

BİNALARDA TAŞIYICI STRÜKTÜRÜN MEKÂNSAL ESNEKLİK ÜZERİNE ETKİLERİ

Bengisu OKAN^a *, Nurgül İNAN^b 

^aOstim Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Ana Bilim Dalı, TÜRKİYE

^aOstim Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Ana Bilim Dalı, TÜRKİYE

* Sorumlu Yazar: mim.bengisuokan@outlook.com

(Geliş/Received: 10.03.2025; Düzeltme/Revised: 29.03.2025; Kabul/Accepted: 29.03.2025)

ÖZ

Mimari tasarımlara başlanırken, “tasarım girdileri” olarak belirlenen veriler esas alınır. Bu veriler; yapının tasarlanma amacı, yasa ve yönetmelikler, arazinin koşulları, kullanıcı profili ve ihtiyaçları, eldeki mevcut olanaklar, kullanılacak teknoloji, malzeme ve yöntemler, maliyet ve zaman gibi kaynaklar, yapının kullanıcılar üzerinde oluşturduğu sosyal ve psikolojik etkiler vb. olarak sıralanabilir. Tasarım sürecine başlarken belirlenen bu kararlar yapılardan beklenen performansın doğru ve uzun süreli olarak sağlanabilmesi için gereklidir. Ancak, günümüzde gelişen teknoloji toplumların kültürlerini, yaşam biçimlerini, alışkanlıklarını, ihtiyaçlarını ve beklentilerini hızla değiştirmektedir. Dolayısıyla mimari ürünlerin tasarlanma aşamasındaki tasarım girdilerinde de zaman içerisinde değişiklikler meydana gelebilir. Farklı ihtiyaçlara cevap vermesi için tasarlanmış ve henüz fiziksel ömrünü tamamlamamış olan binaların yeni ve sürekli değişen ihtiyaçları karşılayabilmesi ise ancak esnek tasarım ile mümkündür. Yapıların esnek olma özelliklerinin ana belirleyicilerden biri de taşıyıcı sistemdir. Bu çalışmanın amacı; farklı taşıyıcı strüktürlerin esneklik üzerindeki etkilerini ortaya koyarak mekânsal esneklik arayışındaki tasarımcılara yol göstermektir. Bu kapsamda, geçmişten günümüze farklı strüktürlere sahip mevcut binalar esneklik bağlamında incelenmiştir. Geçmişte sıklıkla kullanılan ağır strüktür türleri, gelişen teknolojiyle beraber yerini hafif strüktür türlerine bırakmıştır. Sonuç olarak özellikle geniş açıklıkların taşınabildiği hafif sistemlerin kullanıldığı strüktür türlerinin tasarım, yapım ve kullanım aşamalarında esneklik özelliklerinin daha fazla olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Mimaride Esneklik, Mekânsal Esneklik, Taşıyıcı Strüktür, Strüktür Türleri.

EFFECTS OF SUPPORTING STRUCTURE ON SPATIAL FLEXIBILITY IN BUILDINGS

ABSTRACT

When starting architectural designs, the data determined as “design inputs” are taken as basis. These data can be listed as the purpose of designing the structure, laws and regulations, land conditions, user profile and needs, available opportunities, technology, materials and methods to be used, resources such as cost and time, social and psychological effects of the structure on users, etc. These decisions determined at the beginning of the design process are necessary for the expected performance of the structures to be provided correctly and in the long term. However, today's developing technology is rapidly changing the cultures, lifestyles, habits, needs and expectations of societies. Therefore, changes may occur in the design inputs of architectural products in time. Buildings that are designed to meet different needs and have not yet completed their physical life can only meet new and constantly changing needs with flexible design. One of the main determinants of the flexibility of structures is the supporting system. The purpose of this study is to guide designers seeking spatial flexibility by revealing the effects of different supporting structures on flexibility. In this context, existing buildings with different structures from the past to the present were examined in terms of flexibility. Heavy structure types, which were frequently used in the past, have been replaced by light structure types with the developing

technology. As a result, it has been seen that the structure types, especially those where light systems that can carry wide openings are used, have more flexibility in the design, construction and usage stages.

Keywords: Flexibility in Architecture, Spatial Flexibility, Supporting Structure, Types of Structures

1. GİRİŞ

Mimari tasarım, kullanıcıların günlük yaşamlarında çeşitli eylemlerini gerçekleştirebilmeleri için en uygun şartları sağlayan yaşam alanlarını ve bu alanların çevrelerini bütünüyle ele alarak ve bir denge kurarak şekillendirmektir. Bu denge kapsamında yapının tasarlanma amacı, yasa ve yönetmelikler, arazinin koşulları, kullanıcı profili ve ihtiyaçları, eldeki mevcut olanaklar, kullanılacak teknoloji, malzeme ve yöntemler, maliyet ve zaman gibi kaynaklar, yapının kullanıcılar üzerinde oluşturduğu sosyal ve psikolojik etkiler gibi pek çok etken göz önünde bulundurularak mimari tasarım gerçekleştirilmektedir.

İnsanoğlu insanlık tarihinin en başından beri çevrenin olumsuz etkilerinden korunmak için barınma ihtiyacı duymuştur. İlk dönemlerde mağara ve ağaç konukları gibi doğal oluşumları kullanan insanoğlu zamanla çevresinde bulduğu malzemelerle kendi barınağını inşa etmeye başlamıştır. İnsanlık tarihinde uzun yıllar süregelen göçebelik döneminde çadır benzeri sökülüp taşınabilen ve tekrar kurulabilen çadır benzeri insan yapımı yapılar ilk esnek yapılar olarak değerlendirilebilir. Zaman içerisinde büyüyen aile yapıları, çadırların yeterli düzeyde korunaklı olmaması gibi durumlar çadır yapılarını geliştirmiş ve bu yapılar oba adı verilen yapılara dönüşmüştür. Çadırdan obaya giden bu süreçte strüktür kavramı da ortaya çıkmaya başlamıştır. Zaman içerisinde göçebeliliğin yerleşik hayata dönmesiyle beraber daha kalıcı yapılar inşa edilmeye başlanmıştır. Bu yapılar gerek malzeme yetersizliği gerek tedarik sorunları gerek işçilik becerileri kapsamında buldukları yerlerdeki yerel malzemelerden inşa edilmişlerdir. İnşa tekniğinin henüz gelişmeye başladığı bu dönemlerde, genellikle yığma yapılar görülmektedir. Yerel malzemenin üst üste sıralanmasıyla oluşturulan yığma yapılar bu dönemde barınma ve temel yaşama ihtiyaçlarını karşılayan yapılar olmuşlardır. Günümüze kadar geçen dönemde ise yapım ve malzeme teknolojileri sürekli gelişmiş ve gelişmeye de devam etmektedir. Yeni taşıyıcı strüktürlerin

kullanılmaya başlanması ile mimari ürünlerde yükseklik, biçim, mekânlar arası ilişkiler gibi tasarımlarda birçok konuda farklı alternatifler üretilmeye başlanmıştır.

Günümüzde gelişen teknoloji ve değişen kullanıcı gereksinimleri mekânların farklı zaman dilimlerinde, farklı kapasite ve işlevlerde kullanılması ihtiyacını doğurmuştur. Bu noktada bir çözüm olarak görülen esnek mekân kavramı, özetle yapıların zaman içerisinde değişen ihtiyaçlara uyum sağlayabilme becerisi olarak tanımlanabilir. Bu noktada yapının ana unsuru olan taşıyıcı sisteminin de bu esnekliği sağlamada ne derece katkı vereceği önemli olmaktadır.

2. METODOLOJİ

Bu bölümde çalışmanın nasıl yapıldığı hakkında fikir vermesi açısından çalışmanın amacı, kapsamı ve yöntemi ile ilgili bilgiler verilmektedir.

2.1. Amaç

Çalışmanın amacı, mimari tasarımda esneklik kavramını ele alarak, farklı taşıyıcı strüktür türlerinin mekânsal esneklik üzerindeki etkilerini incelemektir. Günümüzde hızla değişen kullanıcı ihtiyaçlarına uyum sağlayabilen esnek mekânların önem kazandığı vurgulanarak, farklı taşıyıcı sistemlerin bu bağlamda sağladığı avantajlar ortaya konulmaktadır.

2.2. Kapsam

Bu çalışma, mimari tasarımda esneklik kavramını ve taşıyıcı strüktürlerin mekânsal esneklik üzerindeki rolünü ele almaktadır. Mimari tasarım sürecinde esnekliğin nasıl sağlanabileceği üzerine yoğunlaşarak, farklı taşıyıcı sistemlerin esneklik açısından sunduğu avantajlar değerlendirilmiştir. Geleneksel ağır strüktür türleri ile modern hafif strüktür türleri karşılaştırılmış, özellikle geniş açıklıkları taşıyabilen hafif sistemlerin esneklik açısından sunduğu imkânlar analiz edilmiştir. Çalışmada, farklı esneklik türleri kuramsal olarak ele alınmış ve bu kavramın mekânsal organizasyon üzerindeki etkileri tartışılmıştır. Bunun yanı

sıra, literatür taraması ve karşılaştırmalı analiz yöntemleri kullanılarak, geçmişten günümüze farklı taşıyıcı sistemlerin kullanıldığı dokuz farklı yapı örneği incelenmiştir.

2.3. Yöntem

Çalışmada, literatür taraması ve karşılaştırmalı analiz yöntemi kullanılmıştır. Öncelikle esneklik ve taşıyıcı yapı kavramları teorik çerçevede ele alınmış, ardından farklı yapı türleri ve malzemeleri incelenerek mekânsal esneklik açısından değerlendirilmiştir. Çalışmada, mevcut yapılar üzerine yapılan analizler üzerinden bir çıkarım yapılarak karşılaştırmalı örneklerin bir tablosu hazırlanmış, taşıyıcı yapı türlerinin esneklik üzerindeki etkileri yorumlanmıştır. Özellikle geniş açıklıkları geçebilen hafif taşıyıcı sistemlerin esneklik sağlama potansiyeli araştırılmıştır. Bu analizler sonucunda, mimari tasarımda esneklik sağlanması için taşıyıcı sistem seçiminin kritik bir faktör olduğu vurgulanmıştır.

