T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK YAPILARDA ÇEKİRDEK TASARIM KRİTERLERİ

Neslişah MAMATİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimarlık Anabilim Dalı

Yapı Programı

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Ali Osman KURUŞCU

Haziran, 2023

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK YAPILARDA ÇEKİRDEK TASARIM KRİTERLERİ

Neslişah MAMATİ tarafından hazırlanan tez çalışması 21.06.2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Ali Osman KURUŞCU
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Dr. Öğr. Üyesi Ali Osman KURUŞCU
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Dr. Öğr. Üyesi Aygül CEYLAN
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Esat GÜNEŞ
Karabük Üniversitesi _____

Danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Ali Osman KURUŞCU sorumluluğunda tarafımca hazırlanan "Yüksek Yapılarda Çekirdek Tasarım Kriterleri" başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Neslişah MAMATİ

İmza

Aileme

TEŞEKKÜR

Bu çalışmamın şekillenip ortaya konmasında bilgi ve tecrübesiyle beni yönlendiren değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Ali Osman KURUŞCU'ya teşekkürlerimi sunarım. Yine zamanını ve bilgisini paylaşmaktaki özverisiyle tüm süreçte yanımda olan ve savunma tarihime kısa bir zaman kala aramızdan ayrılan değerli eş danışman hocam Doç. Dr. Ali Rıza PARSA'ya teşekkürü borç bilirim.

Hayatımın her döneminde yanımda olan, destek ve sevgilerini her zaman hissettiğim babam Hamit MAMATİ'ye, annem Maksude MAMATİ'ye ve kardeşim Hilmi Doğan MAMATİ'ye sonsuz teşekkür ederim.

Neslişah MAMATİ

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ ix
KISALTMA LİSTESİ x
ŞEKİL LİSTESİ xi
TABLO LİSTESİ xv
ÖZET xvii
ABSTRACT xix
1 GİRİŞ 1
1.1 Literatür Özeti 1
1.2 Tezin Amacı 3
1.3 Hipotez 3
2 YÜKSEK YAPILARIN GELİŞİMİ VE TASARIMA ETKİYEN YÜKLER 5
2.1 Yüksek Yapı Tanımı 5
2.1.1 CTBUH'a Göre Yüksek Yapı Tanım Kriterleri 7
2.1.1.1 Çevre Dokuya Göre Yapının Yüksekliği 7
2.1.1.2 Yapının En ve Boy Oranına Göre Yüksekliği 8
2.1.1.3 Teknolojik Donanıma Göre Yapının Yüksekliği 8
2.1.2 CTBUH'a Göre Yapı Yüksekliğini Ölçme Yaklaşımları 9
2.1.2.1 Yapının Mimari Tepe Noktasının Yüksekliği 9
2.1.2.2 Kullanılan En Üst Katın Döşemesinin Yüksekliği 9
2.1.2.3 Yapının Tepe Noktasının Yüksekliği 10
2.2 Yüksek Yapıların Tarihsel Gelişimi 10
2.2.1 Modern Anlamda Yüksek Yapı 13
2.3 Yüksek Yapı Tasarımına Etkiyen Yükler 24
2.3.1 Düşey Yükler 24
2.3.1.1 Ölü (Kalıcı) Yükler 24
2.3.1.2 Hareketli Yükler 25
2.3.2 Yatay Yükler 25
2.3.2.1 Deprem Yükü 25
2.3.2.2 Rüzgar Yükü 28
2.4 Rüzgarın Oluşum Şekli ve Tasarıma Etkiyen Rüzgarlar 28
2.4.1 Rüzgar ve Yüksek Yapı Etkileşimi 29

2.4.2 Rüzgar Yükü Altında Yüksek Yapının Hareketi 31
2.4.3 Rüzgar Hızının Yapı Yüksekliğine Bağlı Değişimi 32
2.4.4 Rüzgarın Yapı Formu İle İlişkisi 33
3 ÇEKİRDEK 35
3.1 Yüksek Yapılarda Çekirdek 35
3.1.1 Çekirdeğin Mimari Projedeki Yeri 36
3.1.2 Çekirdeğin Formu 39
3.1.3 Çekirdeğin Sayısı ve Büyüklüğü 39
3.2 Rijitlik Merkezi Olarak Çekirdek 40
3.2.1 Yüksek Yapılarda Kullanılan Taşıyıcı Sistemler 42
3.2.1.1 Çerçeve Sistem 46
3.2.1.2 Çerçeve + Rijit Katlı Sistem 47
3.2.1.3 Çerçeve + Taşıyıcı Duvarlı Sistem 48
3.2.1.4 Çerçeve + Çekirdek Sistem 50
3.2.1.5 Çerçeve + Çekirdek + Rijit Katlı Sistem 53
3.2.1.6 Çekirdek + Konsol Sistem 57
3.2.1.7 Tüp Sistem 58
3.2.1.8 Diagrid (Rijit Platformlu) Sistem 64
3.3 Düşey Ulaşım Merkezi Olarak Çekirdek 65
3.3.1 Merdiven 66
3.3.2 Yürüyen Merdiven 68
3.3.3 Asansör 69
3.3.3.1 Yüksek Yapılarda Kullanıcı Trafiği 70
3.3.3.2 Asansörlerin Düşeyde Düzenlenmesi 73
3.3.3.3 Asansörlerin Kat Planında Düzenlenmesi 76
3.4 Tesisat Sisteminin Merkezi Olarak 88
3.4.1 Elektrik Tesisat Sistemleri 89
3.4.1.1 Aydınlatma Sistemleri 90
3.4.1.2 Enerji Sistemleri 90
3.4.1.3 Elektronik Sistemler 91
3.4.2 Mekanik Tesisat Sistemleri 92
3.4.2.1 Sıhhi Tesisat Sistemleri 92
3.4.2.2 Isıtma-Soğutma-Havalandırma (HVAC) Sistemler 96
4 SONUÇ VE ÖNERİLER 98

