

Depremde Hasar Gören Tarihi Yapıların Temsiliyetine Yönelik Bir Öneri: Pnömatik Sistem Kullanımı

Esra İmamoğlu Yılmaz¹, Güray Yusuf Baş¹, Tayfur Emre Yavru¹, Semih Yılmaz^{1,*}

¹Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 61080, Trabzon.

Özet

2023 yılında Türkiye’de meydana gelen Kahramanmaraş merkezli depremler sonucunda birçok tarihi yapı yıkılmıştır. Bu yapılar şehrin ve şehirlinin kültürel hafızasını temsil ettiği için güçlendirilmesi, yenilenmesi ve onarımı önemli bir gerekliliktir. Ancak, tarihi yapıların yeniden inşa ya da onarım süreçleri, yeni bir yapı yapmaya kıyasla daha maliyetlidir, komplekstir ve uzun süreler alır. Güçlendirme, yenileme ve onarım süreçlerinde, bölgede yaşayanların kültürel hafızalarını taze tutmak amacıyla çeşitli uygulamalar yapılmaktadır. Bu uygulamalara yenilikçi bir öneri olarak, pnömatik sistem kullanımıyla depremde hasar görmüş tarihi yapıların temsiliyeti için model önerisi geliştirilmiştir ve geliştirilen model önerisi uygulama olanakları yönünden irdelenmiştir. Çalışma sonucunda pnömatik sistemin farklı yapı tipleri ve formlarına kısa sürede uygulanabildiği, sistem elemanlarının boyut ve yükseklik kısıtlamasının olmadığı, nakliye ve işçiliğin rasyonel olduğu, sistem malzemelerinin geri dönüşüme uygunluğu sayesinde karbon ayak izinin düşmesine katkı sağlayacağı anlaşılmıştır.

Anahtar Sözcükler

Pnömatik Sistemler, Habibi Neccar Cami, Latin Katolik Kilisesi

Using Pneumatic Systems in the Representation of Historical Buildings Damaged in Earthquakes: The Case of Hatay

Abstract

As a result of the earthquakes centered in Kahramanmaraş in 2023, many historical buildings were destroyed. Since these structures represent the cultural memory of the city and its inhabitants, the renewal, reinforcement and restoration of these structures are essential. However, reconstruction or restoration of historical buildings are more costly, complex and time-consuming than constructing new ones. In reinforcement, renovation and restoration processes, various practices are implemented to preserve the cultural memories of the local inhabitants. As an innovative proposal within these practices a model that employs pneumatic system technology to represent earthquake-damaged historical structures has been developed and examined for its practical application possibilities. The results of the study indicate that the pneumatic system can be rapidly applied to different types and forms of buildings, that there are no size or height restrictions on system components, that transportation and labor are efficient, and that the recyclability of system materials will contribute to reducing the carbon footprint.

Keywords

Pneumatic Systems, Habibi Neccar Mosque Latin Catholic Church

1. Giriş

Deprem etkisi ile zarar gören/yıkılan mimari yapı stoğu içerisinde tarihi yapılar da mevcuttur. Tarihi yapıların yıkımı, şehrin/bölgenin kültürel birikimini olumsuz etkilemektedir. Tarih boyunca, Dünya’nın birçok farklı yerinde, birçok kültür yapısı depremden zarar görerek tahrip olmuştur. Bu yapıların bir kısmı yenilenmiş, bir kısmı ise yok olarak değerlerini sonraki nesillere aktaramamıştır (Parisi & Augenti, 2013).

Tarihi yapıların yıkıldığı ve yok olduğu deprem sarsıntılarının yaşandığı son afet örneği 2023 yılında Türkiye’nin güneydoğusunda meydana gelen depremlerdir (6 Şubat 2023 günü saat 04.17’de merkez üssü Kahramanmaraş ilinin Pazarcık ilçesi olan 7.7 büyüklüğünde ve saat 13.24’te merkez üssü Kahramanmaraş ilinin Elbistan ilçesi olan 7.6 büyüklüğünde). 6 şehrin doğrudan etkilendiği, çok sayıda can kaybının yaşandığı, şehirlerin bazı bölgelerindeki yapı stokları zemin ya da inşa hataları etkisiyle yıkıldığı veya hasar gördüğü bu depremlerde, Anadolu’da yaşamış medeniyetlerin imzası olan birçok kültür varlığı da tahrip olmuş ve/veya yıkılmıştır (Şekil 1) (Gürbüz & Aslan, 2023). Depremde tahrip olan veya yıkılan kültür varlıklarının yeniden var edilmesi, deprem yıkımı yaşanmış şehirlerin yeniden inşası ve şehir insanların toplumsal hayata geri dönmesi süreçlerinde önemli bir gerekliliktir.

* Sorumlu Yazar: Tel: +90 (462) 3771668 Faks: +90 (462) 3255588

Gönderim Tarihi / Received : 29/05/2024

E-posta: esra_imamoğlu@hotmail.com (İmamoğlu Yılmaz E.), gurayyusufbas@ktu.edu.tr (Baş G.Y.), tayfuremreyavru@ktu.edu.tr (Yavru T.E.), semihyilmaz@ktu.edu.tr (Yılmaz S.)

Kabul Tarihi / Accepted : 24/12/2024

Çünkü tarihi yapılar şehrin ve şehirlinin kültürel hafızasını temsil etmektedir. Ancak, tarihi yapıların güçlendirme, yeniden inşa ya da onarım süreçleri yeni bir yapı yapmaya kıyasla daha maliyetlidir, komplekstir ve uzun süreler alır. Tarihi yapıların restorasyonu sürecinde şantiye sahasındaki görsel niteliği artırmak ve bölgede yaşayanların kültürel hafızalarını taze tutmak (yapının insanlar tarafından hatırlanması) amacıyla, farklı yöntem ve malzeme kullanılarak tarihi yapı silüetinin canlandırılmaya çalışıldığı çeşitli çalışmalar yürütülmektedir. Ancak, tarihi yapıları yenileme/onarım/güçlendirme süreçlerinde yürütülen çalışmaların birçoğu, deprem afeti sonrasında tecrübe edilmemiştir. Bu çalışmada, deprem afeti sonrasında bölge insanlarının kültürel değerlerini anımsamaları ve şehirlerinin yeni inşa süreçlerinde kent ile bağlarının yaşatılması/canlandırılması amacıyla yıkılan/yok olan tarihi yapıların restorasyon/rekonstrüksiyon süreçlerinde ya da öncesinde, benzer uygulamalara kıyasla uzun süreli kullanım için uygun ve daha ekonomik olan pnömatik sistemler ile temsiliyetine yönelik bir model önerilmesi ve modelin uygulama olanaklarının tartışılmasıdır. Modelin örneklemi olarak Hatay şehrinde bulunan Habibi Neccar Cami ve Latin Katolik Kilisesi binaları seçilmiştir. Bu binaların seçilmesinin nedeni, Hatay şehri ve Anadolu'nun kültürel mirası açısından büyük değer taşımaları ve farklı inançların izlerini yansıtır olmalarıdır. Çalışma sonucunda; pnömatik sistemin farklı yapı tipleri ve formlarına kısa sürede uygulanabildiği, serbest biçimli üretime uygun olduğu, sistem elemanlarının boyutlandırılması, nakliyesi ve işçiliğinin rasyonel olduğu, sistem malzemelerinin geri dönüşüme katkı sağlayacağı anlaşılmış, bu sistemin tarihi yapıların temsiliyeti maksadıyla kullanımının uygun olduğu kanaatine varılmıştır.