Sıradaki bölümlerde mekânsal esneklik ve yapı kavramları üzerinde durulmuş, bu iki kavramın birbiri ile olan ilişkisi incelenmiştir. Farklı yapı türlerinin mekânsal esnekliğe olan etkileri araştırılmış ve bu araştırma karşılaştırmalı örnekler üzerinden incelenmiştir.

3. MEKÂNSAL ESNEKLİK

Oxford sözlüğünde esneklik “yeni koşullara veya durumlara uyacak şekilde değişime yeteneği” şeklinde tanımlanmaktadır. (URL1) Mimaride esneklik ise zaman içerisinde değişen koşullara, gelişen teknolojiye ve kullanıcı taleplerine göre farklı durumlara yapının adapte olabilmesi anlamına gelir.

Evrensel bir tasarım kriteri olarak da kabul gören esneklik kavramı, çağdaş tasarım ve çağdaş mimarlığın olmazsa olmaz bir parçası olmuştur.

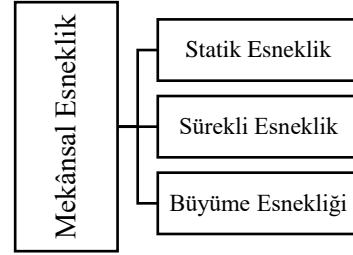
3.1. Mimari Tasarımda Esneklik Yaklaşımları

Mimari tasarımda esneklik kavramı yapının zaman içerisinde teknoloji, çevre ve kullanıcı gereksinimlerinin değişimi ve gelişimi sonucu yapıda yeni olanakların sağlanabilmesi ve yapının bu bahsedilen koşulların değişimine adapte olabilmesi, yani yapının inşa edildiği dönemde kendisinden beklenen gereksinimleri

karşılarken gelecekte de aynı şekilde olası gereksinimleri karşılayarak yapının gelecek kazanması endişesi sonucu ortaya çıkan bir kavramdır (İslamoğlu, Usta, 2018). Esneklik kavramı ortaya konulurken gelecek zamandaki değişimler öngörülmesi, bu öngörüler ışığında tasarım yapılmalıdır.

Mimari tasarımda esneklik kavramı kendi içerisinde statik esneklik, sürekli esneklik ve büyüme esnekliği olarak sınıflandırılabilir (Çizelge 1) (İnan, 2014).

Çizelge 1. Mekânsal Esnekliğin sınıflandırılması.



3.1.1. Statik Esneklik

Statik esnekliğe sahip yapılarda sınırlı bir değişim söz konusudur (Yakın, 2022). Bir yapı ya da mekânda statik esneklikten söz edebilmek için mekânlardan bazılarının ölçülerinin farklı ihtiyaçları karşılayabilme potansiyeline ve bölünebilme/birleşebilme imkanına sahip olması gerekmektedir. Bununla beraber servis alanları ve ıslak hacimlerin diğer mekânların esnekliğine olumsuz yönde etki etmeyecek şekilde yerleştirilmeleri, tasarlanacak mekânların kurgulanan işlevde farklı düzenlemelere ve çeşitli tefrişlemelere olanak sağlaması beklenmektedir.

Statik esneklik bu özellikleri kapsamında kendi içerisinde üç ayrı başlığa ayrılabilir (Çizelge 2). Bu başlıklar, tasarım esnekliği, yapı esnekliği ve kullanım esnekliğidir.

Çizelge 2. Statik esnekliğin sınıflandırması.

Statik Esneklik	Tasarım Esnekliği; yapının inşasından önceki süreçte tasarım kurgusunun oluşturulduğu, mekân planlamasının ve organizasyonlarının kararlaştırıldığı aşamadır.
	Yapım Esnekliği; İnşa edilen yapının yalnızca strüktürünün oluşturulduğu, bu şekilde ana hatlarıyla bölümlenen mekânın geri kalanının kullanıcıya bırakıldığı esneklik türüdür.
	Kullanım Esnekliği; kullanıcının inşa edilen yapıdaki mekânları kendi ihtiyaçları doğrultusunda zaman içerisinde farklı şekillerde kullanabildiği esneklik türüdür. Kullanım esnekliğinde strüktür sisteme müdahalede bulunulmaz.

3.1.2. Sürekli Esneklik

Sürekli esneklik anlayışında yapıdaki servis hacimleri olarak ifade edilen ıslak hacim, teknik hacimler vs. ve yapının taşıyıcı sisteminin sabit tutulması, bu elemanlar dışında kalan tüm elemanların değişebilir/dönüşebilir özellikte olması söz konusu olabilir. Böyle durumlarda servis hacimleri belirlenen bir çekirdek etrafında toplanarak, kalan mekânların esnekliğine engel olmayacak şekilde konumlandırılmaktadır.

Servis hacimlerinin kısmi hareket kabiliyeti olması durumunda; servis hacimlerinin kendileri için belirlenen modül veya alanda kısıtlı hareketi söz konusudur.

Yapının taşıyıcı strüktürüne ve kullanılan yapım tekniklerine göre tüm hacimlerin hareket kabiliyeti sonucu oluşan bağımsız mekân düzenlemeleri durumunda yapıdaki servis hacimleri dahil tüm hacimler serbest şekilde hareket edebilmektedir. Böyle sistemler gelişmiş teknik uygulamalar ile mümkündür ve geleneksel yapım tekniklerine göre daha maliyetlidir.

3.1.3. Büyüme Esnekliği

Yapının zaman içerisinde farklılaşan kullanıcı ihtiyaçları veya kullanıcı sayısı, gelişen teknoloji gibi sebeplerle kendisinden beklenen performansı karşılayabilmesine yönelik büyütebilme/küçülebilmeye kapasitesidir. Bu özellikler yapıya dışarıdan eklenen ya da çıkarılabilen modüller sayesinde olabileceği gibi, yapının dış kabuğunun hareketi ile de sağlanabilir. Bu noktada, yapının bulunduğu alana ait imar yönetmelikleri, vaziyet planı, diğer yapılarla ilişkisi, yapının bulunduğu

alanın topografik özellikleri ve yapının taşıyıcı strüktür özellikleri belirleyici unsurlar olmaktadır.

4. MİMARİDE TAŞIYICI STRÜKTÜR

Oxford sözlüğüne göre strüktür; “Bir şeyin parçalarının birbirine bağlanma, düzenlenme veya organize edilme şekli; parçaların belirli bir düzenlemesi” ve “Bir şeyin inşa edilme veya yapılma şekli” olarak tanımlanmaktadır (URL2).

Strüktür, en yalın haliyle taşıyıcı sistem olarak tanımlanmaktadır. Yapı alanında ise yapıdaki nesnelerin taşıyıcı unsuru, temel eleman, yapı kolonu gibi farklı tanımlarla karşımıza çıkmaktadır. Strüktür genel tanım olarak birçok yapı elemanının bir araya gelerek oluşturduğu sistem olarak tanımlanabilmektedir.

Günümüze kadar teknolojinin sürekli gelişmesiyle birlikte yeni taşıyıcı strüktür türleri ortaya çıkmıştır. Bu strüktür türleri geleneksel ağır türlerden farklı olarak daha hafif, daha uygulanabilir ve esnekliğe her açıdan daha uyumlu türler olarak karşımıza çıkmaya başlamıştır. Bu hafif strüktürler esneklik ihtiyacında; farklı fonksiyonlara hizmet verebilen yeterli mekânsal büyüklüğü sağlamanın yanında, mekânlar arası değiştirilebilen ilişkiler açısından da hem tasarımcıya hem de kullanıcıya büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Tasarım aşamasında formun gelişimi, organik formların daha az işçilik maliyeti ile daha kolay uygulanması, yapıların daha geçirgen olması gibi pek çok durumda kolaylık sağlayan hafif strüktür türleri günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır.

4.1. Hafif Strüktür Türleri

Mimari tasarımda kullanılan hafif strüktürler, geçmişten günümüze teknolojinin ilerlemesiyle kullanıcılara ve yapının inşa edildiği çevreye pek çok alanda avantajlar sağlamaktadır. Bu avantajlardan bazıları; dönüştürülebilir, yeniden kullanılabilir ve sürdürülebilir olmaları, mimari tasarımda esnekliğe olanak sağlamaları, hafif olma özellikleriyle daha yüksek yapı inşa etmeye olanak sağlamaları, geniş açıklıklar geçebilmeleri sayılabilir. Hafif strüktürel sistemler sadece yapı iç mekân kurgularında değil, yapı formunda da yenilikçi yaklaşımlara, esnekliğe, dinamikliğe olanak sağlamaktadırlar.

Hafif strüktür sistemler de kullanılan malzemelere göre ele alınabilir.

4.1.1. Çelik Sistemler

Tarihsel süreci Demir Çağı'nın 4000 yıl kadar gerisine giden çelik, 19.yüzyılda Henry Bessemer'in denemeleri ve buluşuyla yapısal çelik formuna getirilmiştir. Bulduğu döneme kadar olan süreçte bir takım doğal taşlar ile inşa edilen tonozlar, yerini yapısal çeliğe bırakmıştır. Bu değişim yapılar da başlıca yükü hafifletmiş, yük dağılımını önemli derecede olumlu yönde etkilemiştir. Söz konusu yapısal çeliğin çekme dayanımının basınç dayanımına eşit olma durumu, mimari yapı tasarımında esnek tasarımların önünü açmıştır. Geleneksel yapı strüktür malzemelerine göre çeliğin esnekliği ve sünekliği oldukça fazladır. Kullanılan yapı elemanlarının prefabrik olması nedeniyle uygulamasının kolay ve pratik olması, bulunuşundan önceki dönemlerde kullanılan yöntemlere göre yapı inşa sürecini oldukça yüksek bir oranda kısaltmış ve yapım hatalarını minimize etmiştir. Çelik sistemlerin geri dönüştürülebilir özelliği ile sürdürülebilir bir strüktür sistem olması tercih nedenlerinden biridir.