4.1 Çekirdek Tasarımlarının Yapıda Kullanıcı Konforu Kriterlerine Göre Değerlendirilmesi 100
4.2 Çekirdek Tasarımlarının Yapının Taşıyıcı Sistem Verimliliği Kriterlerine Göre Değerlendirilmesi 106
4.3 Çekirdek Tasarımlarının Yapının Düşey Ulaşım Sistemi Verimliliği Kriterlerine Göre Değerlendirilmesi 112
4.4 Çekirdek Tasarımlarının Yapının Tesisat Şaftları Verimliliği Kriterlerine Göre Değerlendirilmesi 118
4.5 Kullanıcı Konforu Kriterlerine Göre Tüm Çekirdek Tasarımlarının Karşılaştırılması 124
4.6 Taşıyıcı Sistem Verimliliği Kriterlerine Göre Tüm Çekirdek Tasarımlarının Karşılaştırılması 125
4.7 Düşey Ulaşım Sistemi Verimliliği Kriterlerine Göre Tüm Çekirdek Tasarımlarının Karşılaştırılması 126
4.8 Tesisat Şaftlarının Verimliliği Kriterlerine Göre Tüm Çekirdek Tasarımlarının Karşılaştırılması 127
4.9 Çekirdek Tasarımlarının Tüm Kriterlere Göre Genel Karşılaştırması 129
KAYNAKÇA **130**
TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR **139**

SİMGE LİSTESİ

V	Hız
a	İvme
F	Kuvvet
m	Kütle
T	Periyot
Δ	Yer değiştirme
h	Yükseklik

KISALTMA LİSTESİ

CTBUH	Council on Tall Buildings and Urban Habitat
VAV	Variable Air Volume

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Yapı yüksekliğine göre tanımlar 7
Şekil 2.2 Çevre dokuya göre yapının yüksekliğinin tanımlanması 8
Şekil 2.3 Yapının en-boy oranına göre yüksekliğinin tanımlanması 8
Şekil 2.4 Teknolojik donanıma göre yapının yüksekliğinin tanımlanması 9
Şekil 2.5 Mimari tepe noktasına göre en yüksek 10 yapı 9
Şekil 2.6 Kullanılan en üst katın döşemesine göre en yüksek 10 yapı 10
Şekil 2.7 Yapının tepe noktasına göre en yüksek 10 yapı 10
Şekil 2.8 Keops Piramidi 11
Şekil 2.9 Büyük Stupa 11
Şekil 2.10 Ur Zigguratı 12
Şekil 2.11 a) Gojyu-no-to Pagodası b) Kesit 12
Şekil 2.12 Büyük Chicago yangını sonrası Chicago kenti 14
Şekil 2.13 a) Yüksek yapıların kıtasal dağılımı b) En çok yüksek yapıya sahip şehirler 15
Şekil 2.14 a) Home Insurance Building b) Zemin kat planı c) Taşıyıcı sistem modeli 16
Şekil 2.15 a) Tacoma Building b) Tipik kat planı c) Taşıyıcı sistem cephe etkileşimi 17
Şekil 2.16 a) Monadnock Building b) 8.kat planı c) Kalın taşıyıcı duvarlar 18
Şekil 2.17 a) Reliance Building b) İnşaat aşaması görseli c) Taşıyıcı sistem modeli 18
Şekil 2.18 a) Equitable Life Assurance Building b) Yangın sonrası görseli c) Equitable Building 19
Şekil 2.19 a) Metropolitan Life Tower b) Woolworth Building c) Flatiron Building 20
Şekil 2.20 a) Chrysler Building b) Empire State Building c) Rockefeller Building 20
Şekil 2.21 a) Lake Shore Drive Apartments b) Tipik kat planı c) İnşaat aşaması görseli 21
Şekil 2.22 a) John Hancock Center b) World Trade Center c) Transamerica Pyramid 22
Şekil 2.23 a) Jin Mao Building b) Taipei 101 c) Shangai World Trade Center 23
Şekil 2.24 a) Swiss Re Building b) Bank of China c) Petronas Towers 23
Şekil 2.25 Yapıya etkiyen yükler 24

Şekil 2.26 a) Deprem öncesi yapı pozisyonu b) Dinamik etkiler nedeniyle yapı pozisyonunun değişimi 26
Şekil 2.27 Yapının deprem sırasındaki hareketi 26
Şekil 2.28 Yüksek yapının salınımı 27
Şekil 2.29 Hava akımı çeşitleri 29
Şekil 2.30 Yapı etrafındaki basınç alanları 30
Şekil 2.31 Yapı etrafında türbülanslanan hava ve girdap akımları 30
Şekil 2.32 Yapı etrafındaki akım alanları 31
Şekil 2.33 a) Yapı çevresinde rüzgar akışı b) Yapının hareket şekilleri 31
Şekil 2.34 Girdap kopması 32
Şekil 2.35 Rüzgar hızının yüksekliğe bağlı değişimi 33
Şekil 2.36 Yapının bulunduğu çevreye göre rüzgarın akışı 34
Şekil 3.1 a) Merkezi çekirdek b) Çeper çekirdek c) Köşe çekirdek d) Dış çekirdek e) Uç Çekirdek 36
Şekil 3.2 Yüksek yapılarda çekirdek düzenlemesi 37
Şekil 3.3 Çekirdek türleri ve birbirlerine göre üstünlükleri 38
Şekil 3.4 Yüksek yapılarda form planlaması 39
Şekil 3.5 Zeminden konsol yükselen yapı 40
Şekil 3.6 Binanın kesme ve eğilme kuvvetine karşı dayanımı 41
Şekil 3.7 a) Taşıyıcı duvarlar b) Yarı kapalı çekirdek planları 41
Şekil 3.8 a) Betonarme sistemler b) Çelik sistemler 43
Şekil 3.9 İç taşıyıcı sistemler 44
Şekil 3.10 Dış taşıyıcı sistemler 45
Şekil 3.11 a) Rijit çerçeve sistem b) Plan c) Yatay yükler altında rijit çerçeve davranışı 46
Şekil 3.12 Yüksek yapı taşıyıcı sistemleri ve ulaşabilecekleri kat sayısı 47
Şekil 3.13 Rijit katların ideal konumları 48
Şekil 3.14 Huntington Center 48
Şekil 3.15 a) Çelik çaprazlı taşıyıcı duvar b) Betonarme perde duvar 49
Şekil 3.16 Çelik çapraz tipleri a) Eş merkezli b) Dış merkezli 49
Şekil 3.17 a) Döşemelerle kısmen kapalı çekirdek b) Kirişlerle kısmen kapatılmış çekirdek c) Açık çekirdek 50
Şekil 3.18 a) Eğilme tipi ötelenme b) Kesme tipi ötelenme c) Sistemlerin birlikte kullanılması 51
Şekil 3.19 Betonarme perde sistem ve çaprazlı çerçevenin kombinasyonu 52