2. Bilimsel Yazın Taraması

Deprem, Dünya'nın Litosfer katmanında (üzerinde yaşam olan, en dış kabuk) enerji salınımının neden olduğu sarsıntılardır. Depremler oluşum biçimlerine göre tektonik, volkanik, çöküntü ve tsunami olmak üzere dört gruba ayrılır. Bunlardan en yaygın meydana gelen tektonik depremlerdir. Tektonik depremler yer kabuğunu oluşturan levhaların hareketleri sonucunda oluşmaktadır. Sürekli hareket eden levhalarda gerilme ve şekil değiştirme kuvvetleri ortaya çıkar. Bu kuvvet, yer kabuğunun mukavemetinden fazla olduğunda, enerji salınımı ile birlikte depremler ortaya çıkmaktadır (Dowrick, 2009; Gök Nayir, 2016).

Deprem etkileri, deprem merkezinin derinliği, salınan gücün şiddeti, zemin çeşidi vb. faktörlere göre değişmektedir. Sarsıntılardan, depremin olduğu bölgede yaşayan canlılar ve yapay çevre olumsuz şekilde etkilenerek can ve mal kaybı yaşanmaktadır. Zarar gören yapay çevrenin başlıca unsurlarından biri de mimari yapılardır. Deprem sarsıntılarının mimari yapılar üzerindeki etkilerine deprem yükleri denilmektedir. Deprem yükleri, sarsıntı kuvvetine göre yapılara değişik boyutlarda etkimektedir ancak genel kabule göre merkez üssünün 30 km yarıçap alanındaki mimari yapıların etkilendiği varsayılmaktadır (Aytekin, 2006; Dowrick, 2009; Gök Nayir, 2016).

Deprem etkisi ile zarar gören/yıkılan mimari yapı stoğu içerisinde tarihi yapılar da mevcuttur. Tarihi yapılar üzerinde yaşanan bu yıkım, şehrin/bölgenin kültürel birikiminin zarar görmesine neden olmaktadır. Tarih boyunca, Dünya'nın birçok farklı yerinde, birçok kültür yapısı depremden zarar görerek tahrip olmuştur. Bu yapıların bir kısmı yenilenmiş, bir kısmı ise yok olarak değerlerini sonraki nesillere aktaramamıştır (Şekil 1) (Parisi & Augenti, 2013).



Şekil 1: Depremde yıkılan tarihi yapı örnekleri (Malatya Yeni Cami - Gaziantep Kalesi) (Hyetert, 2023)

Deprem vb. nedenlerle zarar gören tarihi yapılar onarım/yenileme/güçlendirme sürecine girerler. Bu süreç, yeni bir yapı inşa etmeye kıyasla daha hassas ve uzun bir dönemdir. Birçok tarihi yapı, bu süreçte kullanılamaz ve temsil ettiği değerleri çevresine aktaramaz. Ayrıca yapının gereklilikleri nedeniyle çevresine niteliksiz görüntü sunarlar.

Yenileme, onarım, güçlendirme vb. inşa sürecindeki tarihi yapıların temsiliyetlerini sürdürebilmeleri amacıyla çeşitli uygulamalar yapılmaktadır. Bu uygulamalar kaplama ve canlandırma şeklinde ayrılabilir. Kaplama uygulamalarında çeşitli malzemeler (Tekstil örtü, yansıtıcı, iskele vb.) ile yapının cephesi kapatılır. Canlandırma uygulamalarında ise teknolojik gereçler (Sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik, ışıklandırma vb.) kullanılarak yapı kabuğunun animasyonu sunulur. İlgili çalışmalara yönelik başlıca örnekler Tablo 1 ve 2'de gösterilmektedir. Yapılan literatür taramasında, kaplama ve canlandırma uygulamasına ait çeşitli çalışmalar incelenmiştir. Ancak bu çalışmalara yenilik getirebilecek uygulama önerileri konusunda eksiklik mevcuttur. İncelenen çalışmalar içerisinde Andric ve Jaksic (2018)'in çalışması, tarihi yapıların temsiliyeti için yenilikçi bir öneri olarak değerlendirilmiş ve bu çalışmaya ışık tutmuştur.



Şekil 2: Manastirine Bazilikası ve Mezarlığı için Andric ve Jaksic (2018) tarafından yapılan temsiliyet çalışması

Andric ve Jaksic (2018) yaptıkları çalışmada, Avrupa'da önemli bir erken Hristiyanlık kompleksi olan Manastirine Bazilikası ve Mezarlığı için bilimsel rekonstrüksiyonlara dayalı, müdahalesiz bir yenileme önerisi geliştirmişlerdir. Oldukça tahrip olmuş bu kompleks yapının temsiliyeti için pnömatis sistem kullanılması tasarlanmıştır (Şekil 2).

Tablo 1: Kaplama ile temsiliyet uygulama örnekleri

Yenileme/Onarım Süreçlerinde Kaplama Uygulamalarına Örnekler



Tekstil örtü ile temsiliyet

Doge's Sarayı, Saint Mark's Meydanı, İtalya: Uzun yıllar süren yenileme sürecinde yapının içerisindeki tabloları ve sanat eserlerini vurgulamak amacıyla cephe, yapının içini tasvir eden tekstil örtü ile kapatılmıştır (Banerjee & Loukaitou-Sideris, 2011).



Yansıtıcı/ayna ile temsiliyet

Palais-Royal, Fransa: Yenilenen yapı nedeniyle sokağın görsel algısının bozulmaması amaçlanmıştır. Bu amaçla inşaat halindeki yapının cephesi ayna ile kapatılarak sokak dokusunda görsel süreklilik sağlanmıştır (LeParisien, 2023).



Geçici iskele ile temsiliyet

Elizabeth Tower (Big Ben), İngiltere: Yapının yenileme sürecinde çevresine, yapının görselini tamamen kapatmayan ve temsiline farklı bir estetik görsel ile destekleyen geçici yapı iskelesi kurgulanmıştır (Londonist, 2023).