Bulduğu dönemden günümüze ulaşan süreçte teknolojinin de gelişmesiyle yapısal çeliğin farklı uygulama yöntemleri ve farklı sistemleri tasarlanmış ve uygulanmıştır. Bunlardan biri uzay kafes sistemlerdir. Ana taşıyıcısı çelik olan uzay kafes sistemler her yönde hareket eden yüklere karşı dayanımı sebebiyle üç boyutlu taşıyıcı sistem olarak tanımlanırlar. Modüler tasarım yaklaşımı ile uygulanan uzay kafes sistemler, yapının mekânsal esneklik potansiyelini arttırmaktadırlar. Üç boyutluluğunun getirdiği alt ve üst noktalarının arasında kalan boşluğa yapısal diğer bir gereksinim olan havalandırma ve tesisat sistemi elemanları yerleştirilmeye uygundur. Sistemin bu avantajı sayesinde havalandırma ve tesisat elemanları için yapıda ayrı bir yer tasarlanmasına gerek yoktur, bu durum yapının fonksiyonel kullanımını arttırarak yapıya fayda sağlamaktadır.

Yapısal çeliğin strüktürel esneklik alanında sağladığı avantajlara örnek olarak yapısal çelik ile inşa edilen Florida Polytechnic Üniversitesi verilebilir (Şekil 1). Yapısal çeliğin kullanımı formun organik olmasına karşın inceliğinin korunmasını ve cepheyi saran strüktürel

elemanların aralarındaki açıklığın artırılabilmesini sağlamıştır. Yapıda cepheyi saran bu ince yapısal çelikten kurulmuş pergola sistemi güneş kırıcı olarak da kullanılarak iç mekâna doğal ışık alımında da önemli rol oynamaktadır. (URL 20).



Şekil 1. Santiago Calatrava tasarımı Florida Polytechnic Üniversitesi (URL 3).

4.1.2. Cam Sistemler

Mimari tasarımda geçmişten günümüze gelen en temel kaygılardan biri olan yeterli ışık ve geçirgenlik kaygısı, cam malzemenin kullanımının temel sebeplerinden olmuştur.

Cam malzemenin kullanımının başlamasıyla daha geçirgen hale gelen yapılar yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu yaygınlaşmanın beraberinde cam malzeme yapısal olarak birtakım değişiklikler geçirmiş, bu değişiklik ve geliştirmelerle sadece ışık sorununu çözen bir yapı sistemi olmaktan çıkmış, gerektiğinde başlı başına bir cephe sistemi, gerektiğinde ısı sorunlarının önüne geçen bir sistem haline gelmiştir. Tüm bunlar geçmişten günümüze cam sistemlerin teknik ve yapısal özelliklerinin sürekli olarak geliştirilmesi ile olmuştur.

Günümüzde oldukça fazla çeşidi bulunan cam, yalıtımlı cam, lamine cam, basit cam, temperli cam, ısı cam, kristalize cam ve eklenecek pek çok madde ile sınıflandırılmaktadır. Çelik yapı sisteminin kullanılmaya başlamasıyla oluşturulan çerçeve sistemler sayesinde de cam kullanımı artış göstermiştir. Çelik çerçeveler arasına geçirgen, hafif, estetik arayışı çoğu zaman cam sistem çözümleri ile sonuçlanmıştır. Belirtilen özelliklerinin yanı sıra günün belirli vakitlerinde rahatsız edici derecede gelen güneş ışığını kırma olanakları, oldukça kolay temizlenebilir olmaları, uygulamalarının oldukça rahat oluşu sayesinde cam sistemler, kısa süre içerisinde yapıların vazgeçilmez

elemanları haline gelmiştir. Cam sistemlerin çelik ile kullanılması daha geniş açıklık geçebilme kabiliyetini beraberinde getirmiştir.

Şekil 2’de görülen Masdar Genel Merkezi’nde kullanılan cam sistemler camın yansıtıcılık özelliği temelinde tercih edilmiştir. Cephe elemanı olarak kullanılan cam yansıtıcı özelliği ile çevredeki yeşil dokuyu yapı cephesi boyunca yansıtarak yeşil sürekliliğin devamına katkı sağlamaktadır (URL 4). Bununla beraber yapısal çelik ile beraber kullanılan sistemde geniş açıklıklar sık taşıyıcı gerektirmeden geçilmiş, cephede ve iç mekânda kesintisiz bir görüntü elde edilmiştir.



Şekil 2. Masdar Genel Merkezi (URL 4).

4.1.3. Katkılı Beton

Katkılı beton, ağır bir yapı strüktürü olan betonun laboratuvar ortamında yapısının değiştirilmesi sonucu ortaya çıkmıştır. Betonun içerisine gerekli katkı maddeleri eklenerek daha hafif ve belirli boyutlarda bloklar halinde üretilirler. Katkılı beton; betonun içerisinde hava boşluklarının oluşturulması, hafif agrega malzemelerin eklenerek yoğunluğunun ve ağırlığının azaltılması sonucu daha yalıtımlı hale gelir. Eklenen bu hafif agregalar, aynı zamanda inşa sürecinde sisteme eklenecek donatıların miktarlarını da azaltmaktadır. Farklı şekillerde karşımıza sıklıkla çıkan katkı betonunun tasarımda tercih sebebi olmasının nedenleri arasında ısı depolama özelliğiyle yapıya yalıtım sağlaması, hafif, dayanıklı ve uzun ömürlü bir sistem olması, estetik oluşu, çok yönlü bir malzeme olması sayılabilir.

Macar Mimar Aran Losonczy tarafından beton içerisine cam liflerinin yerleştirilmesiyle geliştirilen yarı saydam beton, transparanlığı ve hafifliği ile beton tasarımına damga vurmuştur (Şekil 3). Katkılı betonun basınç dayanımı betonun basınç dayanımına yakın olduğu için

taşıyıcı olarak da kullanabilmektedir (Solak, Atan, 2023).



Şekil 3. Aran Losonczy tarafından oluşturulan katkı beton (URL 5).

4.1.4. Tekstil Sistemler

Tekstil sistemlerin başlıca özellikleri geçirgenliği, dayanımı ve esnekliğidir.

20.yy’da asma germe sistemlerle beraber kullanılmaya başlanan tekstil sistemler zaman içerisinde farklı gereksinimleri karşılayabilecek şekilde üretilmeye başlamışlar ve kendi kendilerini taşıyabilir özellik kazanmışlardır. Bununla beraber üzerlerinde farklı katlanma şekilleri denenerek mimari tasarımın gelişimine ve esnekliğine büyük ölçüde katkı sağlamışlardır.

Tekstil sistemler yapısal ve statiksel avantajlarının yanı sıra estetik açıdan ele alındığında da ön plana çıkmaktadır. Malzemenin fonksiyonelliğin ötesinde, görselliği ön planda tutularak yapılan uygulamalarında, tekstil malzeme yapı üzerini örtmek amacıyla çatı strüktüründe ya da cephe strüktüründe hareket, boyut ve görsellik kazandırılması yönüyle kullanılmaktadır (Şekil 4) (Solak, Atan, 2023).



Şekil 4. Tekstil sistemlerin cephe ve çatı örtüsünde kullanımı (URL 6).

Tekstil sistemler, tasarım ve uygulamada tasarımcıya pek çok seçenek sunmaktadır. Tekstil sektörünün gelişimi sonucu çeşitliliği

artan malzemeler, teknolojinin gelişimi ve etkisiyle mimari tasarımlarda da yer almaktadır.

Tekstil malzemeleri, geçmişte özellikle geçici yerleşimlerde sıkça tercih edilen ve mimarının ihtiyaçlarına cevap veren önemli bir yapı elemanı olmuştur. Tarihsel süreçte tekstilin sağladığı esneklik ve işlevsellik, bu malzemenin mimarideki yerini pekiştirmiştir. Günümüzde ise tekstil, çağdaş mimarinin biçimsel süreçlerinde ve inovatif tasarımlarında potansiyel bir kaynak olarak kullanılmaktadır. Geçmişte edinilen deneyimler, modern mimari uygulamalara aktarılmış ve tekstil, sürdürülebilirlik ile estetik değerler sunan bir malzeme olarak yeniden keşfedilmiştir. Bu bağlamda, tekstil malzemeleri mimaride hem fonksiyonel hem de görsel anlamda yeni olanaklar yaratmaktadır (Gezer, 2008).

Tekstil malzemeye farklı özellikler eklenmesi onların yapısal malzeme olarak kullanılmasına imkân sağlamıştır. Tekstil sistemler, kullanılan malzeme, yapım tekniği ve yapısal özellikleri bakımından şu şekilde sınıflandırılabilir:

- Membran sistemler ve
- Pnömatik sistemler

Membran sistemler, çekme dayanımı özelliğine sahip örtünün gerilerek örtüye yük taşıma kapasitesi kazandırılan taşıyıcıdır. Esnek bir sistem olan membran sistemler, malzemenin gerilmesiyle elde edilen çekme gerilimlerinin dengelenip mekânı örtmesi olarak tanımlanır. Çadırlar gibi kullanımı çok eski tarihlere dayanan bu tip sistemler eski çağlardaki çadırların yeni malzeme ve yapım teknikleri ile uygulanmış halidir (Bal, Sezer, 2022). En büyük avantajlarından biri hafif olması olan membran sistemler aynı zamanda geleneksel üst örtülere göre oldukça yüksek oranda malzeme tasarrufu sağlar. Ekonomik oluşu, daha az malzemeyle daha geniş mekânların örtülebilmesi, kolona ihtiyaç duymadan çok daha büyük açıklıkların geçilebilmesi, oldukça kısa üretim ve uygulama süresi başlıca tercih sebeplerindedir. Gerekli zamanlarda gerekli ölçüde büyüebilmesi ve verilen gerilme kuvvetinin değiştirilerek sayısız form elde edilebilmesi yönleriyle esnek strüktür sistemlerinin başında gelen sistemlerdendir. Membran sistem kullanılarak tasarlanan mekânlarda, esneklik kavramını görmek

kaçınılmazdır. Hem strüktürel hem de tasarımsal olarak mimari esnekliğe olanak sağlayan sistem, tasarımda ve uygulamada sınırları ortadan kaldırmıştır.