Şekil 3.20 Çekirdeğin yerinin rijitlik açısından değerlendirilmesi a) Büyük dış merkezlik b) Küçük dış merkezlik c) Dış merkezlik yok 52
Şekil 3.21 Çekirdek ve çerçevenin birlikte düzenlendiği çeşitli plan formları 53
Şekil 3.22 Yatay kafes kirişli sistem ve kuşaklama 54
Şekil 3.23 Çekirdek ve yatay kafes kirişli sistem 54
Şekil 3.24 a) Jin Mao Tower b) Taşıyıcı sistem kesiti c) Taşıyıcı sistem perspektifi ve planı 55
Şekil 3.25 Jin Mao Tower otel bölümü atriyumu 56
Şekil 3.26 a) Petronas Towers b) Plan 56
Şekil 3.27 Çekirdek + konsol sistem 57
Şekil 3.28 a) Konsol döşeme b) Güçlendirilmiş konsol döşeme c) Döşeme levhalarının yerleşimi 58
Şekil 3.29 Tüp sistemler 59
Şekil 3.30 a) Çerçeve tüp sistem b) Plan 60
Şekil 3.31 a) DeWitt- Chestnut Apartment b) Çerçeve tüp sistem c) Perspektif kesiti 60
Şekil 3.32 a) World Trade Center b) Tipik kat planı c) Taşıyıcı sistem perspektifi 61
Şekil 3.33 a) World Trade Center inşaat aşaması b) Döşeme kirişi 61
Şekil 3.34 Tipik bir demet tüp sistemin perspektifi 62
Şekil 3.35 a) Sears Tower b) Strüktür şeması c) Kat planı şeması 63
Şekil 3.36 Tüp içinde tüp sistem 63
Şekil 3.37 a) One Shell Plaza b) Plan c) Kaset döşeme 64
Şekil 3.38 a) Diagrid modül şeması b) Diagrid sistem konfigürasyonu 64
Şekil 3.39 a) Hearst Tower b) Diagrid taşıyıcı sistem konfigürasyonu c) Plan 65
Şekil 3.40 Yüksek yapılarda çekirdek tasarımları 67
Şekil 3.41 Yürüyen merdiven düzenlemeleri 68
Şekil 3.42 Kullanıcı trafiği tahmini 71
Şekil 3.43 Asansörlerin birlikte ya da ayrı planlanması 72
Şekil 3.44 a) Merkezi planlanmamış asansörler b) Kullanıcıların katta asansöre ulaşmak için yürümesi gereken ideal mesafe 72
Şekil 3.45 Asansörlerde bölgeleme a) Lokal bölgeleme b) Atlamalı bölgeleme 73
Şekil 3.46 Yapıda bölgeleme ve transfer katları 74
Şekil 3.47 Yapıda asansörlerin düşeyde bölgelenmesi 75
Şekil 3.48 İki kabinli gruplandırma a) Tercih edilen b) Verimsiz uygulama 76
Şekil 3.49 Üç kabinli gruplandırma a) Tercih edilen b) Kabul edilebilir 77

Şekil 3.50 Dört kabinli gruplandırma a) Tercih edilen b) Kabul edilebilir 77
Şekil 3.51 a) Central Plaza b) Tipik kat planı c) Asansör şeması 78
Şekil 3.52 a) Sapphire Tower b) Tipik kat planı c) Çekirdek tasarımı 79
Şekil 3.53 Altı kabinli gruplandırma a) Tercih edilen b) Kabul edilebilir c) Verimsiz uygulama 80
Şekil 3.54 a) Sabancı Center b) Tipik kat planı 81
Şekil 3.55 a) Commerzbank Tower b) Tipik kat planı c) Asansör şeması 82
Şekil 3.56 a) Commerzbank Tower kış bahçesi görseli b) Kesit 83
Şekil 3.57 a) İş Bankası B blok ve D bloklar b) Kule I tipik kat planı, Kule I 36. kat planı 84
Şekil 3.58 a) World Trade Center ve kat planı b) Asansör şeması 85
Şekil 3.59 Sekiz kabinli gruplandırma 86
Şekil 3.60 a) Empire State Building b) 58. kat planı ve çekirdek tasarımı c) Asansör şeması 86
Şekil 3.61 a) 53. kat planı b) 85. kat planı c) 92. kat planı d) Asansör şeması 87
Şekil 3.62 Çekirdekte şaftların yerleşimi a) Verimsiz uygulama b) Tercih edilen 89
Şekil 3.63 Yüksek yapılarda tesisat sistemleri 89
Şekil 3.64 a) 15. kat planı ve 41. kat planı b) John Hancock Center 91
Şekil 3.65 a) One World Trade Center b) 48.kat planı c) 49.kat planı d) 64.kat planı e) 89. Kat planı 92
Şekil 3.66 Yüksek yapıda tesisat katları 93
Şekil 3.67 Commerzbank Tower asansör holünde tuvalet planlaması 94
Şekil 3.68 a) Torre Cepsa b) Kat planları 95
Şekil 3.69 a) Two Union Square b) Kat planı 96
Şekil 3.70 a) VAV sistem b) Tipik bir ofis kesitinde sistemin yerleşimi 97
Şekil 4.1 Değerlendirilen çekirdek tasarımları 99

TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1 Kullanıcıların merdiven kullanım oranları 66
Tablo 3.2 Yürüyen merdiven ve asansör trafiği 69
Tablo 4.1 Merkezi çekirdek tasarımlarının değerlendirilmesi 100
Tablo 4.2 Çeper çekirdek tasarımlarının değerlendirilmesi 101
Tablo 4.3 Dış çekirdek tasarımlarının değerlendirilmesi 102
Tablo 4.4 Köşe çekirdek tasarımlarının değerlendirilmesi 103
Tablo 4.5 Rastgele çekirdek tasarımının değerlendirilmesi 104
Tablo 4.6 Tüp sistem tasarımlarının değerlendirilmesi 105
Tablo 4.7 Merkezi çekirdek tasarımlarının değerlendirilmesi 106
Tablo 4.8 Çeper çekirdek tasarımlarının değerlendirilmesi 107
Tablo 4.9 Dış çekirdek tasarımlarının değerlendirilmesi 108
Tablo 4.10 Köşe çekirdek tasarımlarının değerlendirilmesi 109
Tablo 4.11 Rastgele çekirdek tasarımının değerlendirilmesi 110
Tablo 4.12 Tüp sistem tasarımlarının değerlendirilmesi 111
Tablo 4.13 Merkezi çekirdek tasarımlarının değerlendirilmesi 112
Tablo 4.14 Çeper çekirdek tasarımlarının değerlendirilmesi 113
Tablo 4.15 Dış çekirdek tasarımlarının değerlendirilmesi 114
Tablo 4.16 Köşe çekirdek tasarımlarının değerlendirilmesi 115
Tablo 4.17 Rastgele çekirdek tasarımının değerlendirilmesi 116
Tablo 4.18 Tüp sistem tasarımlarının değerlendirilmesi 117
Tablo 4.19 Merkezi çekirdek tasarımlarının değerlendirilmesi 118
Tablo 4.20 Çeper çekirdek tasarımlarının değerlendirilmesi 119
Tablo 4.21 Dış çekirdek tasarımlarının değerlendirilmesi 120
Tablo 4.22 Köşe çekirdek tasarımlarının değerlendirilmesi 121
Tablo 4.23 Rastgele çekirdek tasarımının değerlendirilmesi 122
Tablo 4.24 Tüp sistem tasarımlarının değerlendirilmesi 123
Tablo 4.25 Çekirdeklerin kullanıcı konforu yönünden karşılaştırılması 124
Tablo 4.26 Çekirdeklerin taşıyıcı sistem verimliliği yönünden karşılaştırılması 125
Tablo 4.27 Çekirdeklerin düşey ulaşım sistemi verimliliği yönünden karşılaştırılması 126

