

**YÜKSEK YAPILARIN TASARIMLARININ VE YAPIM TEKNİKLERİNİN
İNCELENMESİ¹****Öğr. Gör. Ahmet Cihat ARI**Yozgat Bozok Üniversitesi, Akdağmadeni Meslek Yüksekokulu, Mimari Restorasyon
Programı, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4690-8968>**Özet**

Yakın zamanda nüfusun artmasıyla birlikte, yapı stokunun yetersiz kalması nedeniyle, yapıların tasarımlarında ve yapım tekniklerinde değişimler yaşanmıştır. Bilimin ve teknolojinin gelişmesiyle, yapıların inşa edilmesinde ve tasarımında yeni yapım teknikleri ortaya çıkmıştır. Küresel nüfus artışında, barınma ihtiyacının karşılanmasında yüksek yapılar yapılmış ve bu yapıların inşa edilmesi teknolojinin gelişmesiyle mümkün olmuştur. Bununla birlikte yüksek yapılar, ülkeler ve kentler için teknoloji gelişmişliğinin sembolü olmuştur. 21. yüzyıldan itibaren kentlerde yapılan yüksek yapıların, farklı tasarımlar ve yeni yapı teknikleriyle inşa edilmesi mimari ve mühendislik alanının gelişmesini sağlamıştır. Yüksek yapıların tasarımının, kentin kültürüne, dokusuna uygun yapılması önemli olmaktadır. Ayrıca yüksek yapıların deprem, yangın ve sel gibi doğal afetlere dayanıklı yapılar olarak inşa edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, yüksek yapıların tasarımları ile yapım teknikleri mimari ve mühendislik alanında araştırma konusu haline gelmiştir.

Bu çalışmanın amacı, yüksek yapıların tasarımlarının ve yapım tekniklerinin incelenmesidir. Çalışmanın ilk kısmında, yüksek yapının kavramı ve tarihsel gelişimi ele alınmıştır. Çalışmanın ikinci kısmında, yüksek yapıların tasarımları ve yapım teknikleri araştırılmıştır. Ayrıca çalışmada, yüksek yapılara Dünya'dan ve Türkiye'den örnekler verilerek incelenmesi yapılmıştır. Çalışma kapsamında, yurt içi ve yurt dışı makaleler, kitaplar, yayınlanan tezler, web kaynakları gibi literatür araştırmaları yapılarak veriler toplanmıştır. Çalışma kapsamında yapılan incelemeler sonucunda, günümüzde teknolojinin gelişmesiyle yüksek yapıların tasarımında ve yapım tekniklerinde, yapı malzemelerinin özelliklerine uygun seçilmesi önem kazanmaktadır. Bu nedenle mimarın, yüksek yapıların tasarımında malzemelerin özelliklerini iyi bilmesi ve yapıların inşa edilmesinde malzemenin özelliğine uygun olarak kullanması gerekmektedir. Ayrıca yüksek yapılarda aerodinamik tasarımlar yapılarak yapı yüksekliğinin artması rüzgârın hızının etkisini azaltmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yüksek Yapı, Mimari Tasarım, Taşıyıcı Sistem, Yüksek Yapının Gelişimi

**INVESTIGATION OF THE DESIGNS AND CONSTRUCTION TECHNIQUES OF
HIGH-RISE BUILDINGS****ABSTRACT**

With the increase of the population recently, changes have occurred in the design and construction techniques of the buildings due to the insufficient building stock. With the

¹ Bu makale, Pearson Journal Uluslararası Sosyal ve Beşeri Bilimler Kongresi adlı, 22-23 Ocak 2021 tarihli kongrede sözel bildiri olarak sunulmuştur.

development of science and technology, new construction techniques have emerged in the construction and design of structures. In the global population increase, high-rise buildings were built to meet the need for shelter and these structures were built with the development of technology. However, high-rise buildings have become the symbol of technological development for countries and cities. Since the 21st century, the construction of high-rise buildings in cities with different designs and new construction techniques has provided the development of architecture and engineering. It is important to design high-rise buildings in accordance with the culture and texture of the city. In addition, high-rise buildings should be built as structures resistant to natural disasters such as earthquakes, fires and floods. For this reason, the design and construction techniques of high-rise buildings have become a research subject in the field of architecture and engineering.

The aim of this study is to examine the designs and construction techniques of high-rise buildings. In the first part of the study, the concept of high rise building and its historical development are discussed. In the second part of the study, the designs and construction techniques of high-rise buildings are investigated. In addition, the study was conducted to examine the high structure by giving examples from the world and Turkey. Within the scope of the study, literature researches such as domestic and international articles, books, published theses, web resources were conducted and data were collected. As a result of the examinations made within the scope of the study, it is important to select the building materials in accordance with the characteristics of the building materials in the design and construction techniques of high-rise buildings with the development of technology. Therefore, the architect should know the properties of the materials in the design of high-rise buildings and use them in accordance with the properties of the material in the construction of the buildings. In addition, increasing the height of the building by making aerodynamic designs in high buildings reduces the effect of the wind speed.

Keywords: High-Rise Building, Architectural Design, Structural System, Development of High-Rise Building

1. GİRİŞ

Bilim ve teknolojideki gelişmelerin etkisiyle, yapıların tasarımlarının ve yapım tekniklerinin değişmesine neden olmuştur. Günümüzde nüfus artışıyla birlikte, barınma ihtiyacı ortaya çıkmış ve mevcut yapı stoku ise artan nüfus nedeniyle, barınma ihtiyacının karşılanmasında yetersiz kalmıştır. Yüksek yapılar da bu barınma gereksinimi sonucu ortaya çıkmıştır. Ayrıca şehir merkezlerinde nüfusun artmasına bağlı olarak, inşa edilecek alanların azalması da yüksek yapıların ortaya çıkmasında etkili olmuştur. Yüksek yapılar barınma ihtiyacının yanı sıra, şehirlerin ve ülkelerin teknolojideki gelişmişliğinin simgesi haline gelmiştir. Bu nedenle yakın zamanlarda, ülkelerde ve şehirlerde yüksek yapıların yapımı yaygınlaşmıştır. Kentlerde yapılan yüksek yapılar; şehrin silüetine, dokusuna, bulunduğu yerin iklimine, topoğrafyasına göre tasarlanması önem kazanmıştır. Ayrıca yüksek yapıların inşa edilmesinde yapının kat yüksekliği arttıkça, binanın depreme ve rüzgâra karşı dayanıklı olarak yapılmasını gerektirmiştir. Bu nedenle yüksek yapıların inşa edilmesi, ayrı bir uzmanlık alanının gelişmesini gerektirmiştir. Bu durum, mimarlıkta ve mühendislikte yüksek yapıların hem tasarım çeşitliliğini hem de yapım tekniğini geliştirmiştir.