Pnömatik sistemler bir veya daha fazla katmanlı membran tabakasından meydana gelen ve iç mekân ile dış mekân arasındaki basınç farkı yaratılarak taşınan sistemlerdir (Solak, Atan, 2023). Malzeme teknolojisinin sürekli olarak değişip geliştiği günümüzde, pnömatik sistemler 20.yy'da kendilerini göstermeye başlamışlardır. Temel kullanım amacı; geniş açıklık geçmek istenen portatif mekânlar tasarlamak ve uygulayabilmektir. Pnömatik sistemlerin avantajlarından ve tercih edilme sebeplerinden bazıları şunlardır;

- Hafif olması
- Kısa inşa süreci
- İş gücünün az olması
- Maliyetinin düşük olması
- Uygulama ve montajının kolay olması
- Esnek bir yapıya sahip olması
- İnşası sırasında ilave malzemeye ihtiyaç duymaması
- Kolay taşınabilir olması

Pnömatik sistemler günümüzde genellikle geçici yapılarda kullanılmaktadır. Bu sistemlerde bir takım havalandırma, ısıtma, soğutma gibi problemler yaşanabilmektedir. Şişme sistemler olarak da bilinen pnömatik sistemlerde iç basıncın dış basınca kıyasla daha fazla olması gerekmektedir. Şişme sistemler olduklarından da yapı formları keskin hatlara sahip olmaz, kavislidirler. Genellikle enine kesilmiş bir yarım küreyi andırırlar. Bulundurduğu pek çok avantajın yanı sıra pnömatik sistemler; kurulumunun her türlü zemine ve araziye uygun olmaması, cephede hiçbir şekilde açıklık yapılamaması ve giriş çıkış alanlarında birtakım ileri özelliklere sahip kapıların kullanılma zorunluluğu gibi bazı dezavantajlara da sahiptir. Bununla beraber köşeli olamayışı, dairesel formu akustik açısından da olumsuz etki oluşturmaktadır.

4.1.5. Ahşap Sistemler

Ahşap sistemler genellikle ızgara sistemler olarak tasarlanır ve yine buna göre uygulanırlar. Hafif olmaları, geniş açıklıkları rahat geçebilmeleri, hızlı ve kolay uygulanabilmeleri gibi sebeplerden dolayı tercih edilmektedirler.

Bir diğer tercih edilme sebebi doğallığıdır. Aynı zamanda bu doğal malzeme fabrika ortamında belirli işlemlerden geçerek kolaylıkla sağlam bir yapı malzemesi haline gelebilmektedir. (Coşkun, Yardımlı, 2022) Sürdürülebilir mimari kapsamında ele alındığında ahşap malzeme ön sıralarda yer almaktadır. Dünya üzerinde her yerde bulunabilirliği ile yerel malzeme kullanımı sağlayarak Carbon salınımını azaltır ve maliyeti düşürür. İnşa edilen ızgaralardan ara boşluklar sayesinde havalandırma ve tesisat sistemi geçirilebilir. Aynı zamanda bu ara boşluklar ihtiyaç halinde mekâna ışık girmesini de sağlar. Eğimli, organik formlara adapte olabilen ahşabın kırılmadan bükülebilme özelliği tasarımcıların eğrisel formları uygulayabilmelerine de olanak tanımaktadır.

Ahşap strüktür sistemler, inşaat alanına kullanıma hazır şekilde gelirler, yerinde sadece montajı yapılan ahşap bu sayede işçilikten ve zamandan kazanç sağlar.

Şekil 5’te verilen örnekte yapının tamamı ahşap strüktür ile inşa edilmiştir. Kullanılan ahşap strüktürün birleşim yerleri metal elemanlarla bağlanarak güçlendirilmiştir.



Şekil 5. Endüstriyel Ahşap Çatı Örneği (Coşkun, Yardımlı, 2022).

4.2. Ağır Strüktür Türleri

Ağır strüktür türleri, günümüzdeki yapıların çoğunda görülmektedirler. Yığma sistemler ve betonarme sistemler olarak iki ana grupta incelenmektedirler. Ağır strüktür türlerinde esneklik kavramı kısıtlıdır. Bunun sebebi, yapıyı oluşturan elemanların ağır ve yapı elemanlarının hareketliliğine elverişli olmamalarıdır. Sabit olarak uygulanan ve herhangi bir sebeple tamamı ya da bir bölümü hareket ettirilemeyen sistemler tasarım ve kullanım esnekliği açısından kısıtlayıcıdır.

4.2.1. Yığma Sistemler

Yığma sistemler, herhangi bir iskelet sisteme sahip olmayan, taş, tuğla gibi yapısal elemanların gelişigüzel ya da belirli bir düzende üst üste konulduğu ve aralarının beton, çamur vb. gibi maddelerle doldurularak birbirlerine tutunmasının sağlandığı sistemler olarak tanımlanır. Bu sistemde duvarlar taşıyıcı niteliktedir. Sistemin çalışma prensibi birbirlerine harçlarla bağlanan elemanların yükü sırayla birbirlerine aktararak aşağıya iletmesidir. Yığma yapılar, oluşturuldukları taş, tuğla gibi maddelerin çekme dayanımlarının düşük olmaları sebebi ile deprem gibi doğal afetler sonucu deformasyona uğrarlar. Yığma yapılarda duvarlar hem bölücü hem de taşıyıcı özelliktedirler. Bu özellikteki duvarlar hem hacmi oluştururken hem de iç mekân bölümlenmelerini sağlar. Oldukça ağır olan bu yığma sistemlerde ihtiyaç halinde duvarlarda herhangi bir hareket gerçekleştirilemeyeceğinden yığma sistemler esnek mimari tasarım anlayışına uygun sistemler değildir. Yığma sistemler, yapım malzemelerine göre; tuğla yığma sistemler, taş yığma sistemler, ahşap yığma sistemler ve kerpiç yığma sistemler olarak ayrılırlar.

Ahşap yığma sistemlerde yapım öncelikle hafriyatın kazılması ve temelin atılması ile başlar. Temel atıldıktan sonra ilk sıra ahşap bloklar temele ankrılanmaktadır. Bu işlem sırasında ilk sıra ahşap kütüklere nemden etkilenmemesi için koruma uygulamaları uygulanır. Ahşap yığma sistemlerde yapım yatay şekilde ilerler. Yalnızca kapı ve pencere açıklıklarında ahşap bloklar dikey olarak yerleştirilir ve boşluklar açılır (Şekil 6). Ahşap yığma sistemler genellikle 2-3 kat yüksekliğinde inşa edilir.



Şekil 6. Ahşap yığma sistem örneği (URL 7).

Taş yığma yapılar, doğal taş, tuğla gibi blok halindeki elemanların üst üste yerleştirilerek aralarının harçla kapatıldığı ve blokların birbirlerine bağlanmasının sağlandığı yığma yapı sistemidir. Taş yığma yapı sistemleri, oluşturuldukları kuvvetli ve dayanıklı malzemeler sebebiyle tarihi dönemlerde inşa edilmiş olsalar da çoğunlukla günümüze kadar ulaşmışlardır.

İnsanlık tarihinin en önemli yapıtlarından biri olan Mısır piramitleri de (Şekil 7) bu sistem ile inşa edilmiştir. Taş yığma yapılar; toprak ile sıkıştırılarak, harçsız, kesilmiş bloklarla çeşitli yöntemlerle örülerek uygulanabilmektedirler.



Şekil 7. Mısır Piramitleri (URL 8).

Tuğla yığma yapıların tarihi çamurdan ya da kilden yapılarak güneşte kurutulmuş tuğlalara dayanır. Çamurdan yapılan bu tuğlaların yağmur karşısında dayanımı olmadığından günümüze ulaşmaları mümkün olmamıştır. Yağmura dayanımı olmadığı görülen ve yaşam alanlarında çabucak bozulmalara yol açan bu tuğlalar zaman içerisinde pişirilmeye başlamıştır. Bu sayede tuğlaların dayanımı arttırılmıştır. Tarihten günümüze gelişim sürecinde el işçiliği ile üretilen bu tuğlalar, zamanla kalıplara dökülmeye başlanmış ve daha muntazam şekillerde tuğlalar elde edilmiştir. Avrupa'da ise tuğla kullanımının tarihinin Romalılar dönemine dayandığı bilinmektedir. Günümüzde killi toprak, kaolin ya da içerik yönünden zengin topraklardan üretilen tuğlaların tipik olarak 3 farklı şekilde üretildiği görülmektedir. Dolu, delikli ve boşluklu tuğla olarak adlandırılan bu tipik üç tuğla, kalıplar yardımı ile üretilir, pişirilir ve yapıların hem iç hem dış duvarlarında, bölücü ve cephe kapatıcı özelliklerde kullanılır.

Kerpiç malzemenin yapı malzemesi olarak kullanılmasının tarihi ilk insanlara kadar

dayanmaktadır. Killi toprağın saman vb. bağlayıcı maddelerle harmanlanarak belirli şekiller verilip güneşte kurutulması ile ortaya çıkan kerpiç ile yapıların duvarları örülmektedir. Aynı zamanda toprağa katılan bu saman gibi malzemeler toprağın dayanımını arttırmaya yardımcı olmuştur. (Acun Özgünler, Gürdal, 2012) (Şekil 8) Kerpiç malzeme ile inşa edilen yığma yapılarda ek olarak bir yapıştırma harcına gerek duyulmaz, yapıştırma işlemi kerpicin kendisi tarafından içerisinde bulunan kil ile sağlanır.

Kerpiç malzemenin en önemli avantajları arasında yangına dayanıklı olması, yapıların ses izolasyonu sağlaması, ısıyı bünyesinde tutup saklama özelliğiyle ısı yalıtımı sağlaması gibi özellikler bulunmaktadır. Bunların yanı sıra bir diğer önemli avantaj ise kerpiç sistemi oluşturan yapı malzemelerinin hammaddelerinin ucuz ve kolay bulunabilir olmasıdır. Kerpiç yapı malzemesi ile yapılan yığma yapılar, su ile yoğun temasta bulunmadıkları sürece uzun ömürlüdürler ve sağlıklarını korurlar.



Şekil 8. Kerpiç yığma sistem örneği, Somali okul binası (Acun Özgünler, Gürdal, 2012).

4.2.2. Betonarme Sistemler

Betonarme, içerisinde çelik donatılar bulunan beton olarak tanımlanır. Çelik donatılar ile desteklenen beton ile oluşturulan bu sistem ile dayanıklı bir yapı malzemesi elde edilir (URL 9).

