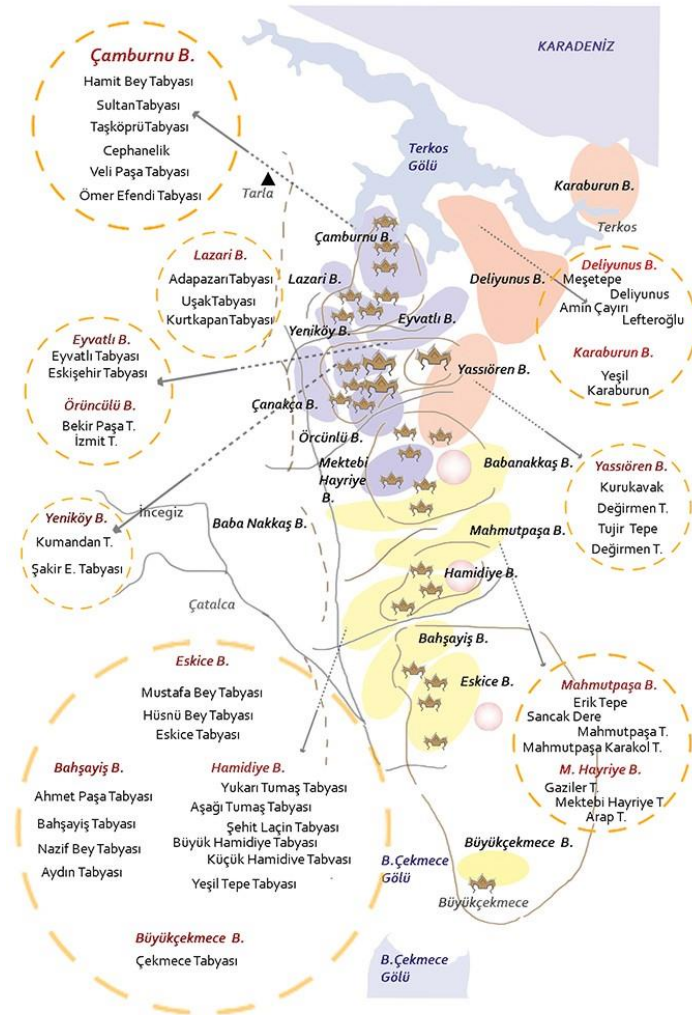


Şekil 7. Çatalca Hattı'nın detaylı bir haritası, (Çelik, 2020)

3.1.2. Çatalca Hattı ve Savunma Yapıları

Çatalca Savunma Hattı, ilk olarak 93 Harbi'nde Ruslara karşı oluşturulmuş ve ilerleyen yıllarda özellikle Balkan Savaşları'nda (1912-1913) yoğun olarak kullanılmıştır. Yaklaşık 30 km uzunluğundaki Çatalca Savunma Hattı, Büyükçekmece ile Terkos Gölü arasında Karadeniz'den

Marmara'ya doğru konumlanmaktadır (Şekil 8). Trakya'da Millî Mücadelede önemli rol oynayan bölge devamında savunma bölgesi olma statüsünü İkinci Dünya Savaşı (1939-1945) döneminde de devam etmiştir.



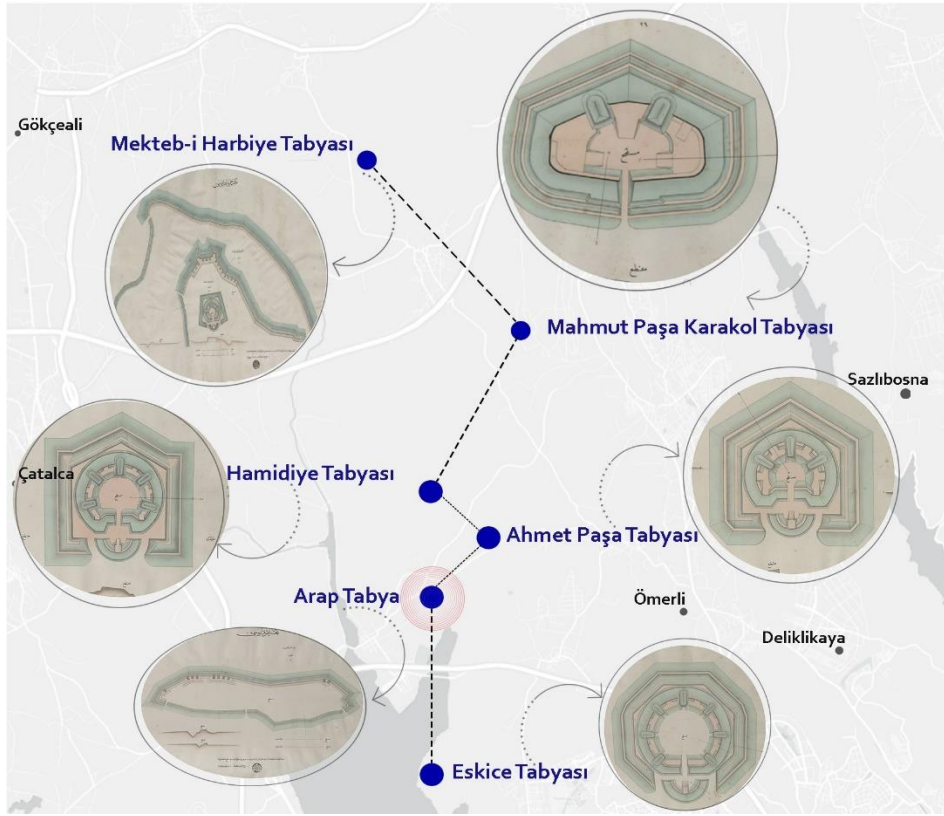
şekil 8.a

Çamburnu Bölgesi	Hamidiye Bölgesi
Hamit Bey Tabyası	Yukarı Tumaş Tabyası
Sultan Tabyası	Aşağı Tumaş Tabyası
Taşköprü Tabyası	Şehit Laçın Tabyası
Cephanelik	Büyük Hamidiye Tabyası
Veli Paşa Tabyası	Küçük Hamidiye Tabyası
Ömer Efendi Tabyası	Yeşil Tepe Tabyası
Örcünlü Bölgesi	Yeniköy B.
Bekir Paşa Tabyası	Kumandan T.
İzmit Tabyası	Şakir E. Tabyası
Eskice Bölgesi	Lazari Bölgesi
Mustafa Bey Tabyası	Adapazarı Tabyası
Hüsnü Bey Tabyası	Uşak Tabyası
Eskice Tabyası	Kurtkapan Tabyası
Mahmutpaşa Bölgesi	Bahşayış Bölgesi
Erik Tepe	Ahmet Paşa Tabyası
Sancak Dere	Bahşayış Tabyası
Mahmutpaşa T.	Nazif Bey Tabyası
Mahmutpaşa Karakol T.	Aydın Tabyası
Büyükçekmece B.	Eyvatlı Bölgesi
Çekmece Tabyası	Eyvatlı Tabyası
	Eskişehir Tabyası
Deliyunus Bölgesi	Yassıören B.
Meşetepe	Kurukavak
Deliyunus	Değirmen Tabyası
Amin Çayırı	Tujir Tepe
Lefteroğlu	Değirmen Tabyası
Mekteb-i Hayriye Bölgesi	Karaburun Bölgesi
Gaziler Tabyası	Yeşil
Mekteb-i Hayriye Tabyası	Karaburun
Arap Tabyası	