Tablo 2: Canlandırma ile temsiliyet uygulama örnekleri

Yenileme/Onarım Süreçlerinde Kaplama Uygulamalarına Örnekler



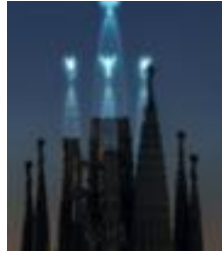
Artırılmış gerçeklik ile temsiliyet

Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları: Tarihi yapıların temsiliyetinde artırılmış gerçeklik (Augmented reality - AR) teknolojisi kullanılmaktadır. Çeşitli AR araçları (telefon, başlık vb.) kullanılarak, yenileme sürecinde olan yapının tahrip olmamış hali, yenilenecek hali veya farklı anlatımlarını görmek mümkün olmaktadır (Archaeo, 2023; Technopark, 2023).



Sanal gerçeklik ile temsiliyet

Sanal Gerçeklik Uygulamaları: Tarihi yapıların temsiliyet süreçlerinde sanal gerçeklik (virtual reality - VR) teknolojisi kullanılmaktadır. Çeşitli VR araçları (gözlük, başlık vb.) kullanılarak yapılar ve çevreleri gezilebilmektedir (Unimersiv, 2023).

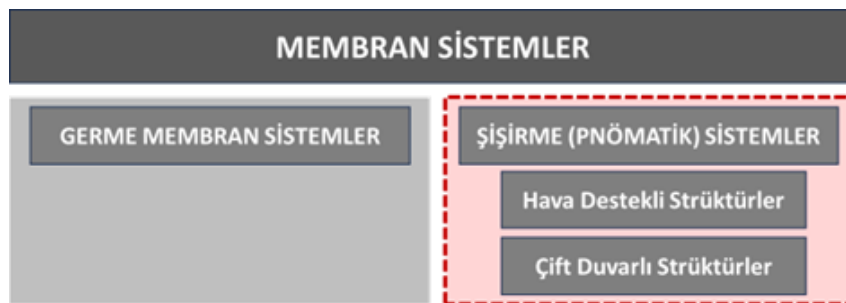


Işıklandırma ile temsiliyet

Studio DRIFT: Hollanda merkezli tasarım stüdyosu, uçan kameralar (drone) kullanarak tahrip olmuş tarihi yapıların restorasyon süreçleri sonucunda nasıl görüneceklerini ışıklandırma ile canlandırmaktadır (Drift, 2023).

Membran malzemelerin kullanımı, ilkel dönemlerde barınma ihtiyacı için inşa edilen basit çadırlara dayanmaktadır. Endüstri Devrimiyle birlikte gelişen taşıyıcı sistemler ve malzeme üretim olanaklarıyla birlikte, membran malzemeler farklı tasarım alanlarında kendine yer bulmuştur. Gelişim ve kullanım olanakları yeni imkanları ve arayışları ortaya çıkarmıştır. Bu arayışlardan biri de geniş açıklıkları hafif malzemeler kullanarak, minimum maliyetler ile geçmektir. Bu amaçla çeşitli sistemler geliştirilmiştir ve halen bu konuda birçok araştırma yapılmaktadır. Mevcut sistem kullanımları içerisinde membran malzeme kullanımı öne çıkmaktadır.

Membran malzemeler kullanımlarına göre ‘germe membran sistemler’ ve ‘şişirme (Pnömatik) membran sistemler (pnömatik sistemler)’ olarak ikiye ayrılmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3: Membran sistem sınıflandırması (Bal, 2022; Knippers vd., 2011)

Germe membran sistemler, membranın germe ve çekme malzemelerine (çelik halat vb.) örtü olarak kullanıldığı sistemlerdir. Bu sistemde yapısal yükleri membran örtüyü şekillendiren yapı elemanları almaktadır. Genellikle geniş açıklıklı yapılarda görülen germe membran sistemler; stadyumlar, spor salonları, gösteri salonları vb. mimari eserlerde kullanılmaktadır (Bal, 2022; Knippers vd., 2011) (Şekil 4).



Şekil 4: Germe Membran; Milenyum Kubbesi - Münih Olimpiyat Stadı (Archdaily, 2024)

Pnömatik sistemler, dış çeper malzemenin içerisinde bulunduğu madde veya maddeler sayesinde hacim kazanan yapılardır. Bu sistemlerde içeride bulunan basınç sağlayan madde alındığında kabuk/çeper kendini taşıyamaz (Türkçü, 2003). Birçok farklı disiplinde çeşitli alet, araç veya yapı için kullanılan bu sistemler, inşaat alanında genellikle geçici yapılarda (afet sonrası kapalı alan kurguları, sergi-fuar yapıları vb.), şehir donatılarında, yapı cephelerinde ve kültürel yapılarda görülmektedir.

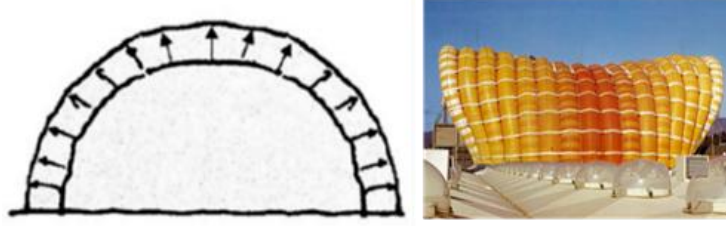
Pnömatik sistemler, inşaat ve yapı alanında ilk olarak 20. Yüzyılın son çeyreğinde kullanıma başlanmıştır. Pnömatik strüktürler, plastik-polimer esaslı membran malzemenin katı, sıvı ve gaz maddeler aracılığıyla basınçlandırılarak mimari mekan oluşturmasıyla ortaya çıkar. Bu sistemin elemanları çoğunlukla gaz (hava) desteğiyle basınçlandırılır. Geniş açıklıkları, diğer yapı malzemelerine kıyasla oldukça hafif malzeme ile geçebilen bu sistemler, kendi içerisinde hava destekli ve çift duvar strüktürler olarak ikiye ayrılmaktadır (Bal, 2022).

Hava destekli strüktür sistemler, hava basınç elemanları kullanarak, kapalı membran örtünün içerisini sürekli belli basınçta tutan ve basınçla membranı taşıyan sistemdir. Bu sistemlerde hava akışının sürekliliği sağlanmalıdır. Bu nedenle yapı tasarımında hava akışını sağlayan araçların uygun yerleri düşünülmelidir. Ayrıca membran strüktürde herhangi bir hava kaçağı veya çıkışı olmamalıdır. Oldukça geniş açıklıkların geçilebildiği bu sistemde, dikme, kolon ve kiriş gibi yapı elemanlarına ihtiyaç duyulmamaktadır (Bal, 2022; Özşen ve Yamantürk, 1991) (Şekil 5).