Günümüzde farklı kullanımdaki yapılarda en çok tercih edilen sistem türü betonarme sistemlerdir. Bunun sebebi betonarmenin sağladığı avantajlardır. Bu avantajlardan bazıları, betonarmenin basınç dayanımının diğer yapı sistemlerine oranla daha fazla olması, yangına dayanımının yüksek olması, daha rijit bir sistem olması, içeriğini oluşturan kum, çakıl gibi malzemelerin tedarikinin kolay

olması, uzun ömürlü olması, dışardan gelecek olumsuz etkilere ve doğal afetlere karşı daha dayanıklı olmasıdır.

5. ÖRNEKLER ÜZERİNDEN STRÜKTÜR VE MEKÂNSAL ESNEKLİK İLİŞKİSİ

5.1. Amos Rex Müzesi

Mimar : JKMM

Proje Konumu : Helsinki / Finlandiya

Yapım Yılı : 2018

Strüktür: Katkılı Beton

Amos Rex Müzesi, Finlandiya'daki Lapsipalatsi Meydanı'nda bulunan bir yer altı sanat müzesidir (URL 10). Bulunduğu konumda yapının zemin kotuna taşınmasına izin verilmediğinden farklı çözüm arayışlarına gidilmiştir. Bunun sonucunda yapının varlığını göstermek amacıyla zemin kottan başlayıp yükselen kubbeler oluşturulmuştur (Şekil 9).



Şekil 9. Amos Rex müzesi dış mekân görseli (URL 10).

Yer altındaki müzenin çatısını oluşturan ve yer altındaki müzede güneş ışığına ihtiyaç duyulan mekânların üzerine inşa edilen kubbeler aynı zamanda zemin kotta oldukça geniş bir kamusal alan tanımlamıştır. Oluşturulan kubbelerin üst kotları cam malzeme ile kapatılarak müze içerisine yeterli doğal ışığın alınması sağlanmıştır. Oluşturulan bu kubbeler yere tamamen dik olarak değil, açılı olarak konumlandırılmıştır. Böylelikle hem içeriye alınan doğal ışığın açısı kırılmış (Şekil 10), hem de zemin kotta oluşturulan kamusal alanda açılı kubbeler farklı formlarda rampalara dönüştürülmüştür. Tasarlanan bu kamusal mekân günün farklı saatlerinde farklı kullanıcılara ve farklı etkinliklere hitap etmesiyle bir esnek tasarım örneğidir. Kimi zaman bir festival alanı olarak kullanılan yer,

kimi zaman çocuklar için oyun alanı, kimi zaman halka açık toplantıların yapıldığı bir alan, kimi zaman öğle ve akşam yemeklerinin yenebileceği açık oturma alanına dönüşmektedir.



Şekil 10. Amos Rex müzesi iç mekân doğal ışıklandırma (URL 11).

Örnek yapı olarak seçilen ve katkılı beton strüktüre sahip Amos Rex Müzesi'nin mekânsal esneklik kapsamında ele alındığında servis alanlarının sabit olmasına rağmen tasarım, yapım ve kullanım esnekliği sağladığı söylenebilir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Amos Rex müzesi'nin mekânsal esnekliği.

Amos Rex Müzesi	Yapı Strüktürü	Esneklik Yaklaşımı						
		Statik Esneklik			Sürekli Esneklik			
	Katkılı Beton Sistem	Tasarım Esnekliği	Yapım Esnekliği	Kullanım Esnekliği	Servis Hacimlerinin Sabit Tutulması	Servis Hacimlerinin Kısmi Hareketi	Tüm Hacimlerin Hareketi	Büyüme Esnekliği
		✓	✓	✓	✓			

5.2. Kamppi Şapeli

Mimar : K2S Architects

Proje Konumu : Helsinki / Finlandiya

Yapım Yılı : 2012

Strüktür: Ahşap

Helsinki / Finlandiya'da bulunan Kamppi Şapeli, şehrin merkezinde organik formu ve tamamen ahşap cephesi ile dikkat çekmekte ve anıtsal bir nitelik taşımaktadır (Karayılanoğlu, 2020). Tamamen doğal malzemelerden inşa edilen yapı, ışığı tavandaki açıklıklardan alır. Doğal ışıkla belirli bir miktarda aydınlatılan yapı, bu loş aydınlatma ile içeride daha sıcak bir mekân oluşturur.

Şapelin inşasında üç farklı tür ahşap birlikte kullanılmıştır. Bu ahşaplar, kendi özelliklerine göre çeşitli işlemlerden geçirilmiştir. Malzeme esnekliği ile organik form oluşturulmuş, aynı zamanda malzeme doğallığı ile sürdürülebilir tasarım örneği oluşturulmuştur (Şekil 11).

Yalnızca iskelet sistem ve cephede değil, iç mekânda kullanılan mobilyalarda ve yer döşemelerinde de doğal ahşap kullanılmıştır. Bu yönüyle ziyaretçiye sıcak bir ortam oluşturur ve ziyaretçinin kendi içine dönmesi sağlar. Yapı, ziyaretçinin şehir gürültüsünden uzaklaşarak kendi başına kalmasına olanak sağlayan tek bir mekân içerir. İçerideki işlevlerin değişimine elverişli olan yapı, esnek bir tasarım örneği olup açık mekân önerisidir.



Şekil 11. Kamppi Şapeli (URL 12).

Örnek yapı olarak seçilen ve ahşap strüktüre sahip Kamppi Şapeli'nin mekânsal esneklik kapsamında ele alındığında servis hacimlerinin kısmi hareketiyle beraber tasarım, yapım ve kullanım esnekliği sağladığı söylenebilir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Kamppi Şapeli'nin mekânsal esnekliği.

Kamppi Şapeli	Yapı Strüktürü	Esneklik Yaklaşımı					Büyüme Esnekliği
		Statik Esneklik			Süreklilik Esneklik		
Ahşap Sistem	Ahşap Sistem	Tasarım Esnekliği	Yapım Esnekliği	Kullanım Esnekliği	Servis Hacimlerinin Sabit Tutulması	Servis Hacimlerinin Kısmi Hareketi	Tüm Hacimlerin Hareketi
				✓	✓	✓	

5.3. Masdar Genel Merkezi

Mimar : Adrian Smith & Gordon Gill Architecture

Proje Konumu : Abu Dabi , BAE

Yapım Yılı : 2008

Strüktür: Çelik ve cam

Çelik ve camın hem yapısal strüktür hem de cephede en yoğun görüldüğü örneklerden biri Masdar Genel Merkez'dir. Dünyanın ilk karma kullanımlı sürdürülebilir yapısı olarak tasarlanan proje, ticaret birimleri, konut alanları, açık bahçeler, ibadet salonu gibi kullanım birimlerine sahiptir (Solak, Atan, 2023). Başlıca özellikleri arasında üst çatı örtüsü üzerinde yer alan dünyanın en büyük güneş paneli ve doğal havalandırma sağlayan, iç mekânlara doğal gün ışığı geçirimi olan çatı

kanopisi için yapısal destek sağlayan konik yapılar yer almaktadır.

Yapıda kullanılan çelik ve cam malzeme, yapımda hem organik formlara hem de köşeli formlara son derece iyi adapte olmuş, aynı zamanda cephede bütünlük sağlamıştır (Şekil 12). Bununla beraber yapı modern ve fütüristik mimari örneği olarak gösterilir. Yapıda kullanılan cam cinsi özenle seçilmiş, yansıtıcılık özelliğinin fazla oluşu şehirdeki yeşil dokuyu yansıtarak devamlılık sağlamıştır (Şekil 13).



Şekil 12. Masdar Genel Merkezi Strüktür Sistemi (URL 4).



Şekil 13. Masdar Genel Merkezi (URL 4).

Örnek yapı olarak seçilen ve cam strüktüre sahip Masdar Genel Merkezi'nin mekânsal esneklik kapsamında ele alındığında servis alanlarının sabit olmasına rağmen tasarım, yapım ve kullanım esnekliği sağladığı söylenebilir (Çizelge 5).

Çizelge 5. Masdar Genel Merkezi'nin mekânsal esnekliği.

Masdar Genel Merkezi	Yapı Strüktürü	Esneklik Yaklaşımı					Büyüme Esnekliği
		Statik Esneklik			Süreklilik Esneklik		
Cam Sistem	Cam Sistem	Tasarım Esnekliği	Yapım Esnekliği	Kullanım Esnekliği	Servis Hacimlerinin Sabit Tutulması	Servis Hacimlerinin Kısmi Hareketi	Tüm Hacimlerin Hareketi
				✓	✓	✓	✓

5.4. Fun Palace

Mimar : Cedric Price

Proje Konumu : Birleşik Krallık

Yapım Yılı : 1964

Strüktür: Çelik kafes

Cedric Price ve Joan Littlewood tarafından sanat ve mimariyi birleştiren mimari bir deney olarak başlatılan projenin temelleri 1962 yılında atılmıştır. Tasarımın amacı doğaçlama bir mimari dil oluşturarak sürekli olarak değişim gösteren kültürel ve sosyal ortama her koşulda adapte olabilecek bir yapı ortaya çıkarmaktır. (URL 13).

Fun Palace sabit bir fonksiyonun gerçekleştirilmesine bağlı kalmayan, farklı işlevlere ve aktivitelere adapte olan, aynı zamanda bu farklı işlevlerin aynı anda yalnızca birine değil birden fazlasına hizmet verebilen bir tasarım olması yönüyle esnek tasarımın başlıca örneklerinden birisi olarak görülebilir. Farklı ihtiyaçlara yönelik kullanımlara ve sürekli değişimlere kesintisiz adapte olabilme kabiliyetine sahip olan mekân, bu özellikleriyle döneminde mimaride bir dönüm noktası haline gelmiştir (Gül, 2015).