Tablo 4.28 Çekirdeklerin tesisat şaflarının verimliliği yönünden karşılaştırılması 127

Tablo 4.29 Çekirdek tasarımlarının genel karşılaştırılması 129

ÖZET

Yüksek Yapılarda Çekirdek Tasarım Kriterleri

Neslişah MAMATİ

Mimarlık Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ali Osman KURUŞCU

Yapı yüksekliğindeki her artış yapıda daha çok tasarım ve mühendislik probleminin çözülmesini gerektirmektedir. Çünkü yapı yüksekliklerinin artmasıyla birlikte rüzgar başta olmak üzere yapıya etkiyen yatay yükler tasarımda daha kritik hale gelmektedir. Yatay yüklere karşı yer değiştirmeleri ve burulmayı sınırlandırması bakımından yüksek yapıların en temel taşıyıcı sistem bileşeni çekirdektir. Aynı zamanda çekirdek, yapıdaki düşey ulaşımın ve tesisat şaftlarının da merkezidir. Bu çalışmada, çekirdeğin bu çok fonksiyonlu yapısının irdelenmesi ve çekirdek tasarımlarının birbirlerine göre avantaj ve dezavantajlarının, belirlenen tasarım kriterleri doğrultusunda ortaya konması amaçlanmıştır. Çekirdeğin fonksiyonlarının bir bütün halinde ele alınmasının ve içinde barındırdığı araçlarla birlikte tasarımına dair yaklaşımların ortaya konmasının literatürde kendine yer bulacağı düşünülmektedir. İlk olarak, yüksek yapının tanımı ve tarihsel süreç içindeki gelişimi anlatılmıştır. Ardından yüksek yapıya etkiyen karakteristik yükler, bu yüklerin yapıyla etkileşimi, salınım ve rezonans kavramları ortaya konmuştur. Bu bilgiler ışığında, yüksek yapılarda çekirdeğin önemi ve taşıyıcı sistem

hiyerarşisindeki yeri anlatılmıştır. Ardından çekirdeğin barındırdığı düşey ulaşım elemanları ve bu ulaşım elemanlarının tasarım yaklaşımları anlatılmıştır. Son olarak yüksek yapılardaki tesisat şaftları anlatılmıştır. Bu doğrultuda çekirdek tasarımları; yapıda kullanıcı konforu, yapının taşıyıcı sistem verimliliği, yapının düşey ulaşım sistemi verimliliği ve yapının tesisat şaftlarının verimliliği kriterleri doğrultusunda değerlendirilmiştir. Kullanıcı konforu bakımından yapıdan bağımsız çekirdekler; taşıyıcı sistem verimliliği bakımından dışmerkezlik oluşturmayan ayrık-çoklu çekirdekler ve tüp sistemler; yapı yüksekliğinin verimli ve etkin bir taşıyıcı sistemle artması noktasında tüp sistemler; düşey ulaşım elemanlarının verimliliği bakımından ayrık-çoklu çeper, dış çekirdekler ve yapı çeperinden okunamayan köşe çekirdekler, tesisat şaftlarının verimliliği bakımından ayrık-çoklu çeper, dış çekirdekler ve yapı çeperinden okunabilen köşe çekirdekler avantajlı bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yüksek yapı, taşıyıcı sistem tasarımı, çekirdek tasarımı, çekirdeğin fonksiyonları, düşey ulaşım sistemi.

ABSTRACT

Core Design Criteria in High-Rise Buildings

Neslişah MAMATİ

Department of Architecture

Master's Thesis

Supervisor: Asst. Prof. Ali Osman KURUŞCU

Each increase of building height necessitates solving more design and engineering problems in the building. Because with the increase of building height, the horizontal loads acting on the structure, especially the wind, become more critical on the design. Core is the the most basic structural component of the structure in terms of limiting drift index and torsion against horizontal loads. At the same time, core is the center of the vertical transportation and installation shafts in the building. In this study, it is aimed to examine this multifunctional structure of the core and reveal the advantages and disadvantages of core designs relative to each other in accordance with the determined design criteria. First of all, the definition of high-rise building and its development in the historical process are explained. Then, the characteristic loads acting on the high-rise building, the interaction of these loads with the structure, oscillation and resonance concepts are introduced. In the light of these information, the importance of the core in high-rise buildings and its place in the structural system hierarchy are explained. Then, the vertical transportation elements in the core and design criteria of these elements are explained. Finally, the installation shafts in high-rise buildings are explained. In this context core designs were evaluated from the point of user comfort in the building, the efficiency of the

building's structural system, the efficiency of the building's vertical transportation system and the efficiency of the building's installation shafts. Independent cores are considered advantageous in terms of user comfort in building. Split-multiple cores and tubular systems are considered advantageous in terms of structural system efficiency unless eccentricity. Tubular systems are considered advantageous in terms of increasing building height with an efficient and effective structural system. Split-multiple edge, external cores and corner cores unreadable from outside are considered advantageous in terms of efficiency of vertical transportation. Split-multiple edge, external cores and corner cores readable from outside are considered advantageous in terms of efficiency of installation shafts.

Keywords: High-rise building, structural system design, core design, functions of core, vertical transportation system.