Yüksek yapıların tasarımı ve uygulaması diğer yapılara göre önemli özellikleri bulundurmaktadır. Yüksek yapılarda; yapının konumu, taşıyıcı sistemi, malzeme seçimi, projenin amaca uygun nitelikte olması, kullanıcı memnuniyeti gibi kriterler tasarımda ön plana çıkmaktadır. Bununla birlikte yüksek yapıların tasarımında; bulunduğu yerin kültürü, toplumsal özellikleri, sosyal ve ekonomik özelliklerin de göz önünü alınması gerekmektedir. Bu nedenle yüksek yapıların yapılmasında, diğer yapılara göre disiplinlerarası çalışma ve yüksek yapının tasarımında estetik özelliklerin olması, taşıyıcı sistemin yapının yükünü karşılayabilecek şekilde olması gerekmektedir.

Yüksek yapıların taşıyıcı sisteminin tasarlanmasında ve bu taşıyıcı sistemin, yapının yükünü karşılaması için hesaplarının yapılması, teknolojinin gelişmesiyle mümkün olmuştur. Günümüzde bilgisayar teknolojisinde yaşanan gelişmeler ile birlikte, yüksek yapılar tasarım aşamasındayken, çözümlerin üretilmesi sağlanmıştır. Bilgisayar programları sayesinde, yapı yüksekliği arttıkça, meydana gelen rüzgâr ve deprem yükünün hesaplarının yapılmasına ve yapıdaki diğer problemlerin önceden belirlenmesine imkân tanımıştır. Bu nedenle mimar ve mühendisin, yüksek yapıların taşıyıcı sisteminin tasarımında birlikte çalışması gerekmektedir. Yüksek yapılarda, farklı meslek alanlarıyla birlikte çalışılması, hem işlevsel hem de estetik çözümlerin sunulması nedeniyle önemli olmaktadır. Teknolojinin gelişmesi, yüksek yapıların taşıyıcı sisteminin tasarım ve yapımına getirdiği yenilikler, aynı zamanda yapı malzemelerinde değişimlerin yaşanmasına neden olmuştur. Özellikle sanayi devrimiyle birlikte yeni yapı malzemelerinin ortaya çıkması, yüksek yapıların tasarımının ve inşa edilmesinin gelişmesine katkısı olmuştur. Ayrıca yeni yapı malzemelerinin ortaya çıkmasıyla, hem yapı yüksekliği giderek artmış hem de dayanıklı ve güvenilir yapıların inşa edilmesi sağlanmıştır. Geleneksel dönemde inşa edilen yığma yapılar, endüstrinin gelişmesiyle yerini yüksek yapılara bırakmış, bu dönemdeki yüksek yapılar beton ve çelik birlikte kullanılarak inşa edilmiştir. Çelik, taşıyıcı olarak dayanıklı bir malzeme olması nedeniyle, yapılarda geniş açıklıklı mekânların üretilmesine imkân sağlamıştır. Çelik malzemenin esnekliği ve hafifliği sağlaması nedeniyle tasarımlarda tercih edilmiştir. Ayrıca betonun çelik ile birlikte kullanılmasıyla, yüksek yapıların yangına karşı dayanıklılığının artması sağlanmış ve yapıların düşeyde daha yüksek yapılabilmesine olanak tanımıştır. Betonun ve çeliğin yapı alanında kullanımının yaygınlaşması, hem mimaride farklı formların yapılabilmesini sağlamış, hem de yapıların inşa edilme süresini kısaltmıştır. Yüksek yapılarda beton ve çeliğin birlikte kullanılmasıyla, deprem ve rüzgâr yüklerine karşı dayanıklı yapıların inşa edilmesi sağlanmıştır.

Yüksek yapılarda istenilen yüksekliğin erişiminin sağlanması önemli bir sorunu oluşturmuştur. Bu sorun asansörün keşfiyle çözülmüş ve yapıların düşeyde daha da yükselmesi mümkün olmuştur. Ayrıca asansörün keşfi, yüksek yapıların katlarının birbiri arasında bağlantıyı sağlaması nedeniyle yüksek yapıların gelişmesine önemli etkisi olmuştur. Yüksek yapılarda gelişen teknolojiyle birlikte asansörün kullanılmasıyla, istenilen yapı yüksekliğinin erişimi sağlanmıştır.

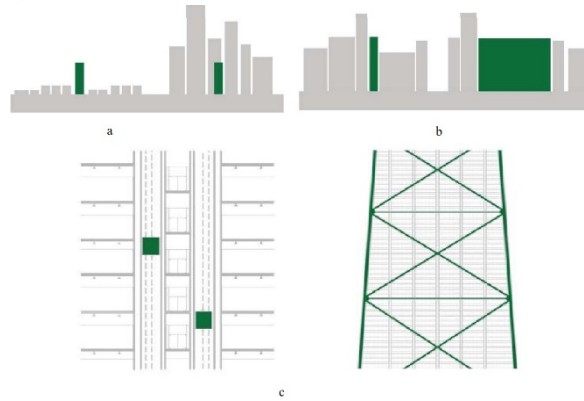
Bu çalışmada, yüksek yapıların tasarımları ve yapım teknikleri incelenmiştir. Çalışmanın birinci kısmında, yüksek yapının kavramı ve tarihsel gelişimi ele alınmıştır. Çalışmanın ikinci kısmında, yüksek yapıların tasarımları ve yapım teknikleri araştırılmıştır. Ayrıca çalışmada, yüksek yapılara Dünya'dan ve Türkiye'den örnekler verilmiştir. Dünya'dan ve Türkiye'den yüksek yapıların incelenmesinde mimari tasarımları ve yapım teknikleri yönünden gelişmiş örnekler seçilmiştir. Çalışma kapsamında literatür araştırması yapılmıştır. Çalışmada yüksek

yapıların tasarımlarının ve yapım tekniklerinin incelemesinde; yurt içi ve yurt dışı makaleler, kitaplar, yayınlanan tezler, web kaynaklarından yararlanılmıştır. Yapılan literatür araştırmaları sonucunda yüksek yapıların tasarımları ve yapım teknikleri ile ilgili sınıflandırma yapılarak açıklanmıştır.