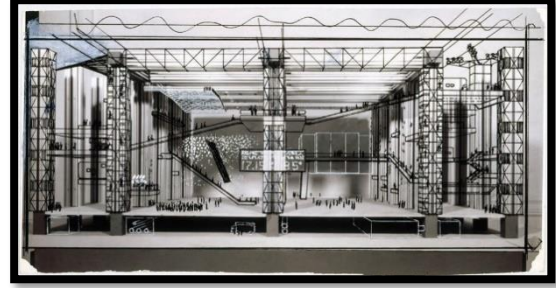
Joan Littlewood, aklındaki ideal projeyi şu sözlerle anlatmaktadır:

“Londra’da bir sokak üniversitesi tasarlayacağız. Burada, psikologların ve elektronik mühendislerinin sanayi ve savaş için tasarladığı oyunlar olacak. Bilgi müzik kutularından aktarılacak. Oyun alanı, herkesin tiyatro ihtiyacını karşılayacak. Fabrikalardan, dükkanlardan, ofislerden gelen günlük rutinlerinden sıkılmış kadın ve erkekler burada kendi deneyimlerinden skeçler canlandırarak. Mekânın özü ise zorunlu veya resmi olmaması. Burada kalıcı yapılar olmayacak. Hiçbir şey 10 yıldan fazla kalmayacak, bazılarının ömrü 10 gün bile olmayacak. Resmi olmama durumu beraberinde esnekliği getiriyor. Tamamı açık plana sahip yapıda listelenen mekânlar kapatılmayacak.” (URL 13)

Yapı, 14 adet birbirine paralel şekilde yerleştirilmiş servis kulesinden oluşmaktadır ve 237x109 metre ölçülerindedir. Gridal sistem ile inşa edilen yapıda iç içe geçebilen karelerden oluşan gridlerle strüktür sistem oluşturulmuştur.

Yapının içerisinde modülleri taşımakla görevli vinçler bulunmaktadır. Aynı zamanda yapının içerisindeki dikey sirkülasyon elemanları da sabit değil hareketli olarak tasarlanmış ve inşa edilmiştir. Böylelikle iç mekânda esnekliğe engel olacak hiçbir faktöre yer verilmemiştir.


Kullanıcılar, yapının içerisindeki bütün elemanları ihtiyaçları doğrultusunda hareket ettirerek yeni mekânlar üretebilmektedirler. Yapı strüktüründe çelik çerçeveler ve kulelerin kullanımıyla geniş açıklıkların geçilebilmesi sağlanmıştır. (Şekil 14).



Şekil 14. Fun Palace strüktür sistemi (URL 13).

Örnek yapı olarak seçilen ve çelik strüktüre sahip Fun Palace’ın mekânsal esneklik kapsamında ele alındığında servis alanlarının sabit olmasına rağmen tasarım, yapım ve kullanım esnekliği sağladığı söylenebilir. Bununla beraber yapıda büyüme esnekliği de görülmektedir (Çizelge 6).

Çizelge 6. Fun Palace’ın mekânsal esnekliği.

Fun Palace	Yapı Strüktürü	Esneklik Yaklaşımı						
		Statik Esneklik			Sürekli Esneklik			
	Çelik Sistem	Tasarım Esnekliği	Yapım Esnekliği	Kullanım Esnekliği	Servis Hacimlerinin Sabit Tutulması	Servis Hacimlerinin Kısmi Hareketi	Tüm Hacimlerin Hareketi	Büyüme Esnekliği
		✓	✓	✓	✓			✓

5.5. Schröder Evi

Mimar : Gerrit Rietveld

Proje Konumu : Utrecht , Hollanda

Yapım Yılı : 1925

Strüktür: Betonarme ve çelik

De Stijl akımının çarpıcı örneklerinden biri olan Schröder Evi, yapıldığı dönemin mekânsal sorunlarına ürettiği çözümleriyle dikkat çekmektedir. Tasarım problemlerine getirdiği yenilikçi çözümler günümüzde de etkileyciliğini korumaktadır. Yapının ana taşıyıcılarını betonarme ve çelik sistem oluşturmaktadır (Şekil 15). Ağır strüktür türleriyle inşa edilen yapı yine de esnek tasarım örneklerindedir. İç mekânda duvarlar tuğla üzeri sıva, zemin döşemeleri ve doğramaları ahşap malzemedir. İç mekân duvarları sabit değildir. Yapı, bu yönüyle iç mekânda mimari tasarımda esneklik kavramını esas almıştır (URL 14). Yapıda odalar birbirlerinden hareketli ayırıcılar ile ayrılır ve böylece mekân ihtiyaç halinde daha küçük

mekânlara ayrılabilirken gerektiğinde hareketli duvarlar sayesinde tek bir büyük mekân haline gelebilmektedir (Erman, Özinal, 2018). Yapıda hareket etmeyen tek duvar dikey sirkülasyonu çevreleyen duvarlardır. Yapının üst katındaki duvarlar gündüz kaldırılarak tek büyük bir mekân elde edilir ve oluşan bu mekân farklı işlevler ile kullanılabilir. Akşam olduğunda ise ayırıcılar tekrar yerleştirilerek yatak odaları bölümlenir.



Şekil 15. Schröder Evi taşıyıcı sistemi (URL 14).

Örnek yapı olarak seçilen ve betonarme strüktüre sahip Schröder Evi'nin mekânsal esneklik kapsamında ele alındığında servis hacimlerinin kısmi hareketinin mekânsal esnekliğe katkı sağladığı, bununla beraber tasarım ve yapım esnekliği sağladığı söylenebilir (Çizelge 7).

Çizelge 7. Schröder Evi'nin mekânsal esnekliği.

Schröder Evi	Yapı Strüktürü	Esneklik Yaklaşımı						
		Statik Esneklik			Sürekli Esneklik			
Betonarme Sistem	Tasarım Esnekliği	Tasarım Esnekliği	Yapım Esnekliği	Kullanım Esnekliği	Servis Hacimlerinin Sabit Tutulması	Servis Hacimlerinin Kısmi Hareketi	Tüm Hacimlerin Hareketi	Büyüme Esnekliği
		✓	✓			✓		

5.6. Son-O-House Ses Galerisi

Mimar: Nox/Lars Spuybroek

Proje Konumu: Eindhoven, Hollanda

Yapım Yılı: 2004

Strüktür: Çelik profil ve tekstil strüktür

Tekstil strüktür türünün önemli örneklerinden biri olan Son-O-House Ses Galerisi, kendi içerisinde taşıtılan bir sistem olarak tasarlanmıştır. Yapının tasarım aşamalarında strüktürün yanı sıra etkileşimli bir mekân oluşu da dikkat çeker. Akustiğin ve strüktürün birlikte çalışması istenen mekânda bu tasarım problemine tekstil sistemle çözüm bulunmuştur. Yapımında, iskelette çelik profiller, örtüde ise mesh adı verilen genişletilmiş metal malzemeler kullanılmıştır (Şekil 16).

Yapının tasarım aşamasında kurgu insan bedeni ve hareketleri üzerine olmuştur. İnsan hareketlerinin ve insan bedenindeki ayrımların kâğıda dökülmesiyle başlanmış, bu kurguda el, ayak parmakları gibi küçük ayrımlar için daha ince çizikler atılmıştır. Atılan bu çizikler kurgudan sisteme dökülürken kağıtlar çizgilerden bükülmüş ve üç boyutluluk kazandırılmıştır (URL 15). Kırıklarının yanı sıra eğrisel bir forma dönüşen yapı aynı zamanda bir parametrik tasarım örneğidir (Şekil 17).

Yapının tasarımında kullanıcıyla yapının sürekli bir etkileşim içerisinde olması beklenmiştir. Bu etkileşim içeri giren kullanıcının hareketlerini yapının içerisinde bulunan sensörlerin algılamasıyla gerçekleşir. Sensörler tarafından algılanan hareketler içeride bir beste oluşturur. Bu sayede kullanıcı, mekânın içerisindeki besteye katkı sağlamış ve çeşitlilik kazandırmış olur.



Şekil 16. Son-O-House Ses Galerisi Parametrik Tasarım Örneği Formu (Solak, Atan, 2023).



Şekil 17. Son-O-House Ses Galerisi Parametrik Tasarım Örneği Formu (URL 15).

Örnek yapı olarak seçilen ve tekstil strüktüre sahip Son-O-House Ses Galerisi'nin mekânsal esneklik kapsamında ele alındığında servis hacimlerinin kısmi hareketinin yanında tasarım, yapım ve kullanım esnekliği sağladığı söylenebilir. Bununla birlikte yapı, farklı zamanlarda farklı ihtiyaçlara karşı değişebilme kabiliyeti ile büyüme esnekliği de sağlamaktadır (Çizelge 8).

Çizelge 8. Son-O-House Ses Galerisi'nin mekânsal esnekliği.

Son -O- House	Yapı Strüktürü	Esneklik Yaklaşımı						
		Statik Esneklik			Sürekli Esneklik			
	Tekstil Sistem	Tasarım Esnekliği	Yapım Esnekliği	Kullanım Esnekliği	Servis Hacimlerinin Sabit Tutulması	Servis Hacimlerinin Kısmi Hareketi	Tüm Hacimlerin Hareketi	Büyüme Esnekliği
		✓	✓	✓	✓	✓	✓	

5.7. Demirevler Sitesi

Mimar: Turgut Cansever

Proje Konumu: Bodrum, Muğla

Yapım Yılı: 1987

Strüktür: Yığma strüktür

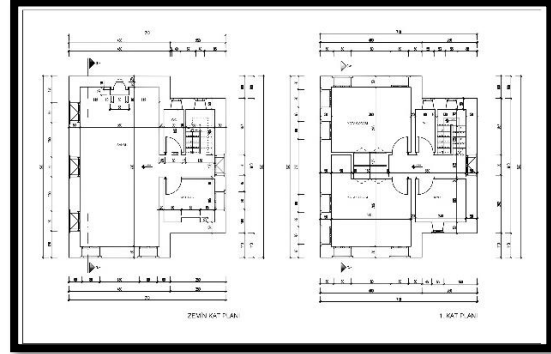
Mimar Turgut Cansever'in Ağa Han Mimarlık Ödülleri'ne layık görülen Demirevler Tatil Köyü projesi, Bodrum'un Torba mevkiinde bulunmaktadır. Turgut Cansever, projenin hem mimarlığını hem de müteahhitliğini yaparak kendisine ait arsa üzerine projeyi inşa etmiştir. Cansever, bölgenin yerel taşlarını kullanarak yığma yapılardan oluşan bir tatil köyü inşa etmiştir. Yerel taşlardan oluşan bu yığma yapılara beton ve ahşap da destek olmuştur (Demirgüç, 2006).