şekil 8.b

Şekil 8. Çakmak ve Çatalca Hattındaki tabya ve askeri alanların gösterimi (Şekil 8.a) ve bölgelerin sınıflandırılması (Şekil 8.b)

Terkos Gölü yakınlarından Büyükçekmece'ye kadar olan bölgede iki hat şeklinde inşa edilen savunma hattına "Çakmak Hattı" adı verilmiştir. Büyükçekmece Gölü ile Marmara Denizi'nin birleştiği noktadan başlayarak gölün doğusundan devam eden hat; Eskice, Bahşayış, Nakkaş, Örcünlü, Kestanlık, Çanakça, Dağyenice, Yazlık Köyü üzerinden Terkos Gölüne ulaşmaktadır (Aydın, 2020). Hattın, kuzey-güney doğrultusu yaklaşık 43 kilometre uzunluğunda olup korugan, makineli tüfek yuvaları, manialar, mayınlar ve hendekleri kapsamaktadır (Çelik, 2020). Bu hat boyunca günümüze kalmış çeşitli tabya ve koruganlar bulunmaktadır. Genellikle 1939-1942 yılları arasında Çakmak Hattı koruganları, İkinci Dünya Savaşı öncesinde koruganların en yoğun olarak yapıldığı bölge olup yeni bir savunma konsepti olarak blockhouse (korugan) ve tabyalardan oluşan istihkâmların önemi anlaşılmıştır (Aydın, 2020). Bölge içerisinde Şekil 8'de zikredilen tabyaların çoğu günümüze ulaşmamış olup kalıntıları var olan tabyaların isim ve yerleri Şekil 9'da verilmiştir.



Şekil 9. Çakmak ve Çatalca Hattında, günümüze ulaşmış tabyaların dijitalleştirme yoluyla oluşturulmuş görsel diyagram haritası (Mekteb-i Harbiye Tabyası, (NEK, 93178-00016), Hamidiye Tabyası, (NEK, 93178-00011), Arap Tabya, (NEK, 93178-0006), Eskice Tabyası, (NEK, 93178-0004), Ahmet Paşa Tabyası, (NEK, 93178-0003), Mahmut Paşa Karakol Tabyası, (NEK, 93178-0012))

3.2 Savunma Yapıları ve Tabya Mimarisi

Savunma yapıları, mevcut bölgeleri koruma amaçlı yapılan askeri mimari içerisinde farklı özelliklere sahip yapılardır (Yeler, 2013). İnsanlık tarihi boyunca, bir gereklilik olan savunma ihtiyacı mimariye yansımıştır. Önceleri doğal malzemelerle yapılmış, ilkel aletler kullanarak kendini korumak isteyen insanoğlu, süreç içinde çok daha güçlü silahlar üretmeye ve buna istinaden sağlam savunma yapıları inşa etmeye başlamıştır (Efeoğlu ve Eyüpgiller, 2021). Bu bağlamda savunulacak alanın stratejik önemi ve toplumların sahip olduğu teknolojilerin niteliğine dayalı farklı savunma yapı tiplerinin ortaya çıkmıştır.

XVIII. ve XIX. Yüzyıllarda Osmanlı ordusundaki yenileşme hareketleri kapsamında, batıdan alınan toprak setler biçimindeki yeni savunma yapı tekniklerinin benimsenip uygulandığı anlaşılmaktadır (Ülkü, 2007). Bu bağlamda Çatalca'daki savunma yapıları incelendiğinde, duvarlarda kerpiç olan toprak yığıma setlerin yanında, ahşap kazıklı çitlerle çevrili alanlar sur yapımına kadar pek çok farklı yöntemin kullanıldığı görülmektedir (Efeoğlu ve Eyüpgiller, 2021). Osmanlı Devleti'nin savunma yapılarının gelişimini ateşli silahların teknolojik ilerlemesi ve yeni savunma temelli icatların geliştirdiği söylemek ise yanlış olmayacaktır.

3.2.1 Tabyalar

Tabyalar askeri ve stratejik açıdan önemli bir yerlerin savunulması için inşa edilmiş toprak altında kalan askeri savunma yapılarıdır. Daha detaylı bakıldığında anlam olarak tabyalar; stratejik öneme sahip bir yeri, bölgeyi korumak ve savunmak amacıyla geçici olarak askeri birliklerin barınmasına, savunmasına olanak sağlayacak biçimde inşa edilmiş müstahkem bina ve yerlerdir (Ülkü, 2007). Hücum ve savunma amaçlı inşa edilen bu yapılar, 18. yüzyılın ikinci yarısında önem kazanmış, söz konusu sistemlerin İmparatorluğun pek çok bölgesinde konumlandırılmıştır.

Tabyaların formuna ve mimarisine bakıldığında bu yapıların diğer savunma yapılarına nazaran dayanıklı olduğunu söylemek yanlış olmayacaktır. Bu durumlarına ilave olarak tabyaların yarı yer üstü yarı yer altında kalacak şekilde konumlandıkları görülmektedir. Yapıların kısmi toprak altına gömülü olmalarıyla fark edilmesini güçleştiren bu durum, tabyaları diğer askeri savunma yapılarından ayıran önemli farkı oluşturmaktadır. Askeri hiyerarşik sistemin mimaride net hissedildiği bu özel yapılarda, subayların rütbe derecesine bağlı olarak kaldıkları karargâh odalarının büyüklükleri dahi çeşitlilik göstermektedir. Bununla birlikte, daha çok işlevsel düşünülerek inşa edilen, askeri amacın gözetildiği tabyalarda mimari özellikleri belirleyen ana unsurun, buldukları alanın coğrafi özellikleri olduğunu söylemek mümkündür (Güner, 2004).