2. YÜKSEK YAPININ KAVRAMI VE TARİHSEL GELİŞİMİ

Yüksek yapının tanımı ile ilgili birçok farklı açıklamalar bulunmaktadır. Yüksek yapının farklı tanımlarının olmasının nedeni, ülkelerin yönetmeliklerinin birbirinden farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Örneğin Amerika’da 6 kat ve fazlası için yüksek yapı ve 150 m’den yüksek binalar ise gökdelen olarak ifade edilmektedir. Yüksek yapının Almanya’da tanımı ise zeminden 22 m ve daha fazla yükseklikteki yapılar için açıklanmaktadır (Demir, 2011). Yüksek yapının ait olduğu dönem içerisinde kendinden daha yüksek binaların yapılması, yüksek yapının tanımının farklı yapılmasını etkilemektedir (Çakır, 2011).

Amerika’da 1996 yılında kurulmuş olan Yüksek Binalar ve Kentsel Yerleşimler Konseyi’ne göre (Council on Tall Buildings and Urban Habitat - CTBUH, 2009), yüksek yapı kavramının kesin bir tanımlaması olmayıp, yüksekliğin çevre dokusuna, orana, yüksek bina teknolojilerine göre değişmektedir. Çevre dokusuna göre yükseklik, yapının bulunduğu yere göre yüksek yapı kabul edilmektedir (Şekil 1a). Örneğin New York’ta 14 katlı bir yapı kent dokusu içinde yüksek yapı kabul edilmezken, aynı yapı Avrupa kentlerindeki tarihi doku içinde yüksek yapı olarak kabul edilmektedir. Yükseklik aynı zamanda oran ile ilişkili bir kavramdır. Taban alanın büyüklüğünün artmasına bağlı olarak yüksek yapı sınıfına giren yapılar vardır (Şekil 1b). Yüksek yapının tanımında, düşey ulaşım teknolojileri, hızlı yapım teknikleri, yatay rijitleştirme sistemleri ve strüktürel çaprazlamalar gibi teknolojilerin kullanılması yer almaktadır (Şekil 1c) (Üdürgücü, 2010).



Şekil 1. a) Yüksek yapının tanımında çevre dokusunun etkisi, b) Yüksek yapının tanımında oranın etkisi, c) Yüksek yapının tanımında ileri teknolojinin etkisi.

Kaynak 1. Üdürgücü, 2010.

Yüksek yapıların ortaya çıkışında dini inanışlar etkili olmuştur. Yüksek yapıların tarihsel gelişimi incelendiğinde Mısır medeniyetinin yapmış oldukları Giza piramitleri en eski yüksek yapılara örnek olarak gösterilmektedir. Keops, Kefren ve Mikerinos piramitleri yaklaşık olarak M.Ö.2560 yıllarında yapılmıştır. Bu piramitler uzak mesafelerden görünecek biçimde aynı zamanda kutsallık ve prestijin sembolü olmuş anıt mezarlardır (Şekil 2) (Çakır, 2011).



Şekil 2. Giza piramitleri

Kaynak 2. Çakır, 2011.

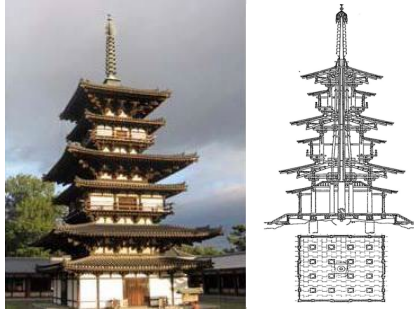
Babil kulesi M.Ö. 600'lü yıllarda yapılmış ve dönem itibariyle yüksek yapılar içinde yer almaktadır. Ayrıca Babil kulesi pişmiş kerpiç malzemeden 90 metre yüksekliğinde yapılmış ve bu kule mabet olarak kullanılmıştır (Şekil 3) (Kurumahmut, 2012).



Şekil 3. Babil kulesi

Kaynak 3. Kurumahmut, 2012.

Uzakdoğu ülkelerinden Çin, Japonya, Kore ve Himalayalar'da Pagodalar adı verilen ibadet yapısını ahşap ve tuğla malzeme kullanılarak yüksek yapılar inşa etmişlerdir. Nara'da M.S. 680 yıllarında 34 metre yüksekliğinde Yakushi Pagodası yapılmıştır. Bu yapının planında on iki ahşap kolon dış kareyi, dört kolon iç kareyi oluşturmaktadır. Yapılan araştırmalarda çerçeve şeklinde strüktürel sistem nedeniyle, 1000 yıl boyunca depremlere ve tayfunlara karşı dayanmaktadır (Şekil 4) (Çakır, 2011).



Şekil 4. Yakushi Pagodası

Kaynak 4. Çakır, 2011.

Teknolojinin gelişmesiyle ile yüksek yapıların yapım tekniğinde değişimler yaşanmıştır. Yüksek yapılarda 19. yüzyılın ikinci yarısından itibaren, büro tipi yapılarda kargir duvarlı yapı sistemi kullanılmıştır. Kargir yapı sistemi duvarların taşıyıcı olduğu bir sistemdir. Kargir duvarlı yapı sistemi 1891 yılında Chicago'da yapılan 16 katlı Monadnock Binası örnek olarak verilmektedir. Bu bina dışta kargir duvarlar içte demir çerçeveden inşa edilmiştir. Ayrıca Monadnock Binası zemin kat duvarları 180 cm kalınlığında yapılmıştır (Şekil 5) (Kurumahmut, 2012).



Şekil 5. Monadnock Binası

Kaynak 5. Kurumahmut, 2012.

19. yüzyıldan itibaren çelik malzemenin mimari alana girmesiyle, yüksek yapıların gelişmesine katkısı olmuştur. Yüksek yapılarda, çelik çerçeveli sistemler geniş açıklıkların geçilmesinde kullanılmıştır. Çelik çerçeveli sistemlerle yapılan ilk yüksek yapı 1851 yılında Crystal Palace örnek olarak verilmektedir. Bu yapı ilk çelik prefabrikasyon uygulama özelliğini taşımaktadır. Çelik malzemenin gelişmesiyle, yüksek yapılarda ağır yığma duvarların yerine çelik çerçeve ve cam yüzeyler yapılmıştır. Alexandre Gustave Eiffel'in tarafından tasarlanan 1891 yılında yapılan Eiffel Kulesi de çelik malzemeyle inşa edilen yüksek yapılara örnek verilmektedir (Şekil 6). Yüksek yapılarda yeni geliştirilen yapı malzemeleriyle, bina yüksekliği artmış ve dayanıklı yapılar inşa edilmiştir. 1950'lerden sonra yapılarda çerçeve sistemiyle birlikte perde ve betonarme çekirdek sistemler yapılarda kullanılmaya başlanmıştır. Bu dönemdeki yapılarda çerçeve açıklıkları, cephedeki oranlar ve detaylar açısından gelişme gözlemlenmiştir. Bununla birlikte yapılarda yangına karşı dayanıklı malzeme olan betonla sarılmış çelik cephe panelleri kullanılmıştır. Cephede bu panellerin kullanılması pencere taşıyıcılığı, betonla birlikte yalıtım ve yapısal rijitliği sağlamıştır (Kurumahmut, 2012).