Şekil 5: Hava destekli strüktür sistem/örnek (Dağılgan, 2019)

Çift duvarlı strüktür sistemler, çift zarın arasında havayı hapsederek elemanın mukavemetini sağlayan kurgudur. Bu sistemde hava akışı sürekli değildir; pnömatik eleman monte edilmeden önce şişirilir. Pnömatik sistemlerin tamamında olduğu gibi, hava kaçağı ve çıkışı önlenmelidir. Geniş açıklıklar geçilebilen çift duvarlı strüktür sistemlerde, hava destekli strüktür sistemlerde olduğu gibi, kolon, dikme ve kiriş gibi yapı elemanlarına ihtiyaç duyulmamaktadır (Şekil 6) (Bal, 2022; Herzog, 1978).



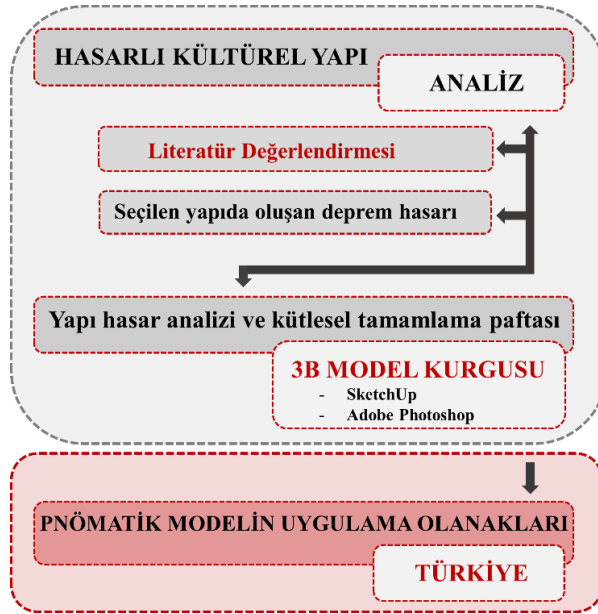
Şekil 6: Çift duvarlı strüktür sistem/örnek (Dağılgan, 2019)

3. Yapılan Çalışmalar

Çalışmanın bu bölümünde; yöntemin açıklanması, temsili model önerisinin sunumu ve modelin uygulanma olanakları yer almaktadır.

3.1. Yöntem

Pnömatik sistemler, yapı malzemelerinin sert ve statik tasarımından yumuşak ve dinamik tasarıma geçiş alternatifi olarak düşünülebilir. Bu nedenle bu sistem hafif, geçici ve esnek tasarımlar için ideal olabilmektedir. Ancak bu sistemlerin kullanım alanları yeterince geliştirilmemiş ve kullanımları diğer yapı malzemelerine kıyasla kısıtlı kalmıştır. Bu sistemin kısıtlı kaldığı, kullanımının olmadığı ve kullanım olanakları için araştırmaların yetersiz kaldığı önemli alanlardan biri tarihi yapıların yenilenme sürecidir. Pnömatik sistemler, tarihi yapıların yenilenme sürecinde, koruyucu kaplamalar, 3 boyutlu görselleştirmeler ve sanal gerçekliklerin yerine kullanım potansiyeli taşımaktadır (Andric & Jaksic, 2018). Bu düşünceden hareketle, deprem yıkımına/tahribatına uğramış tarihi yapıların, pnömatik sistemler ile temsiliyetine yönelik bir model önerisi geliştirilmiş ve sistemin kullanım olanakları irdelenmiştir. Yapılan çalışmada, Hatay şehri örneğinde pnömatik sistemlerin uygulama olanakları Şekil 7’de verilen yöntem üzerinden kurgulanmıştır. İlgili yöntem uygulanırken, pnömatik temsili modellerin değerlendirilmesi adımı, Smith (2010)’da yer alan kriterler, Baş (2019)’da ki sınıflandırma (19 adet değerlendirme kriteri) üzerinden ele alınmıştır.



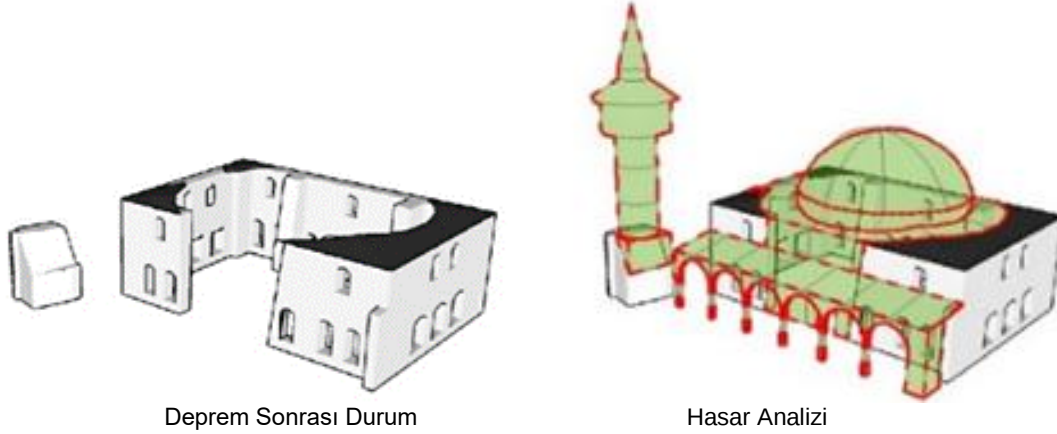
Şekil 7: Çalışma yönteminin anlatımı

3.2. Temsili Model Önerisi

Kent kimliği, bir kenti diğer kentlerden ayıran fiziki, sosyal, kültürel, tarihsel, ekonomik özelliklerin bileşenidir. Kent kimliğini yansıtan sembol yapılar, kentin tanınmasında ve hatırlanmasında önemli rol oynamaktadır. İbadet yapıları, kent dokusunda; mimari özellikleri, konumları, biçim ve boyutları ile dokuyu oluşturan diğer yapılardan farklılaşmaları sayesinde kolaylıkla görülebilmekte ve algılanabilmektedir. Bu da ibadet yapılarını güçlü birer işaret ögesi haline getirmekte, hem turistler hem de yerliler tarafından kolaylıkla hatırlanmalarını sağlamaktadır (Diker & Erkan, 2017).