Cansever, her bir yapıyı denizi görece şekilde topografyaya yerleştirmiştir. Proje, Yunan, Bizans ve Osmanlı mimarisinden etkilenilerek oluşturulmuştur. Görünüş itibarıyla birbirlerine benzeyen yapılar farklı organizasyonlara, farklı kat sayılarına ve farklı formlara sahiptir.

Yapıda yığma strüktür türü kullanımı esneklikte olumsuzluğu beraberinde getirmiştir. Oldukça kalın inşa edilen duvarlar, yığma yapı yönetmeliği gereği belirli çekme mesafelerine uyularak yerleştirilen pencerelerin duvar ölçüleri sebebiyle oldukça küçük kalması, gelecek zamanda ihtiyaçların gelişmesi sonucu yapının yetersiz gelmesi durumunda yapıda herhangi bir değişiklik yapılamayacak olması gibi nedenlerle esneklik bağlamında kısıtlı kalmaktadır (Şekil 18). Yığma duvarlarda açılan küçük pencereler doğal ışığın yeterli alınması durumuna engel oluşturmaktadır.

Kalın yığma duvarlar hem yapıyı ağırlaştırmakta hem de iç mekânların kullanım alanını azaltmaktadır.

Demirevler tatil köyü, modern mimari unsuru olurken geleneksel mimariyi de bünyesinde barındırmaktadır. Farklı tiplerde oluşturulan evler farklı aile tiplerinin barınmasına olanak sağlamaktadır (Şekil 19).




Şekil 18. Demirevler sitesi kat planları (Yazarlar tarafından (Demirgüç, 2006) kaynağı esas alınarak çizilmiştir).



Şekil 19. Demirevler sitesi genel (URL 16).

Örnek yapı olarak seçilen ve yığma strüktüre sahip Demirevler Sitesi'nin mekânsal esneklik kapsamında ele alındığında servis alanlarının sabit olduğu, strüktürü sebebiyle tasarım, yapım ve kullanım esnekliği sağlayamadığı görülmektedir (Çizelge 9).

Çizelge 9. Demirevler sitesi'nin mekânsal esnekliği.

Demirevler Sitesi	Yapı Strüktürü	Esneklik Yaklaşımı						
		Statik Esneklik			Sürekli Esneklik			
	Yığma Sistem	Tasarım Esnekliği	Yapım Esnekliği	Kullanım Esnekliği	Servis Hacimlerinin Sabit Tutulması	Servis Hacimlerinin Kısmi Hareketi	Tüm Hacimlerin Hareketi	Büyüme Esnekliği
		✓	✓	✓	✓	✓	✓	

5.8. Ontario's Celebration Zone Pavilion

Mimar: Hariri Pontarini Architects
 Proje Konumu: Toronto, Kanada
 Yapım Yılı: 2015
 Strüktür: Tekstil Strüktür (Pnömatik Sistem)
 Ontario'nun Celebration Zone Pavilion'u, Hariri Pontarini Architects tarafından tasarlanmış bir yapıdır. Bu pavilyon, Ontario'nun kültürünü ve mirasını kutlayan bir mekân olarak işlev görürken aynı zamanda mimari açıdan da dikkat çekici özelliklere sahiptir.

Hariri Pontarini Architects'ın tasarımı, modern mimari anlayışla geleneksel unsurları birleştirmektedir. Yapı esnek strüktür sistemi sayesinde farklı etkinliklere ve kullanım senaryolarına uyum sağlamaktadır

Bu parametrik tasarım örneği yalnızca iki malzeme ile inşa edilmektedir; çift katlı membran ve sıkıştırılmış hava (URL 17). Strüktür sistemi, pavilyonun geniş iç mekânını desteklerken aynı zamanda açık alanlarla iç içe geçmeyi mümkün kılmaktadır (Jungjohann, Woodington, 2016). Bu sayede çeşitli etkinlikler için esnek bir mekân sağlanır; konserlerden sergilere, etkinliklere kadar birçok farklı aktiviteye ev sahipliği yapılabilir (Şekil 20). Mekânsal esneklik, kullanıcıların pavilyonu farklı amaçlarla kullanabilmesini sağlar. Bu, Ontario'nun kültürel ve sanatsal etkinliklerine ev sahipliği yaparken aynı zamanda halka açık bir toplanma noktası olarak da işlev görmesini sağlar. Böylece, yapı sadece mimari bir açıdan değil, aynı zamanda toplumsal bir mekân olarak da önem kazanır. Ayrıca, strüktür sistemi, yapıya modern bir görünüm kazandırırken mimari bütünlüğü de korur.

Hariri Pontarini Architects'ın Ontario'nun Celebration Zone Pavilion'u, mimari yenilikçilikle işlevselliği bir araya getirerek etkileyici bir yapı ortaya koymuştur. Strüktür sisteminin mekânsal esnekliği, pavilyonun farklı kullanım senaryolarına uyum sağlamasını ve Ontario'nun kültürel yaşamına katkıda bulunmasını sağlar.



Şekil 20. Ontario's Celebration Zone Pavilion (URL 18).

Örnek yapı olarak seçilen ve pnömatik strüktüre sahip Ontario's Celebration Zone Pavilion'un mekânsal esneklik kapsamında ele alındığında yapıda bulunan tüm hacimlerin hareketli olduğu görülmektedir. Yapının tasarım, yapım, kullanım ve büyüme esnekliği sağladığı söylenebilir (Çizelge 10).

Çizelge 10. Ontario's Celebration Zone Pavilion'un mekânsal esnekliği.

Ontario's Pavilion	Yapı Strüktürü	Esneklik Yalıtımı					
		Statik Esneklik			Stretili Esneklik		
Pnömatik Sistem	Tasarım Esnekliği	Yapım Esnekliği	Kullanım Esnekliği	Servis Hacimlerinin Sabit Tutulması	Servis Hacimlerinin Kısmi Hareketi	Tüm Hacimlerin Hareketi	Büyüme Esnekliği
				✓	✓	✓	✓

5.9. Kral Abdul Aziz Uluslararası Havalimanı Hac Terminali

Mimar: Skidmore, Owings & Merrill
 Proje Konumu: Cidde, Suudi Arabistan
 Yapım Yılı: 1981
 Strüktür: Asma germe

Kral Abdulaziz Uluslararası Havalimanı Hac Terminali, modern mimari ve mühendislikte önemli bir başarı örneğidir. Bu yapıda kullanılan asma germe sistemi mimari esnekliği artıran ve büyük açıklıkların üstesinden gelmeyi sağlayan yapısal çözümdür.

Kare planlı ızgara sistem üzerine inşa edilen örtüler, ziyaretçilere doğal havalandırma sağlayan ve bununla beraber gölgelik oluşturan bir mekân oluşturmayı amaçlamaktadır (Say, 1998).

Asma germe sistemi, terminalin çatısının desteklenmesinde kullanılan bir yöntemdir (Şekil 21). Bu sistemde, çatıyı taşıyan ana yapısal elemanlar, genellikle çelik veya beton gibi malzemelerden yapılmış büyük kirişler veya kablolar kullanılarak çatıya asılır. Bu sayede, terminal binasının iç mekânında sütunsuz geniş bir alan elde edilir.

Bu asma germe sistemi, Kral Abdulaziz Uluslararası Havalimanı Hac Terminali'nde mimari esnekliğin önemli bir bileşenidir. İşte bu noktada, asma germe sisteminin mimari esnekliğe sağladığı katkılar:

1. Geniş İç Mekânlar: Asma germe sistemi, terminal binasının iç mekânında geniş ve sütunsuz bir alan yaratır. Bu, yolcuların rahatça hareket etmelerini sağlar ve terminalin kullanımını optimize eder (URL 19).
2. Yaratıcı Tasarım İmkanları: Asma germe sistemi, mimarlara yaratıcı tasarım imkanları sunar. Geniş açıklıklar ve düzgün hatlar, terminalin modern ve etkileyici bir görünüme sahip olmasını sağlar.
3. Aydınlatma ve Havalandırma: Geniş iç mekânlar, doğal ışığın daha iyi kullanılmasına ve etkili bir havalandırma sistemine olanak tanır. Bu da terminalin daha sürdürülebilir ve kullanıcı dostu olmasını sağlar.
4. Esnek Kullanım Senaryoları: Geniş iç mekânlar, terminalin farklı amaçlarla kullanılmasına olanak tanır. Örneğin, büyük hacimli ibadet alanları veya etkinlikler için uygun mekânlar oluşturulabilir.

Kral Abdulaziz Uluslararası Havalimanı Hac Terminali, asma germe sistemi kullanarak mimari esneklik ve işlevsellik açısından başarılı bir örnek sunmaktadır. Bu sistem, geniş iç mekânlar ve yaratıcı tasarım imkanları sağlayarak terminalin kullanımını optimize eder ve ziyaretçilere konforlu bir deneyim sunar.



Şekil 21. Kral Abdul Aziz Uluslararası Havalimanı Hac Terminali.

Örnek yapı olarak seçilen ve membran strüktüre sahip Kral Abdulaziz Uluslararası Havalimanı Hac Terminali'nin mekânsal esneklik kapsamında ele alındığında servis alanlarının sabit olmasına rağmen tasarım, yapım ve kullanım esnekliği sağladığı söylenebilir.

Bununla beraber membran sistemler yapılar da büyüme esnekliği de sağlamaktadırlar (Çizelge 11).

Çizelge 11. Kral Abdul Aziz Uluslararası Havalimanı Hac Terminali'nin mekânsal esnekliği.

Hac Terminali	Yapı Strüktürü	Esneklik Yaklaşımı					
		Statik Esneklik			Sürekli Esneklik		
Membran Sistem	Tasarım Esnekliği	Yapım Esnekliği	Kullanım Esnekliği	Servis Hacimlerinin Sabit Tutulması	Servis Hacimlerinin Kısmi Hareketi	Tüm Hacimlerin Hareketi	Büyüme Esnekliği
		✓	✓	✓	✓		

6. SONUÇ

Taşıyıcı strüktür, binaların mekânsal esneklik potansiyelini doğrudan etkileyen temel bir unsurdur. Yapının çok yönlülüğü, zamanla değişen ihtiyaçlara adapte olabilmeye kapasitesi ve kullanıcı taleplerine yanıt verebilme yeteneği, seçilen taşıyıcı sistemin sunduğu esneklik olanaklarıyla doğrudan ilişkilidir. Bu bağlamda, farklı taşıyıcı sistemlerin mekânsal esneklik açısından avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır (Çizelge 12).