Şekil 6. a) Crystal Palace, b) Eiffel Kulesi

Kaynak 6. Kurumahmut, 2012.

Yüksek yapılarda 1990'lardan günümüze kadar olan süreçte, gelişen teknolojiyle birlikte yapıların hem estetik hem de işlevsel ihtiyaçları karşılanmıştır. Günümüzde inşa edilen yüksek yapılar gelişen teknolojiyle birlikte, karmaşık tasarımların yapılması mümkün olmuştur. Bilgisayar teknolojisinde yaşanan gelişmeler, yüksek yapıların strüktürel sistemin hesaplanmasının yanı sıra yapıların rüzgâr yükü hesaplarının yapılması ve biyo-iklimsel tasarımların oluşturulmasında katkısı olmuştur (Şekil 7) (Çakır, 2011).



Şekil 7. Günümüzde inşa edilen yüksek yapı örnekleri

Kaynak 7. Çakır, 2011.

3. YÜKSEK YAPILARIN TASARIMLARI VE YAPIM TEKNİKLERİ

Yüksek yapıların tasarımlarında etkili olan faktörler; kullanıcı gereksinimleri, çekirdeklerin planlanması, servis sistemleri ve taşıyıcı sistemleri bulunmaktadır. Yüksek yapıların tasarımında kullanıcı gereksinimleri başta doğal hava ve güneşliğinden yararlanılmasına imkân verecek düzeyde olması gerekmektedir. Bununla birlikte yüksek yapılarda kullanıcı gereksinimleri dikkate alınarak tasarlanması, binalarda yaşayanların performansı üzerinde etkili olmaktadır. Ancak yüksek yapılarda kullanıcı gereksinimi önemsenmeden yapılan tasarımlarda ise binalarda çalışan kişilerin dış dünyayla ilişkisi kesildiği için gece-gündüz süresini algılayamamaktadır. Bu durumda çalışan kişilerin performans düşüklüğüne ve psikolojik problemlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. (Üdürgücü, 2010). Seagram binasının tasarımında kullanıcı gereksinimi karşılanması dikkate alınarak yapılmıştır. Bu yapının iç avlusunda açık ofis tasarımıyla geniş açıklıklı mekânlar oluşturulmuştur (Şekil 8) (Sarıman, 2010).



Şekil 8. Seagram binasında kullanıcı gereksinimi karşılamak için iç avluda açık ofis

Kaynak 8. Sarıman, 2010.

Yüksek yapıların tasarımında, çekirdek planlanması etkileyen bir unsurdur. Çekirdekler, yüksek yapılarda düşey sirkülasyonu sağlayan elemanlardır. Yüksek yapılarda asansör,

merdiven gibi düşey sirkülasyon elemanları ile mekanik ve elektrik tesisatının düşey dağılımı için gerekli boşlukları bulunmaktadır. Ayrıca servis hacimleri ve genel kullanım amaçlı koridorlar da çekirdekte yer almaktadır. Yüksek yapıların tasarımında çekirdeklerin düşey ulaşım ve yangın gibi acil durumlarda kaçışı sağlayabilecek nitelikte olması gerekmektedir (Üdürgücü, 2010). Asansörlerin planlanmasında ortak bir merkezde konumlandırması ve merdivene yakın bir şekilde planlanması gerekmektedir. Yapı ucuna yerleştirilen asansörler, yapının diğer ucundaki kullanıcıların asansörü kullanmasını zorlaştırmaktadır (Şekil 9) (Güney, 2012). Bu nedenle yapıların tasarımında, asansör çekirdeğine yakın bir yerde olması kullanıcılar için önemli olmaktadır (Strakosch, 1983).



Şekil 9. Yapının asansörleri merkezi konumda yerleştirilmemiş örneği çizim

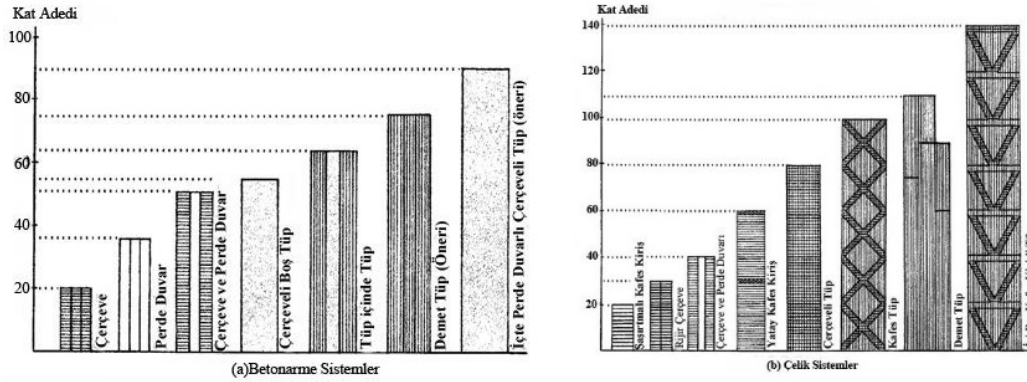
Kaynak 9. Strakosch, 1983

Yüksek yapılarda kullanıcıların ihtiyaçlarının karşılanmasında ve iç konforun sağlanması açısından servis sistemleri önemli olmaktadır. Yapıdaki sistemleri harekete geçiren enerjinin sağlanması, su gereksiniminin karşılanması, ısı transferi, atıkların uzaklaştırılması, aydınlatma gibi hizmetler mekanik ve elektrik sistemleri tarafından kontrol edilmektedir (Orton, 1988). Yüksek yapının mekânlarının sıcaklık ve havanın nem dengesinin ayarlanmasında, düşey sirkülasyonun sağlanması açısından asansörlerin yerinin belirlenmesinde, temiz suyun sağlanmasında, pis suyun uzaklaştırılmasında, yangına karşı gerekli tedbirlerin alınmasında, kullanıcıların güvenlik ve korunmalarının sağlanmasında mimarın tasarım aşamasında göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Yüksek yapının tasarımında mimarın dışında yer alan meslekler elektrik, çevre, makine ve inşaat mühendisi gibi diğer disiplinler birlikte çalışarak sağlamaktadır (Üdürgücü, 2010).