Tabyalar genellikle daire, yarım ay, yay ve u şeklinde kütlelerden oluşmaktadır. Bu yapılar Osmanlı'da bölgeye hâkim bir noktada inşa edilmekte, malzeme olarak ise kâgir, taş, beton veya demirli betondan üretilmektedirler. Bu savunma yapıları Osmanlı özelinde de incelendiğinde, askerlere özel alanlar olduğu görülmekte, içerlerinde mutfak vb. gibi tanımlı özel mekanlar olmadığı anlaşılmaktadır. Mutfak, çeşitli odalar, hamam vb. işlevi gören mekanlarınsa tabya bünyelerindeki karargâh binalarında konumlandırıldığı görülmektedir. Bu bağlamda tabyaların daha çok korugan, koğuşlar, tüfek yuvaları, bonetler vb. birimlerin birleşmesinden meydana gelen kompleks yapılar olduklarını söylemek mümkündür.

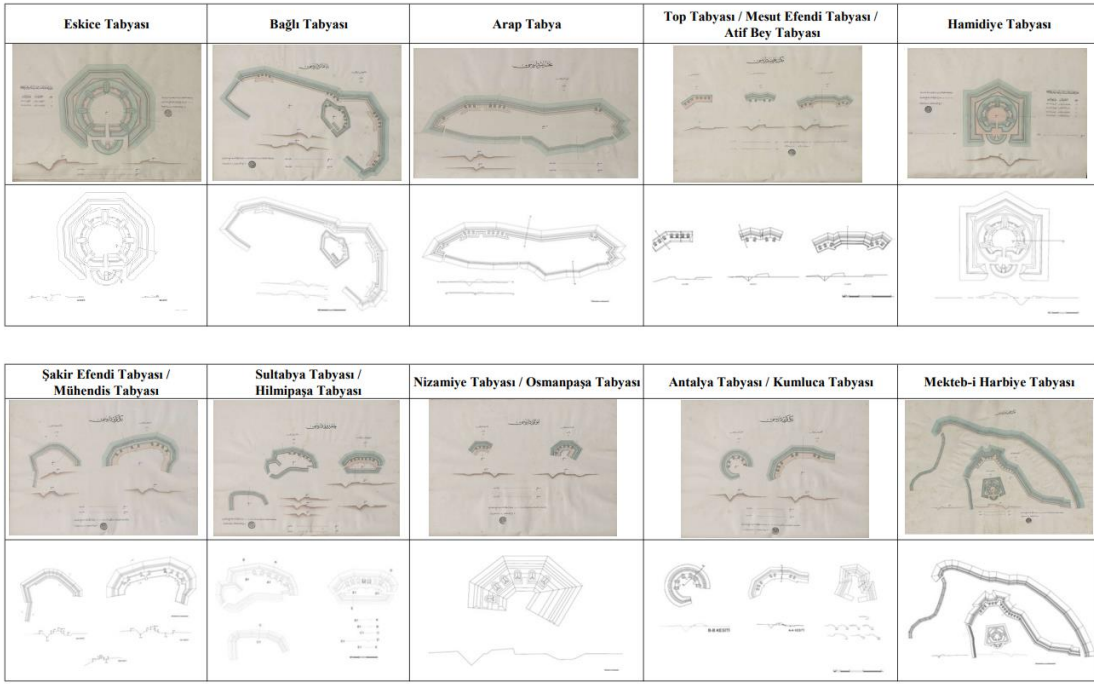
3.2.2 Çatalca Tabyalarının Sayısallaştırılması

Çatalca bölgesinde bulunan tabyalara ait arşiv belgeleri internet ortamında taranmış, nadir eserler kütüphanesinden bölgede bulunan yapılara ait belgeler istenmiştir (Kolçak vd., 2013). Ardından arşiv belgeleri CAD ortamına aktarılmış ölçeklendirilerek iki boyutlu çizimleri yapılmıştır. Çatalca tabyalarına ait belgeler şekildeki gibi (Şekil 10) sunulmuştur.

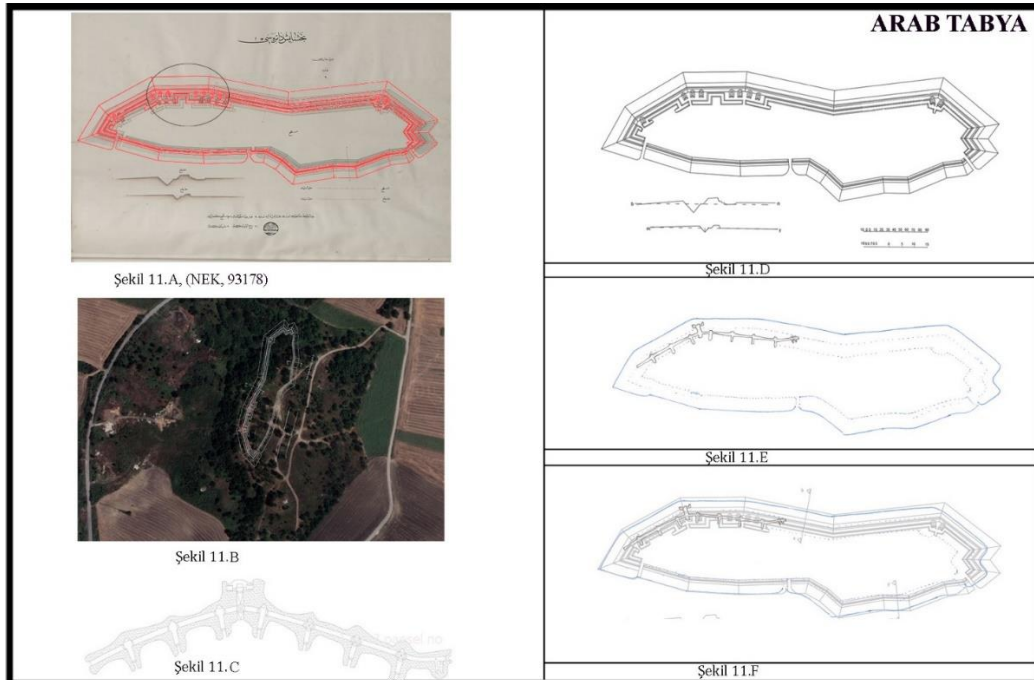
Çatalca bölgesine ait günümüzde âtil durumda bulunan on adet tabyanın arşiv belgeleri sayısallaştırılarak, ölçülebilir ve karşılaştırılabilir mimari bilgi niteliğine dönüştürülmüştür.

Nadir Eserler Kütüphanesi'nden alınan belgelerin "2 boyutlu" dijitalleştirilmiş çizimlerinin mimari sürekliliğin tespiti için kayda değer olacağı düşünülmeyle birlikte; günümüze ulaşmış olanların yerinde rölöve ölçümleri alınıp çizimlerle karşılaştırıldığında yapıların ne ölçüde ayakta kalabildiği, orijinal Osmanlı çizimlerini ne oranda yansıtabildiği anlaşılmaya çalışılmaktadır (Kolçak vd., 2013).