Hafif strüktürler, genellikle çelik, cam, tekstil ve pnömatik sistemler gibi malzemelerle oluşturulur ve mekânsal esnekliği en üst seviyeye çıkaran strüktür türleridir. Bu sistemler genellikle geniş açıklıkları destekleyerek mekânların bölünmesini ya da yeniden düzenlenmesini kolaylaştırır. "Fun Palace" ve "Masdar Genel Merkezi" gibi yapılar, hafif strüktürlerin sunduğu esneklik sayesinde farklı kullanım senaryolarına hızlı adapte olabilen mekânlar sunmuştur.

Geleneksel yığma ve betonarme sistemler, mekânsal esneklik açısından sınırlı olanaklar sunar. Bu sistemlerde duvarlar hem taşıyıcı hem de bölücü unsur olarak kullanıldığından, mekânda yapılacak değişiklikler oldukça maliyetli ve zordur. "Demirevler Sitesi" gibi yapılar da görüldüğü gibi, yığma sistemlerin sağladığı dayanıklılık ve estetik avantajlar, mekânsal değişim esnekliğini sınırlamaktadır.

Çelik sistemler hem taşıyıcı gücü hem de modüler yapıya elverişliliği ile öne çıkmaktadır. "Amos Rex Müzesi" gibi yapılar, çelik sistemlerin esnek tasarıma uygunluk sağladığını göstermektedir. Ahşap sistemler ise doğal ve sürdürülebilir olmalarıyla dikkat çekse de bağlantı detayları ve sistemin rijitliği nedeniyle betonarme kadar olmasa da belirli sınırlar taşır.

"Ontario's Celebration Zone Pavilion" ve "Hac Terminali" gibi projelerde görüldüğü gibi, pnömatik ve tekstil strüktürler hem geçici hem de dönüştürülebilir yapılar oluşturma konusunda önemli avantajlar sunar. Bu yapılar, ihtiyaçlara göre yeniden düzenlenebilen, çevreye duyarlı ve hafif olma özellikleriyle gelecekteki esnek tasarım anlayışı için önemli bir potansiyel taşımaktadır.

Çizelge 12. Taşıyıcı strüktür ve mekânsal esneklik ilişkisi.

Yapı Strüktürü	Esneklik Yaklaşımları						
	Statik Esneklik			Sürekli Esneklik			Büyüme Esnekliği
	Tasarım Esnekliği	Yapım Esnekliği	Kullanım Esnekliği	Servis Hacimlerinin Sabit Tutulması	Servis Hacimlerinin Kısmi Hareketi	Tüm Hacimlerin Hareketi	
Hafif Strüktür Türleri	Çelik Sistemler	•	•	•			•
	Cam Sistemler	•	•	•		•	
	Katkılı Beton Sistemler	•		•		•	
	Tekstil Sistemler	•	•	•			•
	Membran Sistemler	•	•	•		•	•
	Pnömatik Sistemler	•	•	•			•
	Ahşap Sistemler	•	•	•		•	
Ağır Strüktür Türleri	Betonarme Sistemler	•	•		•		•
	Yığma Sistemler				•		

Sonuç olarak, çelik, hafif ahşap, tekstil ve pnömatik gibi sistemlerin mekânsal esneklik bağlamında sağladıkları olanakların daha fazla olduğu görülmektedir. Geleneksel yığma ve betonarme sistemler, dayanıklılık sağlasa da mekânsal dönüşüme uygun olmadıkları için esnek tasarım gerektiren projelerde kısıtlı olanaklar sunmaktadır. Bu nedenle, geleceğe yönelik mimari tasarımlarda, taşıyıcı sistemin esneklik kapasitesinin dikkatle değerlendirilmesi gerekmektedir.

7. KAYNAKLAR

Yakın, Ö. (2022). Toplu konut Tasarımında Esneklik ve Değişebilirlik Kavramları, Online Journal of Art and Design, Vol 10, Issue 6, p.9 – 26.

Gökalp Atan, D., Solak, D. (2023). Hafif Strüktür Malzemelerin Çağdaş Mimaride Yapıya Katkıları, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt 14, Sayı 1, s.58 – 72.

Gezer, H. (2008). Üretim Alanında Tekstil ve Mimari Arasındaki Etkileşim, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, Cilt 7, Sayı 13, s.21 – 49.

Bal, Y., Şenkal Sezer, F., (2022). Pnömatik Taşıyıcı Sistemlerin Geçmişten Günümüze İncelenmesi ve

Sistematik Bir Şekilde Sınıflandırılması, Kareli Mimarlık Dergisi, Cilt 1, Sayı 1, s.21 – 42.

Coşkun, B., Yardımlı, S., (2022). Endüstriyel Ahşap Malzemenin Yapıda Kullanımı; Cambridge Merkez Camisi, KAPU Trakya Mimarlık ve Tasarım Dergisi, Cilt 2, Sayı 1, s.20 – 34.

Erman, O. , Özinal, D. (2018). Esnek Tasarımda Yeni Bir Yaklaşım Olarak +Mekân, International Mediterranean Science and Engineering Congress. (Adana, 24-26 Ekim 2018). S.340 – 346.

Jungjohann, H., Woodington, W., (2016). Ontario Celebration Zone Pavilion: A Large Pneumatic Structure, ScienceDirect, Vol 155, p.507 – 515.

Acun Özgünler, S., Gürdal, E., (2012) Düden Bugüne Toprak Yapı Malzemesi: Kerpiç, Restorasyon ve Konservasyon Çalışmaları Dergisi, Sayı 9, s.29 – 37.

İslamoğlu, Ö., Usta, G. (2018). Mimari Tasarımda Esneklik Yaklaşımlarına Kuramsal Bir Bakış, The Turkish Online Journal of Design, Art and Communication, Vol 8, Issue 4, p.673 – 683.

Karayılanoğlu, G., (2020). Sürdürülebilir Kentleşme Ekseninde Kamusal Mekânın Kentsel İç Mekâna Dönüşümü: Helsinki Örneği, İdealkent Kent Araştırmaları Dergisi, Sayı 31, Cilt 11, s.1909 – 1932.

İnan, N. (2014) Kinetik Yapı Tasarımında İşlevsel Esneklik ve Entegre Sistemlerin Kullanım Önerisi, (Doktora Tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Gül, S. (2015). Bir Eylem/Eğlence Laboratuvarı Olarak Fun Palace: Mekânsal Deneyim Açılımları ve Yansımaları, (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Say, F.N. (1998) Çağdaş Yapılarda Strüktür Biçim İlişkisi, (Yüksek Lisans Tezi). Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.

URL 1. Oxford English Dictionary, "Flexibility". <https://www.oed.com/search/dictionary/?scope=Entries&q=Flexibility> 15.03.2024.

URL 2. Oxford English Dictionary, "Structure", <https://www.oed.com/search/dictionary/?scope=Entries&q=structure> 19.03.2024.

URL 3. Archdaily, "Best in Steel Construction by AISC", <https://www.archdaily.com/622579/santiago-calatrava-s-florida-polytechnic-building-awarded-best-in-steel-construction-by-aisc> 18.03.2024

- URL 4. SmithGill, “Masdar Headquarters”, https://smithgill.com/work/masdar_headquarters/ 12.04.2024
- URL 5. Insapedia, “Saydam Beton Tasarımı”, <https://insapedia.com/saydam-beton/> 19.03.2024
- URL 6. Tensaform, “Tekstil Cephe Ürün Özellikleri”, <https://www.tensaform.com/tr-tr/tekstil-cephe-urun-ozellikleri/159> 11.04.2024
- URL 7. Ulusal Ahşap Birliği, “Ahşap Yapı Sistemleri”, <https://www.ahsap.org.tr/ahsap-yapi-sistemleri> 20.04.2024
- URL 8. World History Encyclopedia, “Great Pyramid of Giza”, <https://www.worldhistory.org/image/6190/great-pyramid-of-giza/> 23.04.2024
- URL 9. EkoYapı Dergisi, “Betonarme Nedir ve Nasıl Çalışır?”, <https://www.ekoyapidergisi.org/betonarme-nedir-ve-nasil-calisir> 12.03.2024
- URL 10. Arkitektuel, “Amos Rex/JKMM”, <https://www.arkitektuel.com/amos-rex/> 19.03.2024
- URL 11. Amos Rex, <https://amosrex.fi/en/> 19.03.2024
- URL 12. Kampi Chapel, <https://www.kampinkappeli.fi/en/index.html> 02.04.2024
- URL 13. Arkitektuel, “Fun Palace / Cedric Price”, <https://www.arkitektuel.com/fun-palace-cedric-price/> 23.02.2024
- URL 14. Archdaily, “AD Classics: Rietveld Schroder House / Gerrit Rietveld”, <https://www.archdaily.com/99698/ad-classics-rietveld-schroder-house-gerrit-rietveld> 25.04.2024
- URL 15. Studio Edwin van der Helde, “Son-O-House”, <https://www.evdh.net/sonohouse/> 02.04.2024
- URL 16. Arkiv, “Demir Tatil Köyü”, <https://www.arkiv.com.tr/proje/demir-tatil-koyu/2588> 17.04.2024
- URL 17. Hariri Pontarini Architects, “Ontario’s Celebratin Zone”, <https://hariripontarini.com/projects/ontario-celebration-zone/> 10.03.2024
- URL 18. Archdaily, “Ontario’s Celebraiton Zone Pavilion”, <https://www.archdaily.com/775880/ontario-celebration-zone-pavilion-tectoniks> 10.03.2024
- URL 19. SOM, “King Abdulaziz International Airport – Hajj Terminal”, <https://www.som.com/projects/king-abdulaziz-international-airport-hajj-terminal/> 28.04.2024
- URL 20. Arkitera, “Calatrava Tasarımı Bir Üniversite”, <https://www.arkitera.com/haber/calatrava-tasarimi-bir-universite/> 08.04.2024