Yüksek yapıların taşıyıcı sistemleri üç grupta altında incelenebilir (Üdürgücü, 2010):

- Çerçeve ve Perde Duvarlı Sistemler
- Perde Duvarlı Sistemler
- Tüp Sistemler

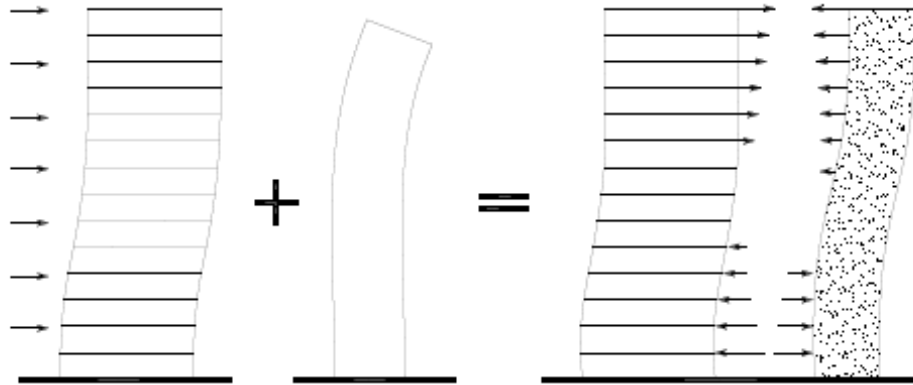
Yüksek yapıların taşıyıcı sistemlerinin tasarımında kat adedi etkili olmaktadır. Schueller (1977) yapmış olduğu çalışmada, taşıyıcı sistem malzemelerini betonarme ve çelik olarak iki grupta toplamıştır (Şekil 10). Ancak bu sınıflandırmalarda yüksek yapılarda belirli yükseklikler için uygulanan taşıyıcı sistemler kesin kural içermemektedir (Çırpı, 2013).



Şekil 10. Yüksek yapılarda taşıyıcı sistemlerin kat adetlerine göre uygulanması

Kaynak 10. Schueller, 1977: aktaran; Çırpı, 2013: 30.

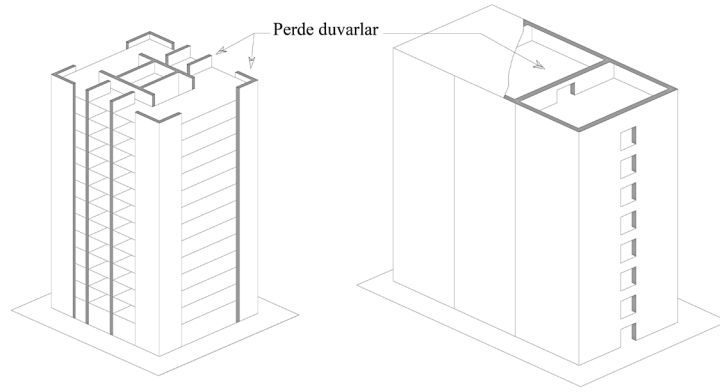
Yüksek yapılarda çerçeve sistemleri, yapının yüksekliğinin artmasına bağlı olarak, alt katlarda kolon kesitlerinin büyümesine neden olmaktadır. Bu nedenle çerçeveler artan yapı yükünü karşılamada yetersiz kalmasından dolayı çerçeve ve perde duvarlı sistemler birlikte kullanılmaktadır. Çerçeve ve perde duvarların yatay yük altında davranışı Şekil 11’de gösterilmektedir. Yüksek yapılarda taşıyıcı sisteminin perde ve çerçeve sistemiyle yapılmasıyla yanıl rijitlik artmaktadır (Yavaşbatmaz, 2012).



Şekil 11. Çerçeve ve perde duvarlı sistemlerin yatay yük altında davranışı

Kaynak 11. Yavaşbatmaz, 2012.

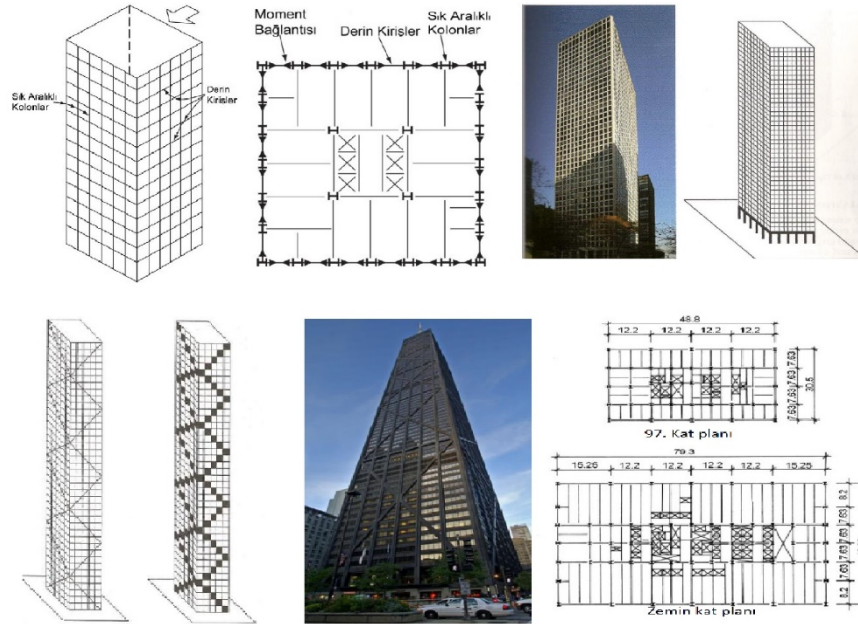
Yüksek yapılarda perde duvarlı sistemler, yanıl yer değiştirmelere karşı koymak için kullanılan, konsol şeklinde çalışan, rijitlikleri yüksek, çerçeve sistemlere göre bağıl yer değiştirmeleri üst katlara doğru giderek azalan boşluklu ya da boşluksuz elemanlardır. Perde duvarlı sistemler, alt katlarda servis mekânları, lobiler ve tesisat katlarının istendiği yapı türlerinde kısıtlamalar meydana getirmektedir. Bu nedenle perde duvarlı sistemler geniş açıklık gerektiren ticari ve ofis amaçlı yapılar için kullanılmamaktadır. Perde duvarlı sistemler oteller ve konut yapıları gibi üst üste birbirini takip eden plan şemalarında, düşeyde duvarların sürekliliğini sağlamaktadır. Bununla birlikte perde duvarlı sistemler yapılar arasında yangın ve ses izolasyonu sağlaması nedeniyle tercih edilmektedir (Şekil 12) (Yavaşbatmaz, 2012).