1
GİRİŞ

1.1 Literatür Özeti

Yüksek yapılar; devletlerin, ülkelerin, şirketlerin birer prestij ve reklam aracı olarak kent siluetinde gittikçe daha çok yer edinmektedir. Yüksek yapıların inşası; teknolojik gelişmelere, yeni yapı malzemelerinin ve yapım tekniklerinin gelişmesine paralel olarak hızlanmakta ve bu gelişmeler sayesinde yapı yüksekliklerinin daha da artması mümkün kılınmaktadır. Yapı yüksekliğinin artmasıyla birlikte yapının taşıyıcı sistem tasarımı önem kazanmaktadır. Yüksek yapıların taşıyıcı sistem tasarımında genellikle çekirdek ve çekirdekle birlikte kullanılan sistemler tasarlanmaktadır. Yapının düşey ulaşımını sağlayan asansör, merdiven ve acil kaçış yolları da genellikle çekirdek hacmi içinde tasarlanan elemanlardır. Aynı zamanda çekirdek, yapıdaki kullanıcıların ihtiyaç ve konforu için gerekli olan tesisat şaftlarının da merkezidir. Tesisatın kata dağıtımı genellikle çekirdekte tasarlanan ana merkezden yapılmaktadır. Dolayısıyla yüksek yapı için etkin ve verimli bir çekirdek tasarımı yapılması zorunludur. Literatürde yüksek yapılarda çekirdek tasarımına ait yaklaşımlar, çekirdeğin fonksiyonları doğrultusunda ayrı ayrı olacak şekildedir.

Yüksek yapıların tanım ve tarihsel gelişiminin ele alınmasında;

CTBUH kaynağından; yüksek yapı, çok yüksek yapı ve mega yüksek yapıların yükseklik tanımlarının yapılması, yapı yüksekliğinin tanım kriterlerinin ve ölçme yaklaşımlarının açıklanması yönünden,

(Sev, 2009) kaynağından, modern anlamda yüksek yapıların tarihsel gelişiminin anlatılması yönünden yararlanılmıştır.

Yüksek yapıya etkiyen yüklerin ele alınmasında;

(TS 500), (Taranath, 2016) kaynaklarından yapıya etkiyen yüklerin tanımı,

(Yücel, 2010) kaynağından; rüzgar türleri, yapının etrafındaki basınç alanlarının tanımlanması yönünden yararlanılmıştır.

Çekirdeğin rijitlik merkezi olarak ele alınmasında;

(Sev, 2001), (Rafainer, 1976), (Ilgın ve Günel, 2021), (Walter vd., 2010) kaynaklarından; mimari projede yerleştirilme biçimine göre çekirdek çeşitlerinin sıralanması yönünden,

(Taranath, 2004) kaynağından; yüksek yapılarda salınımın, periyot kavramının açıklanması, yapının deprem ve rüzgar yükleri ile ilişkisinin anlatılması yönünden,

(Ali ve Moon, 2007), (Ali ve Moon, 2018) kaynaklarından; yüksek yapılarda taşıyıcı sistemlerin iç ve dış taşıyıcı sistemler olarak ele alınması, çelik ve betonarme taşıyıcı sistemlerinin ulaşabilecekleri kat sayılarının tablolaştırılması yönünden yararlanılmıştır.

Çekirdeğin, düşey ulaşım merkezi olarak ele alınmasında;

(Siikonen, 1997) kaynağından, yapıda kullanıcı trafiği tahmininin, taşıma kapasitesinin, transfer katların açıklanması yönünden,

(Strakosch, 2010) kaynağından, asansörlerin çalışma verimliliğinin anlatılması, kat düzleminde asansörlerin gruplandırılma şekillerinin açıklanması yönünden,

(Barney ve Al-Sharif, 2016) kaynağından asansörlerin lokal ve atlamalı olarak bölgelenmesi ve yürüyen merdivenlerin tasarım yaklaşımlarının anlatılması yönünden,

(Güney, 2012) kaynağından merdivenlerin tasarım yaklaşımlarının anlatılması yönünden yararlanılmıştır.

Çekirdeğin tesisat merkezi olarak ele alınmasında;

(Ersoy, 1993) kaynağından, tesisat sistemlerinin tanımlanması ve yüksek yapılarda tesisat tasarımına ait bilgilerin anlatılması yönünden,

(Küçükçalı, 1999) kaynağından, tesisat şaftlarının çekirdekte yer ve boyut olarak planlanma yaklaşımlarının anlatılması yönünden,

(Küçükçalı, 2007) kaynağından, çekirdek ve çekirdekten cepheye kadar olan zonun ısıl farklılığının anlatılması, ısıtma ve soğutma sistemlerine örnek verilmesi yönünden yararlanılmıştır.

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmada amaç; yüksek yapılara etkiyen karakteristik yüklerin karşılanmasında yapının rijitlik merkezi olarak hizmet veren, aynı zamanda yapının asansör, merdiven gibi düşey sirkülasyon araçlarını ve acil çıkış yollarını içinde barındırarak yapının düşey ulaşım merkezi olarak hizmet veren ve elektrik, mekanik tesisat için gereken boşlukları barındırarak yapının tesisat şaftlarının merkezi olarak hizmet veren çekirdeğin bu çok fonksiyonlu yapısının irdelenmesidir. Ardından çekirdek tasarımlarının birbirlerine göre avantajlarının ve dezavantajlarının belirlenen kriterlere göre değerlendirilmesidir.