Konu kapsamında ele alınan tabyalardan biri, günümüze nispeten daha çok kalıntının okunabildiği Arap Tabya'dır. Oluşturulan şekilde tabyanın Nadir Eserler Kütüphanesi'nden alınmış arşiv belgesi çizimi, belge üzerinden oluşturulmuş iki boyutlu dijitalleştirilmiş plan gösterimi bulunmaktadır (Şekil 11; Kolçak vd., 2013). Yerinde alınan rölöve bakımından daha sağlıklı sonuçları değerlendirmeye fırsat veren bu tabyada mimari sürekliliği okumak kolaylaşmaktadır.



Şekil 10. Çatalca Hattındaki tabyaların dijitalleştirme yoluyla oluşturulmuş iki boyutlu çizimleri (Eskice Tabyası, (NEK, 93178-0004), Bağlı Tabya, (NEK, 93178-0015), Arap Tabya, (NEK, 93178-0006), Top Tabyası / Mesut Efendi Tabyası / Arif Bey Tabyası, (NEK, 93178-0017), Hamidiye Tabyası, (NEK, 93178-0011), Şakir Efendi Tabyası / Mühendis Tabyası, (NEK, 93178-0024), Sultabya Tabyası / Hilmipaşa Tabyası, (NEK, 93178-0031), Nizamiye Tabyası /Osmanpaşa Tabyası, (NEK, 93178-0028), Antalya Tabyası/ Kumluca Tabya, (NEK, 93178-0025), Mekteb-i Harbiye Tabyası, (NEK, 93178-0016))



Şekil 11. Arab Tabyası'nın dijitalleştirme yoluyla oluşturulmuş çalışma, (Arab Tabya'nın arşiv belgesi üzerinden çıkarılmış (NEK, 93178-0006) rölövesi (Şekil 11.A), Uydu görüntüsünde tabyanın yeri (Şekil 11.B), Arab Tabya'nın Rölöve çizimi (Şekil 11. C), Tabya'nın Arşiv belgeleri üzerinden dijitalleştirilmiş çizimi (Şekil 11.D), Arab Tabya'nın Rölöve çizimi+ vaziyet planının dış hattı (Şekil 11.E), Rölöve çizimi ve dijitalleştirilmiş arşiv belgesinin karşılaştırılmış hali (Şekil 11.F))

Arab Tabya'nın yerinde incelenerek alınan ölçüler değerlendirilmiş ve bir rölöve planı hazırlanmıştır. Uydu görüntüsü üzerinde karşılaştırılan dijitalleştirilmiş arşiv belgesinden alınan yapının gerçek planı ve mevcut rölövesi incelenerek Arab Tabya'nın ölçülebilirliği sorgulanmıştır. Veriler dikkate alındığında rölöveyle arşiv belgesinin büyük ölçüde uyduğu anlaşılmaktadır. Yapı bünyesinde deforme ve plana ne ölçüde sadık kalınarak inşa edilmiş olduğu tam anlamıyla bilinmediğinden dolayı tutarlılık oranının %100 olmaması normal karşılanmaktadır. Nitekim bu ölçümlerden elde edilen veriler, tabyaları biçimsel açıdan yorumlayabilirken, yapıların oranları ve genel mimari planlaması hakkında fikir edinmeyi mümkün kılmaktadır.

3.3.3. Eskice Tabyası Üzerinden Arşiv Belgelerinin Sayısallaştırılması Örneği

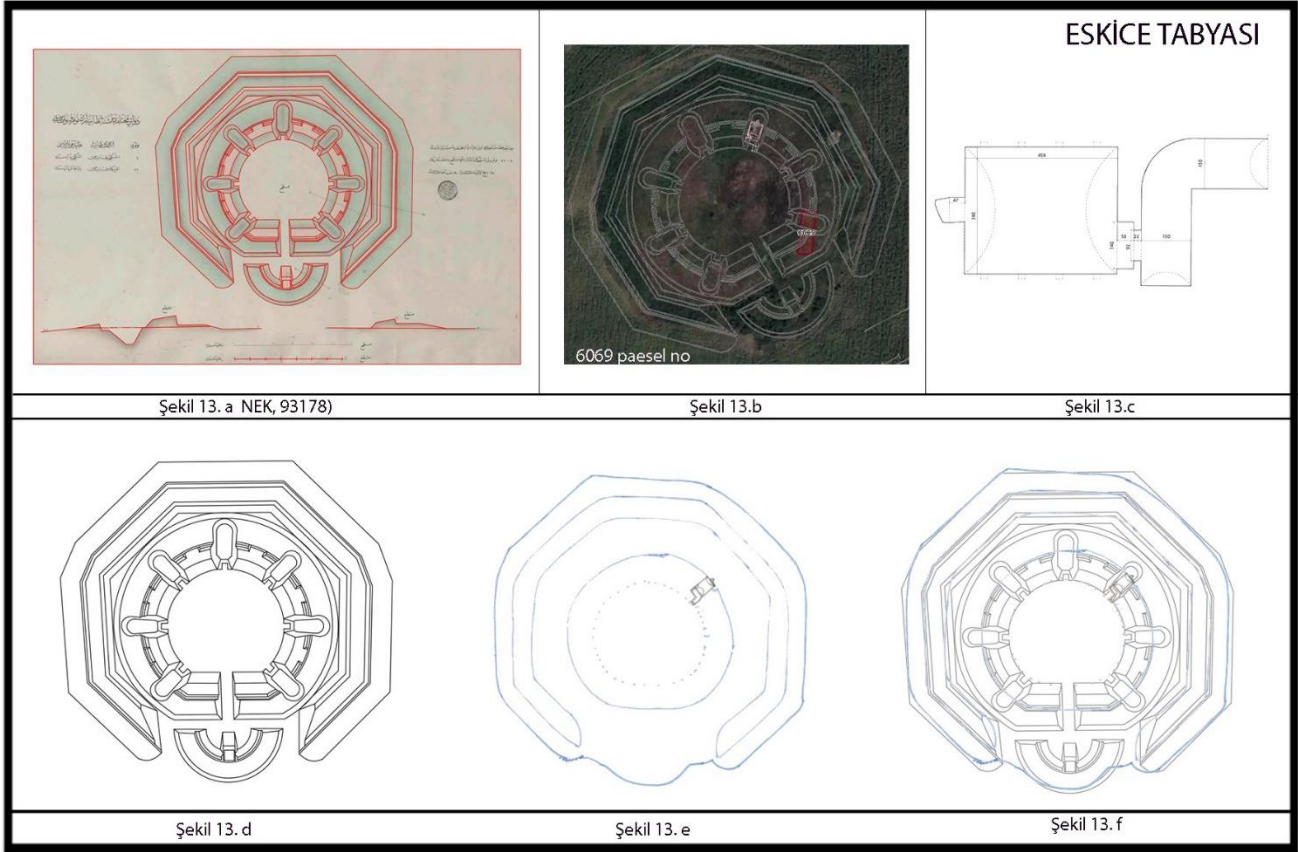
Eskice Tabyası günümüzde, İstanbul İli, Büyükçekmece İlçesi, Eskice Çiftliği, Gavurbayırı Mevki, 1/4 pafta, 5875 ve 6069 parsellerinde özel mülkiyete ait, Büyükçekmece Gölünün kuzeydoğusunda koruma alanında kalan tepe üzerindeki bir Osmanlı tabyasıdır (Kültür ve Turizm Bakanlığı, 2017). 1877-78 Osmanlı – Rus Harbi döneminde inşa edilen tabyanın Nadir eserler kütüphanesinden elde edilen orijinal planına göre Eskice Tabyası, sekizgen bir hendek ve dairesel bir parapet yapısının olduğu kâgir, yedi mekânı olan bir yapıdır (Kolçak vd.,2013). Çalışma kapsamında nispeten diğer tabyalara göre daha iyi durumda olsa da bu yapının günümüze yalnızca bir mekânı ulaşmış ve tamamı toprağa gömülü halde olduğu anlaşılmıştır.