Şekil 12. Perde duvarlı sistemlerin yüksek yapılarda uygulanması

Kaynak 12. Yavaşatmaz, 2012.

Yüksek yapılarda tüp sistemler, yapının rüzgâr ve deprem yüküne karşı yüklerinin tümünü veya büyük bir kısmını karşıladığı için yapı içindeki kafes veya perde duvarlarına çoğu zaman gerek kalmamaktadır. Tübüler sistemle yapılan yapıların dış cephesi perde duvarlar üzerine açılan pencere boşlukları ile dörtgen, çokgen ya da daire kesitli bir boru görünümüne sahiptir. Yüksek yapılar bu taşıyıcı sistemle sık aralıklarla yerleştirilen kolonların birbirine yüksek kirişlerle bağlanması ile meydana gelmektedir (Şekil 13) (Çırpı, 2013).



Şekil 13. Yüksek yapıların tüp sistemlerle yapılan örnek uygulamaları

Kaynak 13. Çırpı, 2013.

Günümüzde yüksek yapılarda farklı tasarıma sahip ve ikonik nitelikteki yapıların taşıyıcı sisteminde uygulanan diagrid sistemler, kafesli tüp sisteminin gelişmiş bir tasarımı yapılmaktadır. Bu sistemin ilk uygulaması 1963'te Pittsburg'daki IBM Binası'nda inşa edilmiştir (Çırpı, 2013). Yüksek yapılarda uygulanan diagrid sistem, yapının dış kabuğunda eğik kolonlar ve kirişlerin üçgen birimler oluşturacak biçimde, dış yüzeyine yerleştirilmesiyle yapılmaktadır. Bu sistem, tekrar eden modüllerden meydana gelmektedir. Modüller birbirlerinin üst üste konulmasıyla çok katlı yapılar oluşturulmaktadır (Şekil 14). Yapı, konsol ankastre kafes sistem olarak çalışmakta bu sayede dış yüklere büyük ölçüde normal kuvvet ile karşı koymaktadır (Atasoy, 2014).



Şekil 14. Swiss Re binasının diagrid sistemlerle yapım uygulaması

Kaynak 14. Atasoy, 2014.

Diagrid sistemle inşa edilen yüksek yapılar Capital Gate Binası, Swiss Re Binası, CCTV Binası, Hearst Kulesi ve O-14 Ofis Binası örnekleri arasında yer almaktadır (Şekil 15) (Çırpı, 2013).

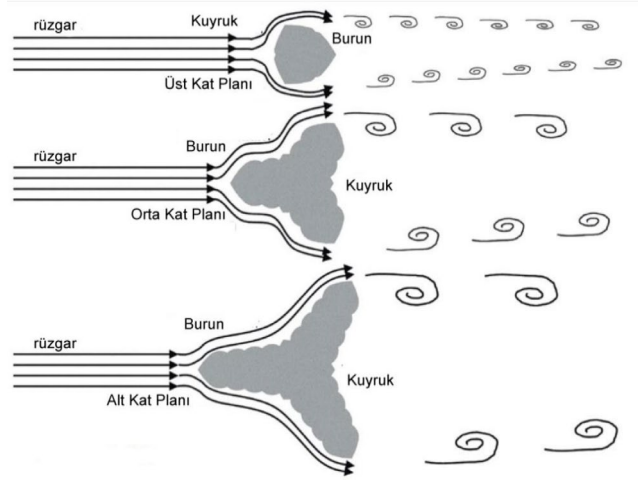


Şekil 15. Diagrid sistemle yapılmış yapı örnekleri

Kaynak 15. Çırpı, 2013.

3.1. Yüksek Yapılara Dünya'dan ve Türkiye'den Örnekler

2010 yılında inşa edilen Burj Khalifa binası 828 metre yüksekliğinde beton ve çelik malzeme kullanılarak yapılmıştır. Burj Khalifa binasının tasarımında taşıyıcı sistem olarak çekirdek ve yatay perdeli çerçeve sistemi kullanılmıştır. Bu binada rüzgâr yükünü azaltmak için plan formu “Y” şeklinde tasarlanmış ve bu tasarımla ayrıca yapının inşa edilme süresinde kısalmıştır (Şekil 16). Burj Khalifa binasında yüksek performansa sahip beton koridor duvarları ve çevre kolonları yer almıştır. Bu binada kullanılan taşıyıcı sistemle yatayda ve dikeyde rijit bir yapı elde edilmiştir (Balcı, 2013).



Şekil 16. Burj Khalifa binasında rüzgar yükünü azaltmak için plan formunun “Y” şeklinde tasarımı

Kaynak 16. Balcı, 2013.

Burj Khalifa binasının duvar kalınlıkları ve kolon büyüklükleri taşıyıcı sistemi oluşturan bağımsız elemanların büzülme ve sünme etkilerini azaltacak şekilde yapılmıştır. Ayrıca kulenin en üst kısmında, çaprazlama yatay sistemine sahip strüktürel çelik bir kule ucu bulunmaktadır. Strüktürel çelik kule ucu yerçekimi, deprem, rüzgâr gibi yüklere karşı dayanıklı olacak şekilde tasarlanmıştır (Şekil 17) (Balcı, 2013).

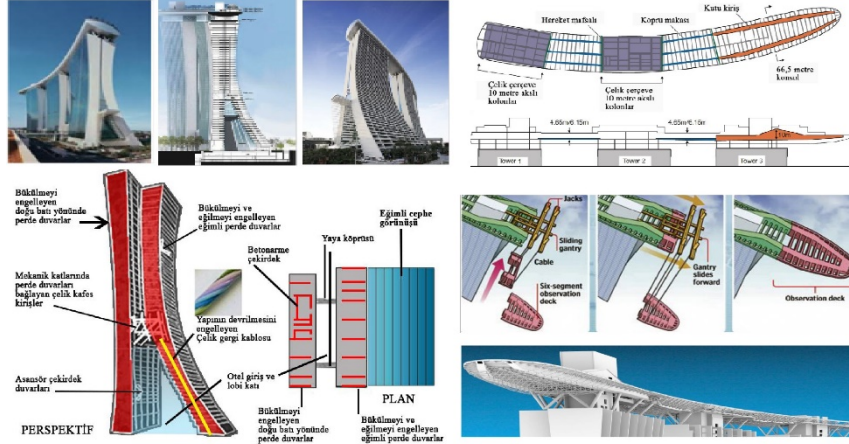


Şekil 17. Burj Khalifa binasının tasarımı ve yapım tekniği

Kaynak 17. Gülakan, 2014.