1.3 Hipotez

Bu çalışmada ilk olarak; yüksek yapının tanımı ve tarihsel süreç içindeki gelişimi anlatılmıştır. Ardından yüksek yapıya etkiyen karakteristik yükler, bu yüklerin yapıyla etkileşimi, özellikle yatay yüklerin yapı üzerindeki kritik etkisi ortaya konmuştur. Bu bilgiler ışığında, yüksek yapılarda daha kritik olan yatay yüklere karşı direnmede ve salınımı kontrol etmede çekirdeğin önemi ve taşıyıcı sistem hiyerarşisindeki yeri anlatılmıştır. Çekirdeğin, rijitlik merkezi olma bağlamında tasarım yaklaşımları, yüksek yapı örnekleri üzerinden anlatılmıştır. Ardından çekirdeğin barındırdığı düşey ulaşım elemanları ve bu ulaşım elemanlarının tasarımlarına dair bilgiler verilmiştir. Yapıda düşey ulaşım merkezi olarak çekirdeğin tasarım yaklaşımları, yüksek yapı örnekleri üzerinden anlatılmıştır. Son olarak yüksek yapılardaki tesisat şaftları sistem olarak anlatılmıştır. Çekirdeğin, tesisat şaftlarının merkezi olma bağlamında tasarım yaklaşımları, yüksek yapı örnekleri üzerinden anlatılmıştır. Ele alınan tüm tasarım yaklaşımları doğrultusunda çekirdek tasarımları; yapıda kullanıcı konforu, yapının taşıyıcı sistem verimliliği, yapının düşey ulaşım sistemi verimliliği ve yapının tesisat şaftlarının verimliliği kriterleri doğrultusunda değerlendirildiğinde; kullanıcı konforu bakımından yapıdan bağımsız çekirdek tasarımları avantajlı bulunmuştur. Taşıyıcı sistem verimliliği yönünden tüp sistemler başta olmak üzere, ayrık-çok sayıda çekirdek tasarımları ve köşe çekirdek tasarımları avantajlı bulunmuştur. Tüp sistemler, tüp içinde tüp sistem başta olmak üzere yapı yüksekliğinin verimli ve etkin bir taşıyıcı sistemle artabilirliği noktasında avantajlı bulunmuştur. Düşey ulaşım elemanlarının verimliliği yönünden ayrık – çok sayıda dış ve çeper çekirdek

tasarımları, yapı çeperinden okunamaz köşe çekirdek tasarımları avantajlı bulunmuştur. Tesisat şaftlarının verimliliği yönünden ayrık – çok sayıda dış ve çeper çekirdek tasarımları, yapı çeperinden okunabilir köşe çekirdek tasarımları avantajlı bulunmuştur. Genel değerlendirmede rastgele çekirdek tasarımları ve dış merkezlik oluşturan tasarımlar dezavantajlı değerlendirilmiştir.

Çekirdeğin fonksiyonlarının bir bütün olarak ele alınması, çekirdek tasarımlarının belirlenen kriterler doğrultusunda birbirleriyle karşılaştırılarak fonksiyonları çerçevesinde değerlendirilmesi, yüksek yapıların tasarım ve uygulama kararlarında etkili olacaktır.

2
YÜKSEK YAPILARIN GELİŞİMİ VE TASARIMA ETKİYEN YÜKLER

2.1 Yüksek Yapı Tanımı

Bulundukları kentin dokusunu ve kimliğini şekillendirmede doğrudan etkisi bulunan yüksek yapıların, kent silüetindeki görünürlükleri ve sayıları gün geçtikçe artmaktadır. Yüksek yapı; İngilizce'de "tall building", "high-rise building" ve Türkçe'ye "gökdelen" olarak çevrilen "skyscraper" terimleriyle anılmaktadır.

Bu üç terim de aynı yapı tipolojisine atıfta bulunurken "gökdelen" terimi aralarındaki en güçlü ifadedir [1].

Gökdelen terimi, "çok yüksek bina" anlamında kullanılmaktadır. Buradaki "çok", zamana ve mekana bağlı olarak karşılaştırmalı bir ifadedir [2]. Dolayısıyla yüksek yapı tanımını yalnızca yapının boyutları açısından yapmayıp yapıyı kendi bağlamında değerlendirmek, zaman ve mekana göre yüksekliğin göreceli olabileceğini düşünmek yerinde olacaktır.

Yüksek yapı terimi Fransızca'da, Celal Esad Arseven'in 1944 tarihli Fransızca-Türkçe Sanat Lügati'nde belirttiği tabiriyle "dev bina, gök adam" anlamındaki "Gratte-Ciel" terimiyle [3], Almanca'da ise "Hochhaus" ve "Wolkenkratzer" terimleri ile anılmaktadırlar [4].

Modern kent yaşamını oluşturan yüksek yapıların tanımı için, fikir birliğiyle uluslararası olarak kabul edilmiş bir tanım bulunmamaktadır. Yapının yüksek yapı sınıfında değerlendirilebilmesi için sahip olması gereken yükseklik veya kat sayısı standartlaşmamıştır. Mimarlık ve ilgili disiplinler tarafından farklı zaman dilimlerinde, dünyanın farklı ülke ve kentleri için çeşitli yüksek yapı tanımlarıyla karşılaşmak mümkündür.

CTBUH monografında (Council, 1978-1981) yüksek yapı, standart bir yükseklik ya da kat sayısı üzerinden tanımlamayıp yüksekliği nedeniyle farklı tasarım koşulları gerektiren yapı olarak tanımlanmaktadır. Amerika için yüksek yapı, yerel yangın yönetmeliklerine göre yangın merdivenlerinin sokak seviyesinden

ulaşabileceği yükseklik olan 6-10 kat arasıdır. Bir başka bakışla yüksek yapı, tesisat açısından farklı tasarımlar gerektiren 25'ten fazla katı olan yapılardır [5].

Yüksek yapı tek bir kategoride ele alınmayıp yükseklik bakımından 4 kategoriye ayrılır:

1. kategori 10-12 katlı yapılardır. Alışılagelmiş teknoloji içinde tasarlanıp inşa edilebilmektedirler. Bu yapıların taşıyıcı sistem, asansör ve tesisat problemleri genellikle basittir.

2. kategori 20-25 katlı yapılardır. Sistem ve tesisat problemleri daha karmaşıktır. Taşıyıcı sistemin hafifleştirilmesi gerekli olup düşey sirkülasyon için planlama oluşturulmalıdır.

3. kategori 55-60 katlı yapılardır. Çelik taşıyıcı sistem yanında betonarme ve kompozit taşıyıcı sistemlerin yapımı artmıştır. Yapıda asansörlerin gruplandırılması gereklidir ve tesisat katları oluşturulmalıdır.

4. kategori yapıları gökdelen ismiyle anılabilecek yapılardır. Taşıyıcı sistem, asansör ve tesisat sistemleri, dış cephe malzeme ve detayları, yangın önlemleri bakımından özel teknolojiler gerektirir [4].

Yüksek yapı, özel imar izinlerinin sağlanmasıyla toplam kat alanı bakımından inşa edildiği arsanın yapılaşma koşullarını aşan yapı olarak tanımlanmaktadır [6].

Geç 19. yy ve 20. yy için gökdelen, insanların konaklayabileceği, yüksekliği 35 m'den fazla olan yapıdır ve günümüzde gökdelen teriminin kullanılabilmesi için yapının sahip olması gereken minimum yükseklik artmıştır [7].