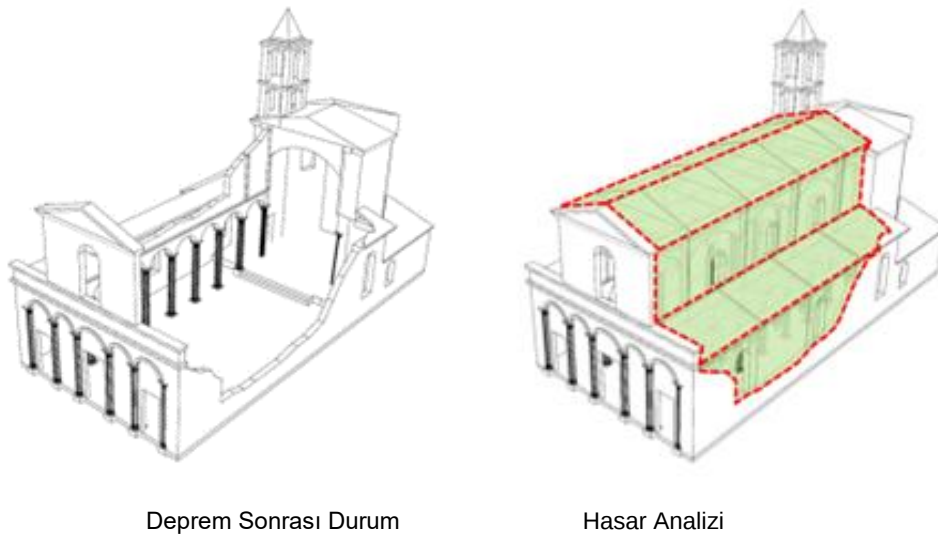
Seçilen tarihi yapılardan Habibi Neccar Cami, Hatay ilinin Antakya ilçesinde 19. yüzyıl sonlarında (aynı alanda ilk cami inşa tarihi 638 yılıdır) inşa edilmiştir. Cami, iki türbe, medrese hücreleri ve şadırvandan oluşan bir külliye de yer almaktadır. Külliye yapıları yamuk biçimli bir avlu etrafında toplanmışlardır ve bu yapılar camiye paralel değil, avlunun yamuk planı doğrultusunda konumlanmıştır. Habibi Neccar Cami kesme taş malzemeden üretilmiş yığma taşıyıcı sistemli bir yapıdır. İç mekânın üzeri kubbe ile örtülüdür (Eyckay vd., 2015).

Habibi Neccar Camii 6 Şubat Kahramanmaraş depremlerinde yıkılmıştır. Yapının hasar fotoğrafları incelendiğinde giriş yönündeki duvarın (Kuzey cephe) ve kemerin yıkıldığı gözlemlenmiştir. Ayrıca kubbenin oturduğu doğu kemeri ve buna bağlı olan tonoz yapısı çökmüştür. Ancak yapının geri kalan duvarlarında yıkılan bölgelere göre daha az hasar gözlemlenmiştir (Şekil 8).



Şekil 8: Habibi Neccar Cami hasar analizi

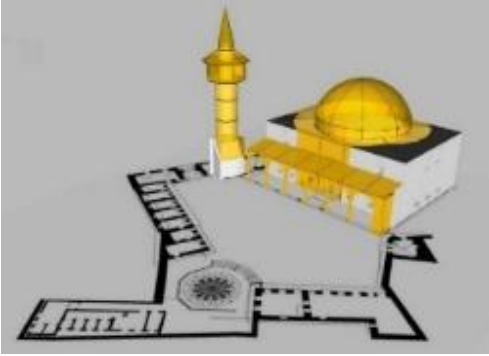
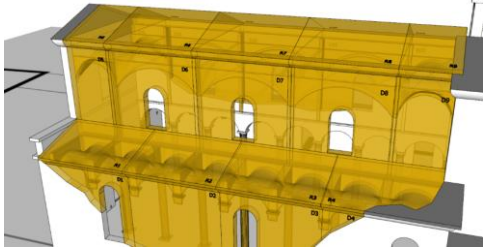
Seçilen diğer tarihi yapı Latin Katolik Kilisesi, Hatay ilinin İskenderun ilçesinde 1871 yılında inşa edilmiştir. 1887 yılında geçirdiği yangından sonra yapının restorasyonu 1901 yılında tamamlanmıştır. Yapı, kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda bazilikalı planlıdır. Büyük orta nef ve ana eksenin simetrik olarak iki yanında küçük iki yan nefli kilise, ortada naos, doğuda tek apsis ve batıda bir narteksten oluşmaktadır. Yığma yapı sistemi kullanılarak inşa edilen yapının iç mekânında 14 adet taş sütun yer almaktadır. Yapının iç mekânı, tonoz örtü sistemi ile örtülmüştür. İskenderun Katolik Kilisesi ile ilgili hasar resimleri incelendiğinde yapının güneydoğu (yol tarafı) yönünde yıkıldığı gözlemlenmiştir (Şekil 9).



Şekil 9: Latin Katolik Kilisesi hasar analizi

Yapılan çalışma kapsamında Habibi Neccar Cami ve Latin Katolik Kilisesi'nin deprem sonrası kütleli durumu incelenerek, pnömatis sistem elemanlarının kullanılacağı kütleli kısımlar belirlenmiştir. Geliştirilen model önerisi yalnızca kütleli bir uygulamayı kapsamaktadır ve gerçekleştirilecek uygulamalar tarihi yapılar üzerinde yürütülmesi gereken detaylı restorasyon uygulamaları hassasiyetine sahip değildir. Bu uygulama ile amaç, yapının restore edilmesi değil restorasyon süreci öncesi yapısal temsiliyetin sağlanmasıdır (Tablo 3).

Tablo 3: Seçilen yapıların temsiliyet modeli önerileri

Habibi Neccar Cami	Latin Katolik Kilisesi
	
	
	
	

Habibi Neccar Cami ve Latin Katolik Kilisesi, Hatay: Yapılan çalışmada, Kahramanmaraş Depremleri sonucunda yıkılan tarihi yapıların yenileme sürecinde temsiliyetine yönelik olarak pnömatik sistem kullanılması önerilmiştir.

3.2. Modelin Uygulama Olanakları

Deprem afetinde hasar gören tarihi yapıların temsiliyetleri için pnömatik sistemlerin Hatay şehrinde kullanım olanaklarını araştıran bu çalışmada; akademik araştırmalar ile yerli ve yabancı uygulama firmalarının verileri irdelenmiştir. Araştırma için Baş (2019)'ın prefabrike konut yapım sistemleri için belirlediği değerlendirme kriterleri kullanılmıştır. Yapılan analizler Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 4: Sistemin Hatay şehrinde uygulanabilme olanakları