Marina Bay Sands Hotel, 2010 yılında Singapur’da yapılmış ve bu yapının her biri 57 katlı 207 metre yüksekliğindeki 3 kule şeklinde inşa edilmiştir. Marina Bay Sands Hotel’in, taşıyıcı sisteminde betonarme perde kullanılmış, biri düşeyde eğrisel, diğeri düz olmak üzere 55 katlı iki kulenin mekanik katta, çelik kafes kirişlerle birleştirilmesiyle meydana gelmiştir. Eğimli kulenin zemininde, çelik kafes sistemi devrilmeye karşı sağlamlaştıran çelik kablolardan yapılmıştır. Marina Bay Sands Hotel’in kulesinin tepe bölümüne çelik konstrüksiyonla yapılmış bir gökyüzü platformu tasarlanmıştır. Bu platformun inşa

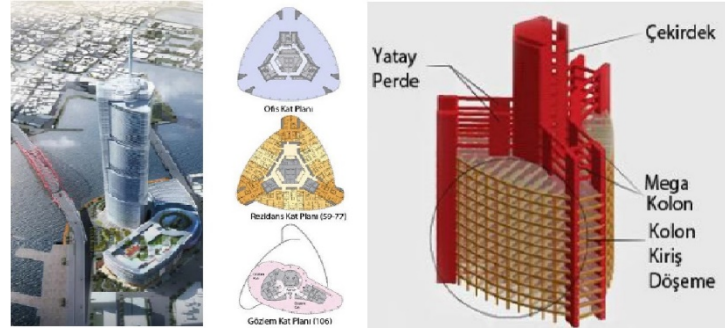
edilmesinde çelik yapının altına yatay hareketleri karşılaması için özel amortisörler kullanılmıştır (Şekil 18) (Gülakan, 2014).



Şekil 18. Marina Bay Sands Hotel'in tasarımı ve yapım tekniği

Kaynak 18. Gülakan, 2014.

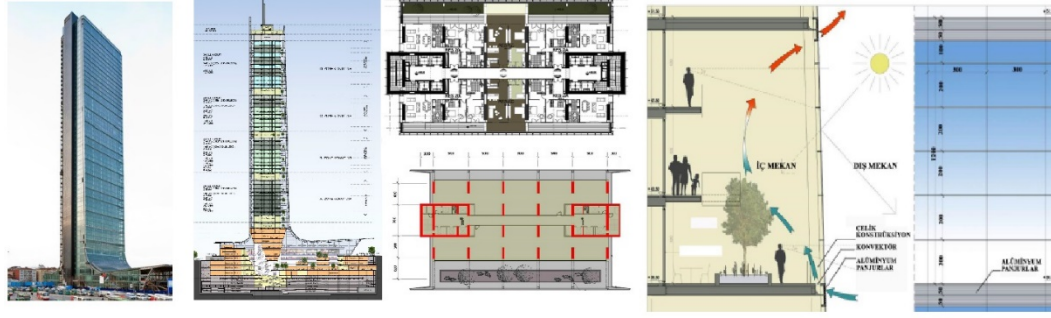
Busan Lotte Town Tower 2016 yılında Güney Kore'de yapılmış 510 m yüksekliğinde ve 107 katlı olarak inşa edilmiştir. Bu yapının tasarımında “Y” formundaki taşıyıcı sistem kullanılmış ve yapının yatay ve düşey yüklere karşı dayanıklılığı sağlanmıştır. Ayrıca Busan Lotte Town Tower yapısının taşıyıcı sistemi “Y” formunda yapılmasıyla, geniş mekân açıklıklarının oluşturulmasına ve çeşitli fonksiyonların çözümlenmesine de olanak tanımıştır. Bu yapı çelik ve beton malzemesi birlikte kullanılarak yapılmıştır. Busan Lotte Town Tower'ın ana malzemesi, yüksek mukavemetli beton taşıyıcı sistemler olmuştur. Ayrıca bu yapının tasarımı, betonarme perde duvarlardan oluşmakta ve cephedeki 6 adet mega kolon ise kompozit malzemeden inşa edilmiştir (Şekil 19) (Çırpı, 2013).



Şekil 19. Busan Lotte Town Tower tasarımı ve yapım tekniği

Kaynak 19. Çırpı, 2013.

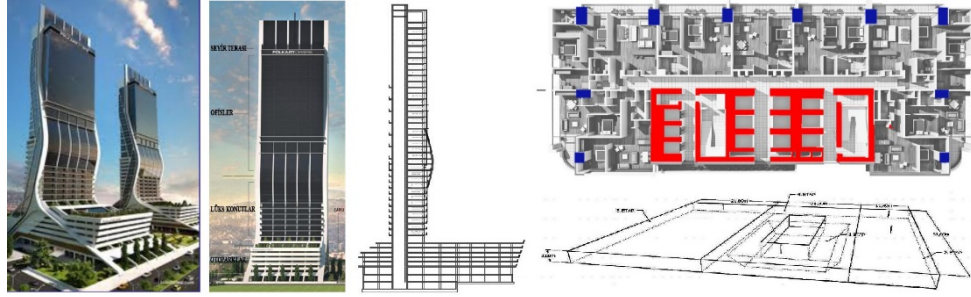
Sapphire Tower 2010 yılında İstanbul'da yapılmış 261 metre yüksekliğinde ve 66 katlı olarak inşa edilmiştir. Bu yapı; konut, alışveriş merkezi ve otopark gibi farklı fonksiyonları bir arada oluşturulmuş kompleks bir proje olarak tasarlanmıştır. Otoparklar zemin altında 6 kattan, alışveriş merkezi ise zemin altında 4 kattan oluşmaktadır. Sapphire Tower binasında konut kısımlarında 120 m²'den 1.100 m²'ye kadar değişen, birbirinden farklı büyüklükte 177 adet lüks konut birimi oluşturulmuştur. Ayrıca bu yapıda, lüks konut kısmında 4 konut alanı yer almış ve bu alanlar da kendi içerisinde her 3 katta bir gökyüzü bahçesi tasarlanmıştır. Sapphire Tower binasının taşıyıcı sisteminde dikdörtgen planlı yapı, kısa kenarlarında iki adet dikdörtgen 9x12 metre aks ölçülerinde betonarme çekirdek, içte 60 santimetre kalınlığında 3,85 metre uzunluğunda perde duvarlar yapılmıştır (Şekil 20) (Gülakan, 2014).



Şekil 20. Sapphire Tower tasarımı ve yapım tekniği

Kaynak 20. Gülakan, 2014.