Eskice Tabyası incelendiğinde, giriş kapısının karşısındaki duvarda 45x75 cm boyutlarında, yatayda iki sıra olacak şekilde 15x30 cm ölçülerinde ise küçük nişler bulunmaktadır. Yan duvarlar arası 1 m aralıklarla inşa edilmiştir. Moloz taş örgülü bir girişin (1,5m genişliğinde, "L" şeklinde) ardından tonozlu tuğla örgülü bir geçiş ile birlikte (4 x4,5 m) yine moloz taş ve tuğla örgülü bir ana mekâna ulaşılmaktadır. Tabyanın duvarlarının yarısı taş örgülü olup tonoz kısımları tuğla malzemesinden oluştuğu görülmektedir. Zemin seviyesinde ve zeminden 40 cm yukarıda konumlanan söz konusu nişlerin, Eyüpgiller ve Efeoğlu'nun (2021) aktarımınca, yapıya isabet edecek toprakların oluşturacağı muhtemel basınç ve zararı azaltmak amacıyla bırakıldıkları düşünülmektedir.



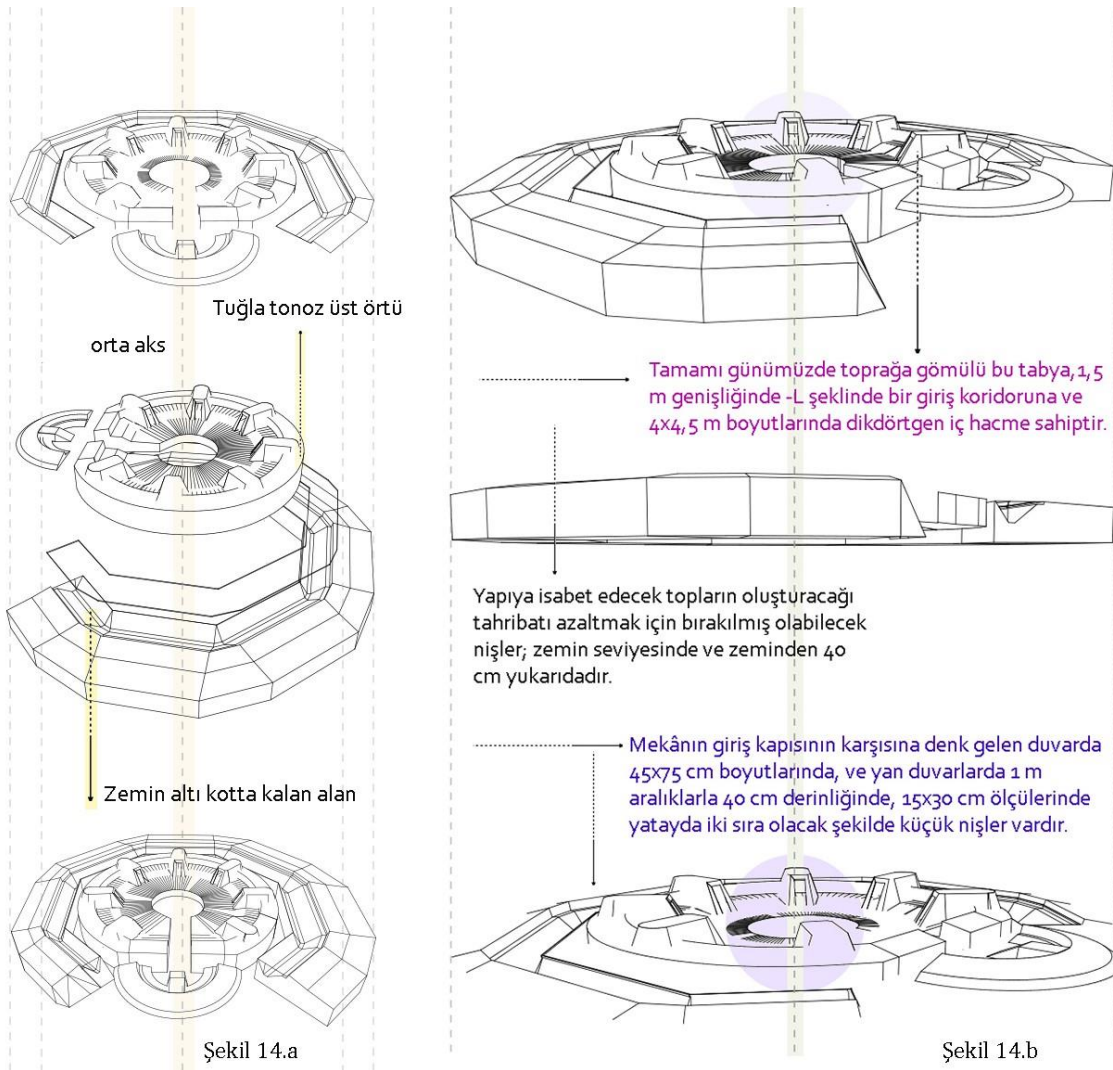
Şekil 12. Eskice Tabyası'nın 5875 no'lu parselden görüntüsü, (Kültür ve Turizm Bakanlığı, 2017)

Eskice Tabyası'na ait veriler Şekil 11'e benzer şekilde oluşturulan Şekil 13'te aktarılmıştır. Verilen şekilde Nadir Eserler Kütüphanesi'nden alınan arşiv belgesi harita, haritanın Autocad programı vasıtasıyla dijitalleştirilmiş mimari plan yer almaktadır (Şekil 13.d). Şekilde mevcut durumlarla ilgili veriler (Şekil 13.e) Eskice Tabyası'nın yerinde yapılan ölçümlerine istinaden hazırlanmış mevcut rölöve çalışması (Şekil 13.c) ve yapının bulunduğu parselin uydu görüntüsü (Şekil 13.b) gösterilmektedir. Osmanlı Arşiv Belgelerindeki çizimlerle yerlerinde yapılan tabyaların tutarlılığını sorgulanması için röleve çizimi ve dijitalleştirilmiş arşiv belgesinin karşılaştırılmış hali şekilde sunulmuştur (Şekil 13.f).