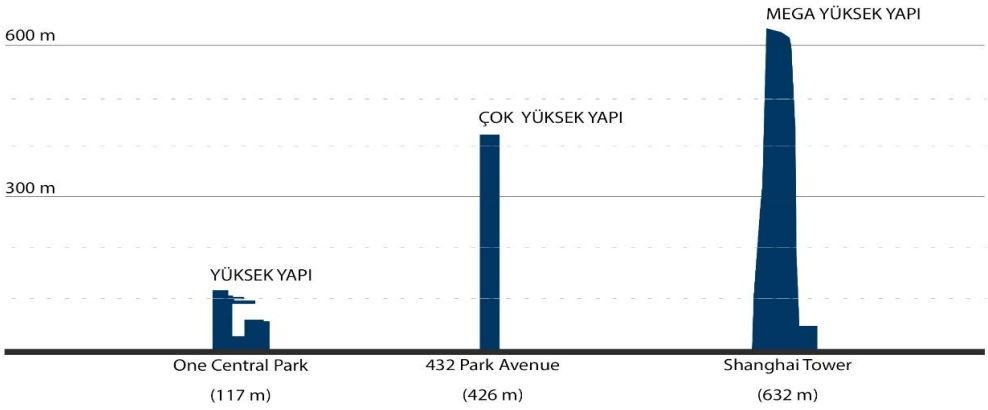
Yüksek yapı, yapının zemin oturumundan ölçülecek şekilde, mimari yüksekliği en az 100 m olan yapıdır [8].

Yüksek yapı; yapının enerji kullanımı, çevre kontrolü ve yangın güvenliği yönünden değerlendirildiğinde yüksekliği 91 m'den fazla olan yapıdır [9].

İstanbul Büyükşehir Belediyesi Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği yüksek yapıyı, tamamı yer altında olan ve binayı tümüyle kuşatan perdelere sahip bodrum katlar hariç olacak şekilde en düşük yer seviyesinden itibaren yüksekliği 60 m ve üzeri yükseklikteki yapı olarak tanımlamıştır [10].

İzmir Büyükşehir Belediyesi Yüksek Yapı Yönetmeliği yüksek yapıyı, kullanılabilir son katın tavan döşeme kotu 30.80 m'yi geçen ve/veya bodrum katı da dahil olacak şekilde toplam kat sayısı 13 üzeri olan yapı olarak tanımlamıştır [11].

CTBUH, yapı yükseliği en düşük açık hava yaya girişinden ölçülecek şekilde, 14 kat veya 50 m ve üzeri yükseklikteki yapıları "yüksek yapı (tall building)", 300 m ve üzeri yükseklikteki yapıları "çok yüksek yapı (supertall building)", 600 m ve üzeri yükseklikteki yapıları "mega yüksek yapı (megatall building)" olarak tanımlamıştır (Şekil 2.1) [12].



Şekil 2.1 Yapı yüksekliğine göre tanımlar [12]

CTBUH yapı yüksekliğini tanımlarken üç yaklaşım öne sürmektedir.

2.1.1 CTBUH'a Göre Yüksek Yapı Tanım Kriterleri

2.1.1.1 Çevre Dokuya Göre Yapının Yüksekliği

Yapının yüksekliği, bulunduğu çevre dokuya göre tanımlanabilmektedir (Şekil 2.2). Chicago veya Hong Kong gibi yüksek yapı tipolojisinin yaygın olduğu şehirlerde yüksek olarak kabul edilmeyecek bir yapı, bir Avrupa kentinde veya kırsal bölgelerde belirgin bir şekilde yüksek olarak değerlendirilebilmektedir [12].



Şekil 2.2 Çevre dokuya göre yapının yüksekliğinin tanımlanması [12]

2.1.1.2 Yapının En ve Boy Oranına Göre Yüksekliği

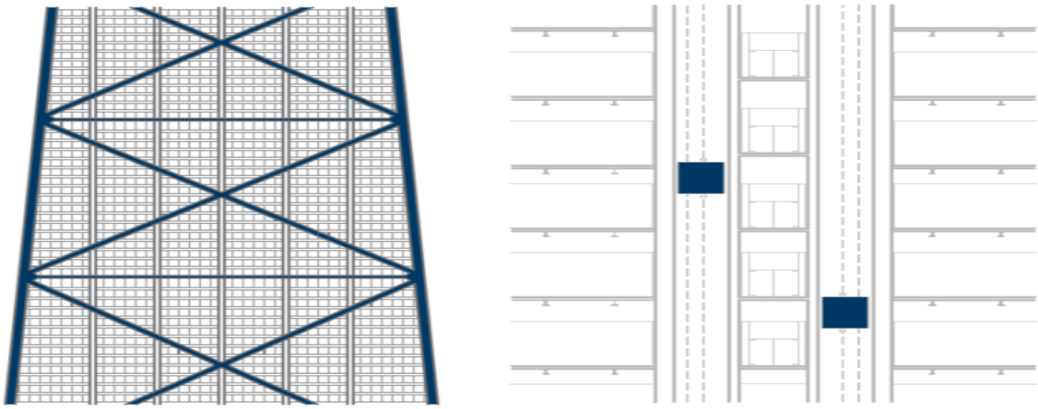
Yapı yüksekliğini tanımlarken bir diğer kriter, yapının yüksekliğini yalnızca düşeyde değerlendirmeyip oturum alanıyla ilişkilendirmektir (Şekil 2.3). Yeterince yüksek olmamasına rağmen narinliği ile yüksek yapı görüntüsü veren ve tersine aynı yüksekliğe sahip olup geniş zemin oturumu sebebiyle yüksek yapı görüntüsü vermeyen yapılar mevcuttur [12].



Şekil 2.3 Yapının en-boy oranına göre yüksekliğinin tanımlanması [12]

2.1.1.3 Teknolojik Donanıma Göre Yapının Yüksekliği

Yapının yüksek olarak tanımlanması için bir başka kriter; rüzgar çaprazları ve asansör gibi (Şekil 2.4) yüksek yapı tipolojisine uygun teknolojileri içermesidir [12].