1. Sistem Elemanlarının Üretim Yeri: Pnömatik sistem elemanları şantiye alanı dışında; fabrika ve atölye ortamında üretilmektedir (DBS Engineering, 2023).
2. Sistem Elemanlarının Tipleri: Pnömatik sistem elemanları mimaride taşıyıcı sistem elemanları, yardımcı yapı elemanı ve kalıp elemanı olarak görev alabilmektedir. Sistemin rasyonel ve etkin olması amacıyla, genellikle kabuk ve kaplama elemanları olarak kullanıldıkları görülmektedir (Bal, 2022).
3. Sistem Elemanlarının Malzemesi: Pnömatik sistem elemanları membran örtü ve dolgu malzemesinden oluşmaktadır. Membran örtünün malzemesi plastik-polimer esastır. En yaygın kullanılan malzemeler; PVC (polivinilklorür), PTFE (politetrafloroetilen) ve ETFE (etilentetra-floroetilen)'dir. Membran örtünün dolgusu için katı, sıvı veya gaz maddeler kullanılmaktadır. Günümüzde maliyet ve hafiflik açısından en yaygın kullanılan dolgu malzemesi ise havadır (Bal, 2022).
4. Yaygın Modüler Boyut: Pnömatik sistem elemanları tasarımcının belirlediği boyutlarda ve standartlarda üretilmeye elverişlidir. Bu nedenle mimari yapılarda yaygın modüler boyut yoktur (DUOL, 2023; Vector Build, 2023).
5. Sistem Elemanlarının Boyut Sınırlaması: Pnömatik sistem elemanlarının boyut sınırlaması, üretim-malzeme olanakları ve montaj imkanları ile sınırlıdır. Bu sistem ile oldukça büyük boyutlu elemanlar üretilebilmektedir (Vector Build, 2023).
6. Sistem Elemanlarının Yükseklik Sınırlaması: Pnömatik sistem elemanlarının yükseklik sınırlaması, üretim-malzeme olanakları ve montaj imkanları ile sınırlıdır. Bu sistem ile oldukça yüksek boyutlu elemanlar üretilebilmektedir (DUOL, 2023).
7. Sistem Elemanlarının Ağırlığı: Pnömatik sistem elemanlarının ağırlığı örtü ve dolgu malzemesinin türüne göre değişmektedir. Bu sistem, en hafif yapı sistemi olarak gösterilebilir (Knippers vd., 2011).
8. Sistem Elemanlarının Geçebildiği Açıklık: Pnömatik sistemler, geniş açıklıklar için üretilmiştir. Bu sistemler ile geniş açıklıklar geçilebilmektedir. Geçilen açıklık boyutlarının 100 m'yi geçtiği örnekler günümüzde mevcuttur (DBS Engineering, 2023; Vector Build, 2023).
9. Sistemin Tasarım Esnekliği: Pnömatik sistemlerde, birleşim detaylandırmaları ve üretim olanaklarının elverişliliği sayesinde, serbest biçimli formlar üretilebilmektedir (Bal, 2022).
10. Sistem Elemanlarının Yüzey Özellikleri: Pnömatik sistemler elemanlarının yüzeyi membran örtüden oluşmaktadır. Membran örtü, türüne göre farklı renklerde ve yüzey kaplamaları ile birlikte üretilebilir. Ancak bu kaplamalar estetik görüntü sağlama amacıyla değil yapı elemanlarını koruma amaçlı yapılan kaplamalardır (DUOL, 2023).
11. Sistemin Elemanlarının Montaj Teknikleri: Pnömatik sistemler elemanları zemine, mevcut yapıya ve birbirlerine farklı tekniklerle birleştirilebilir. Zemine genellikle ankraj elemanları ile birleştirilen bu elemanlar, mevcut yapıya mekanik bağlantı elemanları ile birleştirilmektedir. Sistem elemanları birbirlerine ise ısı, dikiş, mekanik veya yapıştırma yöntemleriyle monte edilebilirler (DUOL, 2023; Erol, 1997).
12. Montaj Araçları: Pnömatik sistem elemanları boyutlarına göre farklı araçlar yardımıyla monte edilebilirler. Küçük boyulu elemanlar araçsız da monte edilebilirken; boyutlar büyüdükçe yapı iskeleleri veya vinçler kullanılabilir (DBS Engineering, 2023).
13. Nakliye: Pnömatik sistem elemanları, fabrika veya atölye ortamında üretildikten sonra, şantiye alanında şişirilerek kullanılmaktadır. Şantiye alanına katlanmış örtü olarak götürüldüğü için, basit taşıma araçlarının kullanımı da mümkündür. Bu nedenle sistemin nakliyatı kolay ve maliyeti düşüktür (Asati, 2023).
14. İşçilik: Sistemin inşası kolaydır ve kısa sürede yapılabilir. Ancak sistem elemanlarının kurulumu ve birleştirilmesi için nitelikli iş gücü gereklidir (Asati, 2023).
15. Sistemin Prefabrike Derecesi: Sistem üretim, birleştirme ve yerinde yapım metotları kapsamında yüksek prefabrike dereceye sahiptir.
16. Sistem Elemanlarının Fiziksel Etkenlere Direnci: Pnömatik sistemlerin rüzgar yükü ve diğer çevresel faktörler karşısındaki dayanımı, tasarım parametreleri ve kullanılan malzeme özelliklerine bağlıdır. Özellikle rüzgar yükleri gibi dinamik çevresel etkiler, pnömatik sistemlerde deformasyon ve stabilite sorunlarına yol açabilir. Bu nedenle, rüzgarın türbülans etkilerinin ve akış dinamiğinin dikkate alındığı aerodinamik tasarımlar kritik bir öneme sahiptir. Ayrıca, pnömatik sistemlerin iç basınç dengesi, yük dağılımını optimize ederek yapısal dayanıklılığı artırır. Membran ve esnek malzemelerin yüksek gerilme mukavemeti, bu sistemlerin rüzgar gibi çevresel yüklere karşı daha uzun ömürlü olmasını sağlar. Bunun yanında, nem, sıcaklık değişimi ve UV ışınları gibi diğer çevresel etkiler, pnömatik sistemlerde malzeme bozulmasına yol açabileceğinden, bu tür sistemlerin dış kaplamalarında su itici, UV dayanımlı ve düşük geçirgenlikli malzemeler kullanılması gereklidir. Tüm bu önlemler ve tasarım iyileştirmeleri, pnömatik sistemlerin yapı ve mimarlık uygulamalarında sürdürülebilir ve dayanıklı bir çözüm sunmasını sağlar (Bal, 2022; DUOL, 2023).
17. Sistemin Yangın Güvenliği: Sistem elemanları, yangın dayanımı düşük malzemelerden üretilmektedir. Ancak farklı malzeme, dolgu elemanları ve kaplama kullanımıyla birlikte yangın dayanımı belli dereceye kadar yükselebilmektedir (DUOL, 2023).
18. Sistem Elemanlarının Yalıtım Etkinliği: Sistem elemanları ve ek önlemler ile iyi derecede ısı, ışık, ses ve su yalıtımı sağlanabilmektedir (DUOL, 2023; Bal, 2022).
19. Sistemin Sürdürülebilirliği: Pnömatik sistemler elemanları uzun ömürlü (40 yıla kadar ön görülmektedir), tekrar kullanılabilir ve geri dönüştürülebilir malzemeleri neticesinde karbon ayak izi düşük ve sürdürülebilir olarak nitelendirilebilir (Bal, 2022; DUOL, 2023).