Şekil 13. Eskiçe Tabyası'nın dijitalleştirme yoluyla oluşturulmuş çalışması, (Eskiçe Tabyası'nın arşiv belgesi üzerinden (NEK, 93178-0004) çakıştırılmış rölövesi (Şekil 13.a), Uydu görüntüsünde tabyanın yeri (Şekil 13.b), Eskiçe Tabyası'nın Rölöve çizimi (Şekil 13. c), Tabya'nın Arşiv belgeleri üzerinden dijitalleştirilmiş çizimi (Şekil 13.d), Eskiçe Tabyası'nın Rölöve çizimi+ vaziyet planının dış hattı (Şekil 13.e), Rölöve çizimi ve dijitalleştirilmiş arşiv belgesinin çakıştırılmış hali (Şekil 13.f))

Şekilde "Google Earth" uydu görüntüsü verilen Eskiçe Tabyası'nın yıldız şeklinde görülen izi, yapının Rönesans savunma kaleleriyle olan ilişkisini de ortaya koymaktadır. Eskiçe Tabyası'nın topraktaki izleri incelendiğinde ve rölöve alındığında, yapının Osmanlı Dönemi harita çizimiyle ne ölçüde tutarlılık gösterdiği anlaşılmaya çalışılmıştır. Mevcut veriler incelendiğinde yapının inşa uygulamasının orijinal plan çizimiyle büyük ölçüde örtüştüğü anlaşılmaktadır. Özellikle yapının dış hattının rölövesi harita belgesiyle tutarlıdır. Ancak günümüzde kalan bonet incelendiğinde arşiv belgesindeki çizimle uyuma oranının %100 olmadığı görülmektedir. Eskiçe Tabyası'nın giriş kapıları orta aksta yer alırken yerinde tespit edilen kapı planının sağ kısmında konumlanmaktadır. Nitekim dijitalleştirme yöntemi sayısallaştırma için yardımcı olsa da rölöveyle daha kapsamlı verilere ulaşılmaktadır. 150 cm ölçülen bonet kesitindeki ölçünün dijitalleştirilmiş verideki hali 172,5 cm olup %15 değerindeki kaçma payını olduğu saptanmıştır. Bu nedenle Eskiçe Tabyası için belge çizimi ve rölövenin doğruluk oranını %100 almak yanlış olacaktır. Bu bağlamda kaçma payı ve tutarsızlıklar dikkate alındığında Osmanlı'dan kalma çizimler üzerinden dijitalleştirilen plan ve mevcut rölöve arasındaki doğruluk payını %80-85 oranında tanımlamak mümkün olmaktadır. Çalışmada, dijitalleştirme metodu hem çizim ve inşa arasındaki tutarlılığın tayini hem de diyagramlarla mimari görsel elde ederek yapı analizinin aktarımını sağlamak amacıyla kullanılmıştır (Şekil 14).



Şekil 14. Eskice Tabyası'nın dijitalleştirmeye oluşturulmuş diyagramı, (Eskice Tabyası'nın 3 boyutlu diyagramı (Şekil 14.a) ve kesit perspektif diyagramlarıyla yapı analizi (Şekil 14.b))

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Çatalca tabyalarına ait arşiv belgelerinin sayısallaştırılması ve nitelikli kullanılabilir veriye dönüştürülmesi kapsamında yapılan bu çalışmada, arşiv belgeleri taranmış, bulunan veriler dijital olarak resim formatında CAD ortamına aktarılması sağlanmış ve ölçeklendirilerek iki boyutlu çizim, ardından üç boyutlu görselleştirme ve illüstrasyonları yapılmıştır. Çatalca bölgesinde tespit edilen on adet tabyanın dijital ortama aktarılmış mimari çizimleri incelendiğinde, jpeg, png gibi resim formatındaki imajlara göre cad, skp gibi iki veya üç boyutlu ölçekli ve ifadeli çizim veya görsellerin ölçülebilir, analiz edilebilir ve karşılaştırılabilir veriler sağladığı görülmüştür. Bu bağlamda, savaş mimarisinde kullanılan, kentlerde genellikle tarla veya ağaçlık alanlarda âtıl durumda bulunan tabyaların, arşiv belgelerindeki hallerinin sayısallaştırılarak dijital ortama aktarılması; mevcut tipolojiyi anlamak, değerlendirmek, yapıların mimari dokümantasyonlarını sağlamak ve diğer bölgelerde benzer yapı tipleriyle karşılaştırabilmek gibi birçok avantajı beraberinde getirmektedir.

Çalışmanın bir diğer odağı olan Çatalca Tabyalarına ait sayısal verilerin incelenmesi; orijinal Osmanlı haritalarındaki mimari planla rölöve çizimlerinin tutarlılığının değerlendirilmesidir. Tabyaların dijitalleştirilmiş mimari planları ve mevcut rölöve çakıştırılmış, ölçümlerin sayısal verileri karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Alınan ölçüler ve dijitalleştirilmiş planlar çakıştırıldığında, tabyaların dış kontürlerinin rölöve ile büyük oranda uyumlu olduğu, mimari detaylar daha kapsamlı irdelendiğinde ise kaçma paylarının olduğu anlaşılmıştır. Bu noktada Eskice Tabyası'nın günümüze ulaşan boneti değerlendirilmeye tutulduğunda, teknik ölçümler ve bonetin kapısı dijital çizimle

çakıştırılarak ortalama %15 lik kaçma payı olduğunu söylemek mümkün olmuştur. Bu durum, Çatalca hattındaki tabyaların Osmanlı arşiv eserlerinde çizilmiş mimari planların bire bir uygulanmadığını, ancak büyük oranda çizime sadık kalınarak tutarlı bir inşa yolunun izlendiğini göstermektedir. Bu bağlamda rölövelerin ve dijitalleştirilmiş planların birbiriyle %100 uyumlu olduğunu söylemek mümkün değildir. Ancak sayısal verilerin ışığında yapılabilecek en sağlıklı yorum; söz konusu Osmanlı arşiv belgelerindeki mimari planların, tabyaları biçimsel açıdan yorumlamayı, ayrıca yapıların oranları ve genel mimari planlaması hakkında fikir edinmeye olanak tanıyor olmalarıdır. Nitekim dijitalleştirilmiş ve sayısallaştırılmış veriler, tarihi yapıların ölçülebilirliğinin kanıtlanmasının ötesinde, onların varlığına ve anlaşılmasına ışık tutmaktadır.