Folkart Towers 2014 yılında İzmir’de yapılmış 200 metre yüksekliğinde ve 40 katlı iki kule şeklinde inşa edilmiştir. Bu yapının tasarımında; lüks konut, spor kompleksleri, ofis katları ve alışveriş alanları yer almıştır. Folkart Towers binasının taşıyıcı sistemi betonarme çerçeve sistem ve dikdörtgen planlı betonarme perde duvarlı çekirdekten yapılmıştır. Folkart Towers, merdiven ve asansör gibi düşey sirkülasyon bölümleri yapının dış kenarının ortasında tasarlanmıştır. Yüksek yapıların depreme karşı dayanıklı olmasında yapıların formunun düzenli olması ve düşey sirkülasyon bölümlerinin merkezi konumda yer alması önemli olmaktadır (Şekil 21) (Gülakan, 2014).



Şekil 21. Folkart Towers tasarımı ve yapım tekniği

Kaynak 21. Gülakan, 2014.

4. SONUÇ

Yüksek yapıların, teknolojiye bağlı olarak, yapıların tasarımında ve yapım tekniklerinde ilerlemeler görülmektedir. Özellikle sanayi devrimiyle birlikte endüstride yaşanan gelişmeler, yüksek yapılarda yeni malzemeleri ortaya çıkarmıştır. Yüksek yapılarda, yeni malzemelerin kullanılmasıyla hem yapıların tasarımında farklı formların yapılabilmesinde, hem de deprem ve rüzgâr gibi dış kuvvetlere karşı mukavemetli yapıların inşa edilmesini sağlamıştır. Yüksek yapılar önceleri sadece arsa alan azlığından, barınma ihtiyacı gibi işlevsel amaçlar nedeniyle yapılmıştır. Ancak günümüzde yüksek yapılar, ülkelerin ve şehirlerin mimari ve mühendislik tasarımında, teknolojinin gelişmişliğini gösteren bir simge haline gelmiştir. Teknolojiye bağlı gelişmeler yeni malzemelerin ortaya çıkışını, yapıların istenilen yüksekliğe yapılmasını sağlamıştır. Özellikle çelik ve betonun yüksek yapılarda birlikte kullanılması, yapının deprem, rüzgâr gibi yüklere dayanıklı olmasının yanı sıra bu malzemelerin birlikte kullanılması, yapıların yangına karşı dayanıklılığının artmasını sağlamıştır. Yüksek yapılarda, çelik malzemenin kullanılması geniş alanların oluşturulmasında ve farklı tasarımların yapılabilmesinde mümkün olmuştur. Bu nedenle, mimarın ve mühendisin geliştirilen bu yeni malzemelerin özelliklerini iyi bilmesi gerekmektedir.

Yüksek yapıların tasarımında; kullanıcı gereksinimleri, çekirdeklerin planlanması, servis sistemleri ve taşıyıcı sistemler etkili olmaktadır. Yüksek yapıların tasarımında, mimar bu kriterlere dikkat ederek bir tasarım yapması kullanıcıların güvenliğini ve dayanıklı yapıların olmasını sağlamaktadır. Ancak yüksek yapının tasarımında sadece mimar değil, aynı zamanda inşaat, elektrik, makine, çevre mühendisi gibi farklı meslek grupları birlikte çalışmaktadır. Bu nedenle yüksek yapının tasarımında disiplinler arası çalışma, kullanıcıların güvenliği ve dayanıklı yapılar inşa edilmesinde önem kazanmaktadır.

Yüksek yapıların taşıyıcı sistem tasarımında, kat yüksekliği önemli olmaktadır. Yüksek yapıların taşıyıcı sisteminde beton ve çelik beraber kullanılmıştır. Yüksek yapılarda yapı yüksekliğinin artması nedeniyle, deprem ve rüzgâr yüküne karşı dayanıklılığın sağlanmasında, aerodinamik tasarımlar önem kazanmaktadır. Aerodinamik tasarımlar, kat yüksekliğinin artmasına bağlı olarak rüzgâr hızının etkisini azalttığı için mimaride tercih edilmektedir. İncelenen örneklerde yüksek yapıların merdiven ve asansör gibi düşey sirkülasyon elemanların merkezi konumda yapıldığı ve taşıyıcı sistemlerin ise yapı yükünü karşılayabilecek şekilde tasarlandığı görülmektedir. Gelişen teknolojiye birlikte, gelecekte de yüksek yapıların farklı tasarımlarının yapılması ve yeni yapım tekniklerinin ortaya çıkması da öngörülmektedir.

KAYNAKÇA

Atasoy, N. (2014). Yüksek Yapılarda Güncel Tasarım Yaklaşımları. Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Balcı, B. S. (2013). Yüksek Yapıların Taşıyıcı Sistemleri ve Mimari Tasarımla Olan Etkileşimi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Kültür Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Çakır, G. (2011). Sürdürülebilir Mimarlık Bağlamında Yüksek Yapıların İrdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Çırpı, M. E. (2013). Yüksek Yapıların Taşıyıcı Sistemlerindeki Değişimlerin Son Dönem Örnekleriyle Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Demir, N. (2011). Yüksek Yapılar ve Sürdürülebilir Enerji. Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Gülakan, E. (2014). Yüksek Yapılarda Uygulanan Yapım Teknolojilerinin İrdelenmesi ve Sorunların Ortaya Konması. Yüksek Lisans Tezi. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Güney, F. C. (2012). Yüksek Yapılarda Düşey Sirkülasyon Sistemleri ve Bu Sistemlerden Asansörlerin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kurumahmut, F. G. (2012). Yüksek Yapılarda Gelişen Teknolojik Etkiler ve Projelendirme Sistemleri. Yüksek Lisans Tezi. Haliç Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Orton, A. (1988). The Way We Build Now. Van Nostrand Reinhold Company, Inc., London.

Sarıman, E. (2010). Yüksek Yapıların Oluşumundaki Faktörlerin Tasarım Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Schueller, W. (1977). High Rise Building Structures. John Wiley and Sons, New York, Çeviri: Yamantürk, E., Özşen, G., YTÜ Mimarlık Fakültesi Yayınları 1993, İstanbul.

Strakosch, G. R. (1983). Vertical Transportation: Elevators and Escalators, pp. 27-49, John Wiley & Sons Inc., New York.

Üdürgücü, A. (2010). Yüksek Yapılar İçin Karar Verme Rehberinin Oluşturulması. Yüksek Lisans Tezi. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Yavaşbatmaz, S. (2012). Yüksek Yapıların Sürdürülebilir Tasarım Ölçütleri Kapsamında Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.