4. Tartışma ve Sonuçlar

2023 Kahramanmaraş Depremlerinde birçok yapı ağır hasar almış ve yıkılmıştır. Bu yapılar içinde şehirlerin kültürel belleğini oluşturan tarihi yapılarda bulunmaktadır. Tarihi yapılar, kültürel belleğin temsilcisi olarak şehirlerin ruhu için oldukça önemlidir. Şehirlerin yeniden yaşanabilir yerler haline getirilmesi, afetten etkilenen insanların psikolojisinin olumlu yönde etkilenmesi ve kentin kültürel varlığını sürdürülebilmesine katkı sağlanması amacıyla tahrip olan/yok olan tarihi yapılar onarılmalı ve/veya yeniden inşa edilmelidir. Tarihi yapıların yeniden inşa süreçleri diğer yapılara göre daha hassas, nitelikli iş gücü ve uzun zaman gerektirmektedir. Bu süreçte şehirde nitelsiz bir görüntü oluşturmaması ve kültürel hafızanın varlığını sürdürmesi amacıyla çeşitli temsiliyet uygulamaları yapılabilir. Yapılan çalışmada, kültürel mirasın temsiliyeti için restorasyon/rekonstrüksiyon sürecinde pnömatik sistem kullanımına yönelik model önerisi sunulmuş; sunulan model önerisi 2023 Kahramanmaraş Depremlerinde hasar almış ve kültürel bellek açısından önemli nitelik taşıyan Habibe Neccar Cami ve Latin Katolik kilisesi yapıları üzerinden modellenmiştir. Ayrıca geliştirilen model önerisinin Hatay şehrinde uygulama olanakları irdelenmiştir. Yapılan analizlere göre şu sonuçlara ulaşılmıştır:

- Önerilen sistem bileşenleri, Türkiye’de ve yurt dışında bulunan fabrika veya atölyelerde üretildikten sonra, uygulanacağı çalışma alanına taşınarak kurulum ve montaj işlemleri gerçekleştirilebilir.
- Sistem elemanları modelde önerildiği gibi yapı kabuğu şeklinde kurgulanabilir.
- Sistem elemanlarını oluşturan malzemeler membran örtü ve basınçlı havadır.
- Hasar görmüş yapılarda oluşan tahribatlar, genellikle düzensiz formlara ve değişken boyutlara sahiptir. Bunun yanı sıra, organik formlar ve kübik yapılar gibi farklı türde mimari formlar bulunması nedeniyle, sistem elemanlarının standart modüler boyutlarda üretilmesi mümkün değildir. Bu durum, her bir yapıya özgü, farklı boyut ve formlarda elemanların tasarlanması ve üretilmesini gerektirmektedir. Bu yaklaşım, tahribatın niteliğine ve yapının özgün formuna uygun, esnek bir çözüm sunmayı zorunlu kılmaktadır.
- Sistem elemanları, yapım sürecine olanak sağlamak amacıyla belirli boyutlarda segmentlere ayrılmıştır. Bu yaklaşım, inşaatın gerçekleştirileceği bölgedeki parçaların diğerlerinden bağımsız bir şekilde ayrılmasını ve uygulanmasını mümkün kılmaktadır. Böylece sistem elemanları, bütünlüğünü koruyarak ve fonksiyonelliğini sürdürülebilir bir şekilde devam ettirerek inşaat sürecine entegre edilebilmektedir.
- Sistem elemanları, boyut ve yükseklik sınırlamaları, taşıma kapasitesi ve geçilebilecek maksimum açıklık gibi teknik parametrelere uygun şekilde tasarlanmıştır. Bu tasarım, sistemin hem yapısal bütünlüğünü hem de işlevselliğini sağlayarak, projenin verimli bir şekilde uygulanmasını mümkün kılmaktadır.
- Önerilen sistem elemanları, serbest biçimli üretim yöntemlerine ve her yapı için özel olarak tasarlanmış elemanların kurgulanmasına olanak tanıdığı için sistemin uygulanmasında önemli bir esneklik sunmaktadır. Bu özellik, farklı formlara ve yapı gereksinimlerine adapte olmayı kolaylaştırarak, tasarım ve inşaat süreçlerinde daha yenilikçi ve uyarlanabilir çözümler geliştirilmesine imkan tanır.
- Sistem elemanları, önerilen sistemde öngörülen renk paleti ve şeffaflık düzeyine uygun şekilde üretilebilir. Ancak, mevcut yapılarda bulunan rölyef, süsleme gibi detaylı dekoratif uygulamalar, önerilen sistemin teknik ve üretim olanaklarıyla gerçekleştirilememektedir. Bu durum, sistemin işlevsellik ve estetik arasındaki dengeyi sağlamaya yönelik belirli kısıtlamalar içerdiğini göstermektedir.
- Sistem elemanları, yapıların mevcut bileşenlerine zarar vermeden, mekanik bağlantı yöntemleriyle monte edilebilir. Elemanlar arasındaki birleştirme ise, dikiş veya yapıştırma gibi teknikler kullanılarak gerçekleştirilebilir. Bu yaklaşım, hem mevcut yapıya müdahaleyi minimize etmekte hem de sistem elemanlarının kendi aralarında güçlü ve dayanıklı bir bütünlük oluşturmalarını sağlamaktadır.
- Sistem elemanları, yapı iskelesi veya basit vinçler gibi erişim ve kaldırma ekipmanları kullanılarak kolaylıkla yerleştirilebilir. Bu yöntem, montaj sürecinin hızlı ve pratik bir şekilde gerçekleştirilmesine olanak tanırken, aynı zamanda yerleştirme işlemlerinin güvenli ve kontrollü bir şekilde yapılmasını sağlar.
- Sistem elemanları kamyon veya kamyonet gibi büyük yapı elemanlarına kıyasla basit nakliye araçlarıyla şantiye alanına getirilebilir. Şantiye alanında hava basıncı ile şişilecek elemanlar, nitelikli işçiler aracılığıyla yerleştirilir. Bu süreç, inşaat yapım sürelerine göre oldukça kısa sürede tamamlanabilir.
- Önerilen modele göre yapıların mekan olarak kullanımı ön görülmektedir. Bu nedenle elemanların yalıtım etkinliği tartışma konusu dışında bırakılmıştır.
- Sistem elemanlarının fiziksel etkenlere karşı direnci sınırlıdır, ancak herhangi bir deformasyon durumunda, elemanlar kolayca onarılabilir ve yeniden düzenlenebilir. Bu özellik, sistemin esnekliğini artırarak, küçük hasarların hızla giderilmesine ve yapısal bütünlüğün korunmasına olanak tanır.