Geç Osmanlı dönemi inşa edilen Çatalca Tabyaları'nın mimari özellikleri, tarihleri ve dijitalleştirme yoluyla elde edilebilecek mimari çizimleri bu çalışmada aktarılmaktadır. Makalede Çatalca Tabyaları, enformasyon nitelikleri ve mimari bağlamlar neticesinde değerlendirilerek çeşitli çizim yollarıyla ifade edilmiştir. Bu bağlamda tabyalarla ilgili arşiv belgeleri sayısallaştırılmış, Nadir Eserler Kütüphanesi'nden alınan haritaların CAD ortamında plan çizimleri yapılmış, elde edilen planlar üç boyutlu modelleme programlarına aktararak çeşitli mimari diyagram ve illüstrasyonların elde edilmesi sağlanmıştır (Kolçak vd., 2013). Mimari anlatım tekniğini oluşturan dijitalleştirme yöntemleriyle; tarihi yapılar ölçülebilir ve tanımlanabilir bir aktarım haline getirilmiştir.

Dijitalleştirme yoluyla oluşturulan planlar ve mevcut rölövelerin karşılaştırılmasıyla elde edilen veriler, tabyaların biçimsel açıdan oranları ve genel anlamda mimarisi hakkında fikir edinmenin mümkün olduğunu göstermektedir. Çatalca Tabyaları'nın ölçülebilir olduğunu kanıtlama çabasına giren bu makale, tabyaların sürdürülebilirliklerini tespit ederek kullanılabilirliklerinin değerlendirilmesine de imkân vermektedir. Alınan rölöveyle arşiv belgelerinin ne ölçüde örtüştüğünü anlamaya çalışan çalışma, bu yöntemin uygulanabilir olduğunu kanıtlamaya çalışırken, tabyaların rölövesiyle arşiv belgelerinin büyük ölçüde uyduğunu ortaya koymaktadır. Bu anlamda yerinde tespit edilen ölçümler net verilere ulaşmayı sağlarken dijitalleştirilmiş belgeler bu doğruluk payını arttırmaya yardımcı olmaktadır.

Savunma yapıları özelinde oluşturulmaya çalışılan bu farkındalık, aktarılmaya çalışılan belgeleme yöntemiyle, günümüzde yok olmaya yüz tutmuş veya ulaşılması zor konumlarda yer alan tarihi yapıların belgelenecek geleceğe aktarılmasına olanak sağlamaktadır. Böylelikle çalışma, benzer yapılara örnek teşkil ederken; mimarlık, tarih ve teknoloji arasında kurulan köprüyü okunaklı hale getirmiştir.

EXTENDED ABSTRACT

Research Problem & Purpose

Today, due to the development of technology, digital methods have gained importance in the fields of surveying, restitution and restoration. With the development of information and communication technologies, it has become easier to access data independently of time and space. The debate and search for how to transform data into information and be sustainable is still ongoing. It creates the need to discover ways to reach information in architecture, to develop new perceptions and new forms of transmission, and to produce different approaches. One of the ways to access information in terms of architecture and history is through documents in various archives. The architectural drawings in these archival documents are the main source and the basis for the restoration and re-functioning of historical buildings. For this reason, the possibilities of digitizing the drawings in archive documents are being researched and developed.

The effect of these on architectural structures; archival documents, original map-plans and data obtained from literature review. With the help of digital technologies, architectural illustrations were made along with two- and three-dimensional drawings. The findings obtained from all sources such as archive documents, literature review, etc. related to the Çatalca Tabyaları, which are the subject of the study, were evaluated by bringing together and the technical drawings of the structures were revealed as CAD drawings by taking the documents into consideration. To bring to light the architectural features of the defense structures built in the late Ottoman period; it has formed a common focal point between history, architecture, design and technology. This study brought cultural heritage to the agenda by using documents from archives and literature. It is intended to set an example for other historical buildings as well. Thus, from physical construction to textual construction, the interdisciplinary bridge with the practice of architecture; history, design, technology and information of digital archival documents become legible in this work.

Methodology

In this study, information about digitization and digitization methods of archive documents is given. The purpose, definition and importance of digitization studies were emphasized and the application of Çatalca bastions in archive documents was questioned. The methods under the name of digitization are examined. Digitization methods are discussed and explained in the context of both the digitization of documents and architectural expression techniques. These digitization studies were conveyed through visual examples with the computer programs, applications and methods mentioned in the text.

Findings

The findings section of the article includes military bastion structures with study data. Here, the bastions in the Çatalca region and included in the archive documents were determined. Information was given about the architecture of the bastions and the Çatalca region. The digitization methods mentioned in the text were applied through the selected Arabic Tabya and Eskice Tabyası. Survey measurement values and drawings in archive documents were evaluated in digital environment. The accuracy of the drawings in Ottoman archival documents has become questionable thanks to digitization and digitization methods.

Conclusions and Recommendation

The architectural features, dates and architectural drawings of the Çatalca Tabyaları, which were built in the late Ottoman period, which can be obtained through digitization, are conveyed in this study. In the article, Çatalca Tabyas are evaluated as a result of information qualities and architectural contexts and expressed in various drawing ways. In this context, the archival documents related to the bastions were digitized, plan drawings of the maps taken from the Rare Books Library were made in CAD environment, the obtained plans were transferred to three-dimensional modeling programs and various architectural diagrams and illustrations were obtained. Many things are achieved through the technique of architectural expression and the digitization methods that make up its representation. Thus, historical buildings were made into a measurable, identifiable and visual transmission and gave an idea about the architecture of the period.

Examination of numerical data of Çatalca Tabya; evaluates the consistency of the architectural plan and survey drawings on the original Ottoman maps. The digitized architectural plans of the bastions and the existing survey are compared. When the measurements taken and the digitized plans were compared, it was seen that the external contours of the bastions were largely compatible with the survey. When the architectural details were examined more comprehensively, it was understood that there was a share of escape. This situation shows that the architectural plans drawn in the Ottoman archival works of the bastions on the Çatalca line were not applied exactly, but a consistent construction path was followed by remaining largely faithful to the drawing.