Bu çalışma, deprem sonrası yıkıma uğrayan tarihi yapıların yenilikçi bir yöntem ile (pnömatik sistem kullanılarak) geçici/kalıcı temsil edilmesine yönelik bir öneridir. Çalışma, bu sistemin uygulama olanaklarını pnömatik sistem elemanlarının yerel/ülke bazında üretim kabiliyeti üzerinden tartışmakta olup şantiye sahasında uygulanması kapsam dışında tutulmuştur. Bu amaca yönelik çalışmalar devam eden süreçte ele alınacaktır.

Teşekkür

Makaleyi değerlendiren ve önerileri ile makalenin bilimsel değerine katkı sağlayan hakemlere teşekkür ederiz. Bu çalışma, “3rd International Civil Engineering & Architecture Conference (ICEARC’23)” programında sunulan “Pneumatic systems in the representation of earthquake-damaged cultural heritage” başlıklı bildirinin geliştirilmesi yöntemiyle yapılmıştır.

Kaynaklar

- Andric, D., & Jaksic, N. (2018, May 22–24). *Adaptive pneubotics in the service of heritage presentation: The cemetery of Manastirine, Salona* [Conference presentation]. S.ARCH 2018: 5th International Conference on Architecture and Built Environment with AWARDS, Venice, Italy.
- Archaeo. (n.d.). *Augmented reality tour*. 20 Ekim 2023’de <https://www.archaeo-now.com/english/ar-tour/> adresinden alındı.
- Archdaily. (n.d.). *Germe membran sistemler*. 1 Aralık 2024’ta <https://www.archdaily.com/> adresinden alındı.
- Asati. (n.d.). *Always the Innovator. Never the Imitator*. 14 Aralık 2023’de <https://www.asati.com/index> adresinden alındı.
- Aytekin, İ. (2006). *Donatısız ve sarılmış yığma yapıların deprem davranışlarının incelenmesi* [Yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>
- Bal, Y. (2022). *Geçmişten günümüze Dünya’da ve Türkiye’de pnömatik sistemlerin incelenmesi ve değerlendirilmesi* [Yüksek lisans tezi, Uludağ Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>
- Banerjee, T., & Loukaitou-Sideris, A. (Eds.). (2011). *Companion to urban design*. Routledge.
- Baş, G. Y. (2019). *Prefabrik konut üretiminde kullanılan yapı sistemlerinin malzeme türüne göre analizi* [Yüksek lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>
- Dağılgan, S. (2019). *Geniş açıklıkların örtülmesinde kullanılan taşıyıcı sistem seçimi için bir model önerisi* [Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>
- DBS Engineering. (n.d.). *DBS Engineering*. 10 Aralık 2023’de <https://dbs-engineering.com/> adresinden alındı.
- Diker, M., & Erkan, N. Ç. (2017). Kent kimliğinde ibadet yapıları: Antakya örneği. *Planlama*, 27(2), 180–192. <https://doi.org/10.14744/planlama.2017.74755>
- Dowrick, D. J. (2009). *Earthquake resistant design and risk reduction*. John Wiley & Sons.
- Drift. (2022, 3 Kasım). *DRIFT’ten Dronlarla Tamamlanan Tarihi Eserler*. 23 Ekim 2023’de <https://www.arkitera.com/haber/driftten-dronlarla-tamamlanan-tarihi-eserler/> adresinden alındı.
- DUOL. (n.d.). *Çağdaş yapı sistemleri*. 12 Aralık 2023’de <https://duol.eu/tr> adresinden alındı.
- Erol, A. İ. (1997). *Yapılarda taşıyıcı sistemler*. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi.
- Eykay, İ., Dalgın, T., & Çeken, H. (2015). İnanç turizmi potansiyeli açısından Antakya’nın değerlendirilmesi. *Journal of Life Economics*, 2(2), 59–74. <https://doi.org/10.15637/jlecon.66>
- Gök Nayır, T. (2016). *Elazığ bölgesindeki geleneksel yapıların deprem performanslarının incelenmesi* [Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>
- Gürbüz, İ. A., & Aslan, B. (2023). Kahramanmaraş depreminde hasar tespit çalışmaları üzerine bir değerlendirme. *Çevre Şehir ve İklim Dergisi*, 2(4), 180–195.
- Herzog, T. (1978). *Pneumatic structures: A handbook of inflatable architecture*. Oxford University Press.
- Hyetert. (2023, 15 Şubat). *Kahramanmaraş merkezli depremlerin ardından yıkılan tarihi yapılar*. 18 Ekim 2023’de <https://hyetert.org/2023/02/15/binlerce-yillik-tarih-yok-oldu-kahramanmaraş-merkezli-depremlerin-ardından-yikilan-tarihi-yapilar/> adresinden alındı.
- Knippers, J., Cremers, J., Gabler, M., & Lienhard, J. (2011). *Construction manual for polymers + membranes: Materials, semi-finished products, form finding, and design*. Birkhäuser.
- LeParisien. (2022, 27 Ekim). *Le chantier du Louvre des antiquaires est masqué par des façades réfléchissantes qui offrent une perspective inédite*. 19 Ekim 2023’de <https://www.leparisien.fr/paris-75/paris-un-miroir-geant-signe-jean-nouvel-pour-faire-oublier-le-chantier-du-louvre-des-antiquaires> adresinden alındı.
- Londonist. (2019, 29 Mayıs). *The Big Ben On HP Sauce Is Now Covered In Scaffolding*. 23 Ekim 2023’de <https://londonist.com/london/food/hp-big-ben-label-scaffolding> adresinden alındı.
- Özşen, E. G., & Yamantürk, E. (1991). *Taşıyıcı sistem tasarımı*. Birsan Yayınevi.
- Parisi, F., & Augenti, N. (2013). Earthquake damages to cultural heritage constructions and simplified assessment of artworks. *Engineering Failure Analysis*, 34, 735–760. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2013.01.005>
- Smith, R. E. (2010). *Prefab architecture: A guide to modular design and construction*. John Wiley & Sons.
- Technopark. (2023). *VR in tourism & heritage preservation*. 18 Ekim 2023’de <https://www.technopark.ps/arvr/en/article/26/VR-in-Tourism--Heritage-Preservation> adresinden alındı.
- Türkçü, H. Ç. (2003). *Çağdaş taşıyıcı sistemler*. Birsan Yayınevi.
- Unimersiv. (2017, 13 Ocak). *Explore ancient Rome in virtual reality*. 19 Ekim 2023’de <https://unimersiv.com/ancient-rome-virtual-reality/> adresinden alındı.
- Vector Build. (n.d.). *Inflatable buildings and structures*. 12 Aralık 2023’de <https://www.vector-build.com/eng.htm> adresinden alındı.