This article, which attempts to prove that the Çatalca Tabyaları are measurable, also allows the evaluation of the sustainability of the bastions by determining their sustainability. In this sense, on-site measurements provide access to clear data, while digitized documents help to increase this accuracy share.

KAYNAKLAR

- Acioğlu, Y. (2016). *Çanakkale Tabyaları*. Sanat Tarihi Dergisi, 25(1), 1-57.
- Aydın, S. (2020). *İkinci Dünya Savaşı'nda Kıyı ve İç Hat Savunması: Çakmak Hattı (Büyükçekmece-Çatalca) Koruganları*, Güvenlik Stratejileri Dergisi, 16(34), 383-451.
- Çelik, H. C., (2020). *İkinci Dünya Savaşı'nda Sınır Savunma Tedbirleri ve Türkiye'nin Çakmak Ve Çatalca Hatları*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Atatürk İlkeleri Ve İnkılap Tarihi Tezli Yüksek Lisans Programı Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Donnell, C. (2013). *The German Fortress Of Metz 1870-1944*. Osprey Publishing.
- Düzgün B. & Yıldız, S., (2018). *Tasarım ve Sanat Arakesitinde Kavramsal Düşünme: Enformel Eğitim Çalışmaları (2009-2015)*. Megaron, 13(2).
- Efeoğlu, M. ve Eyüpgiller, K. K. (2021). *Çatalca Bölgesi Savunma Yapıları Üzerine Bir Değerlendirme*, Sanat Tarihi Dergisi, 30(1), 391-433.

- Güner, Y. (2004). *Edirne Askeri Tabyalarının Mimarisi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, "Sanat Tarihinde Gençler Semineri 16-18 Aralık 2004", Arkeoloji ve Sanat Yay. 2005, İstanbul. (Aralık 2004).
- Koçak, Y., Ademoğlu, A., Beşli, A., Eraslan, Z., & Akçay, Y. (2013). *Sultan II. Abdülhamid devri harita ve planlarında İstanbul*. İstanbul: İBB, Kültür AŞ. Yayınları.
- Küçük, S. G., ve Eyüpgiller, K. K. (2018). *Çatalca Vilayeti'nde Camiye Çevrilen Kiliselerin Dönüşüm Süreci ve Mimari Analizi*, Megaron, 13(1):51-66.
- Külcü, Ö., (2010). *Belge Yönetiminde Yeni Fırsatlar: Dijitalleştirme ve İçerik Yönetimi Uygulamaları*, Bilgi Dünyası, 2010, 11 (2) 290-331.
- Kültür ve Turizm Bakanlığı. (2017). <https://korumakurullari.ktb.gov.tr/Eklenti/50901,istanbul---buyukcekmence---eskice-ciftligi-gavurbayiri-m-.pdf?0> (Erişim Tarihi: 17.02.2022).
- Osmani, İ., (2019). *Yersel Lazer Tarama Yönteminde Farklı Meslek Gruplarının Mimari Rölöve Çizimine Etkisi*, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Önge, M., (2020). Türkiye'de Mimari Mirasın Korunmasında Proje Sürecine İlkesel Bazda Bir Yaklaşım Denemesi, GRID- Architecture Planning and Design Journal, 3 (1), 28-50. DOI: 10.37246/grid.651438
- Salikoğlu, H. (2019). *Iustinianus, iktidar ve mimari* (Doctoral dissertation, İstanbul Medeniyet Üniversitesi Lisanüstü Eğitim Enstitüsü Tarih Anabilim Dalı Eskiçağ Tarihi Bilim Dalı).
- Turan. B. O., (2011). *21. Yüzyıl Tasarım Ortamında Süreç, Biçim ve Temsil İlişkisi*, Megaron, 6(3), 162.
- Ülkü. O., (2007). *Osmanlı İmparatorluğu'nda Savunma Sistemi Olarak Tabya Mimarisi*, Atatürk Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi, (27), 245-270.
- Yeler. S., (2013). *Trakya Bölgesi Tabyaları: Koruma Sorunları ve Koruma-Kullanma Önerileri*, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Edirne.
- Zağra, Ç. H., (2016). *Edirne'de Son Dönem Osmanlı Savunma Yapılarının Yeniden Kullanımına Yönelik Bir Model Önerisi (1876-1917)*, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Edirne.
- Zağra, Ç. H., (2021). *Edirne'de 19. Yüzyıl Savunma Yapılarında Silah Teknolojisinin Rolü*, T.C. Trakya Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, XII. Uluslararası Sinan Sempozyumu Bildiri Kitabı, Trakya Üniversitesi Matbaası, Edirne.

Arşiv

İstanbul Üniversitesi, Nadir Eserler Kütüphanesi, Demirbaş No: 93178, Dokümanlar: 93178-0007, 93178-0007, 93178-00011, 93178-0025, 93178-0016, 93178-0011, 93178-0004, 93178-0003, 93178-0012, 93178-0015, 93178-0017, 93178-0024, 93178-0031, 93178-0028, 93178-0006.

Notlar

1. Bu çalışmada, Koçak, Y., Ademoğlu, A., Beşli, A., Eraslan, Z., & Akçay, Y. (2013). *Sultan II. Abdülhamid devri harita ve planlarında İstanbul*. İstanbul: İBB, Kültür AŞ. Yayınları." Eseri içerisindeki tabyalara ait mimari planlar ve haritalar kullanılmıştır. İlgili eserdeki haritalar için "İstanbul Üniversitesi Kütüphane ve Dokümantasyon Daire Başkanlığı Nadir Eserler Kütüphanesi'nin, "Nadir Eserler" koleksiyonundan 93178 Demirbaş Numaralı bölümün içindeki;

93178-0003	Ahmet Paşa Tabyası,
93178-0004	Eskice Tabyası,
93178-0006	Arap Tabya,
93178-0007	Eskice Tabyası,
93178-0012	Mahmut Paşa Karakol Tabyası,
93178-001	Hamidiye Tabyası),

- 93178-0015 Bağlı Tabya
93178-0016 Mekteb-i Harbiye Tabyası
93178-0017 Top Tabyası / Mesut Efendi Tabyası / Arif Bey Tabyası
93178-0024 Şakir Efendi Tabyası / Mühendis Tabyası
93178-0025 Antalya Tabyası/ Kumluca Tabya
93178-0031 Sultabya Tabyası / Hilmipaşa Tabyası
93178-0028 Nizamiye Tabyası /Osmanpaşa Tabyası

kodlu haritaları kullanılmıştır. Bu çalışmada, tabya planları üzerinden yapılan tablolar, illüstrasyonlar ve Őekiller, söz konusu kaynaktaki harita ve planlar kullanılarak yazarlarca düzenlenmiş ve oluşturulmuştur.