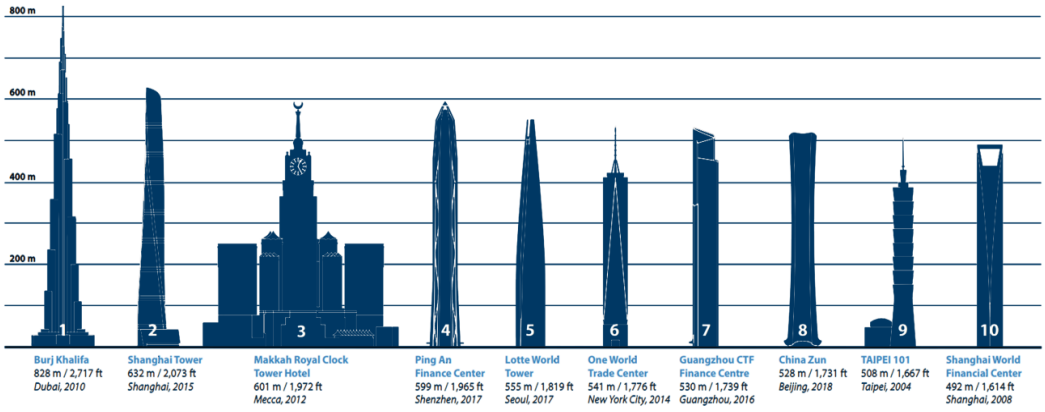
Şekil 2.4 Teknolojik donanıma göre yapının yüksekliğinin tanımlanması [12]

2.1.2 CTBUH'a Göre Yapı Yüksekliğini Ölçme Yaklaşımları

Yapı yüksekliğini ölçmede 3 farklı ölçme yöntemi tanımlanmaktadır [12].

2.1.2.1 Yapının Mimari Tepe Noktasının Yüksekliği

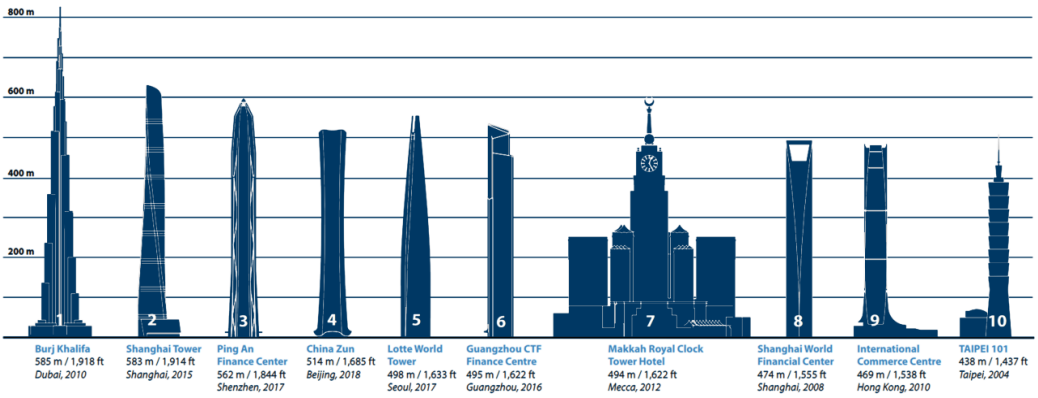
Yapının, varsa kuleleri ölçüme dahil olmak şartıyla; anten, tabela, bayrak direği ve diğer fonksiyonel elemanları haricindeki mimari tepe noktası yüksekliğinin ölçümüdür. En yaygın kullanılan ölçüm yöntemidir. Dünyanın en yüksek yapıları sıralaması bu ölçüm yöntemine göre şekildeki (Şekil 2.5) gibidir [12].



Şekil 2.5 Mimari tepe noktasına göre en yüksek 10 yapı [12]

2.1.2.2 Kullanılan En Üst Katın Döşemesinin Yüksekliği

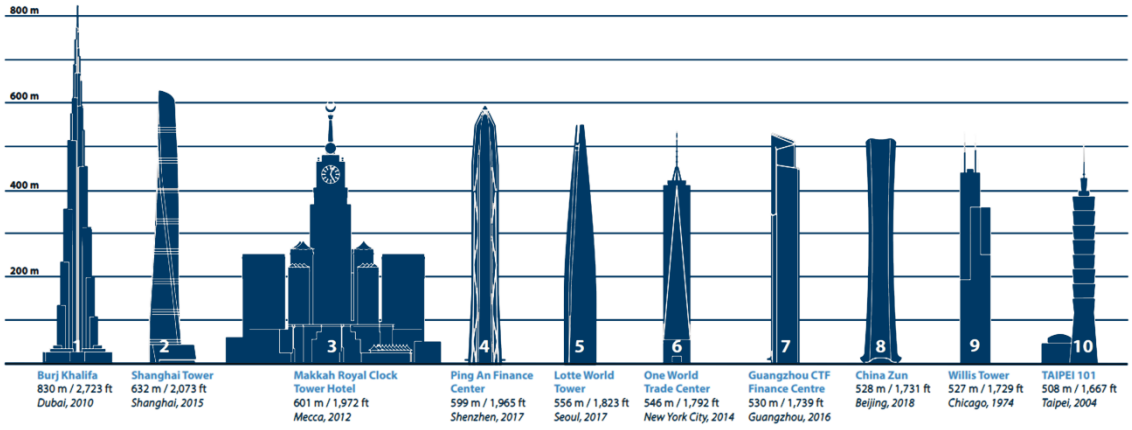
Yapının kullanılan son katının döşeme yüksekliğinin ölçümüdür. Dünyanın en yüksek yapıları sıralaması bu ölçüm yöntemine göre şekildeki (Şekil 2.6) gibidir [12].



Şekil 2.6 Kullanılan en üst katın döşemesine göre en yüksek 10 yapı [12]

2.1.2.3 Yapının Tepe Noktasının Yüksekliği

Yapının, malzeme ve işlevinden bağımsız olarak; anten, tabela, bayrak direği dahil olmak üzere tepe noktasının ölçümüdür. Dünyanın en yüksek yapıları sıralaması bu ölçüm yöntemine göre şekildeki (Şekil 2.7) gibidir [12].



Şekil 2.7 Yapının tepe noktasına göre en yüksek 10 yapı [12]

2.2 Yüksek Yapıların Tarihsel Gelişimi

Yüksek yapıların tarihçesi eski uygarlıklara dayanmaktadır. İnsanoğlu geçmişten beri sahip olduğu zenginliği, gücü ve prestiji döneminin şartlarında yaptığı yapılarda göstermek istemiş, daha yüksek, benzersiz ve sembol yapılar üretme kaygısında olmuştur. Antik Mısır'da, Firavunların eşyalarıyla birlikte gömüldüğü mezar yapıları olan ve onların yetkisini, gücünü temsil eden piramitler ilk yüksek yapı örneklerindendir. Piramitlerin bilinen en eski ve en büyük örneği Giza Platosu'nda M.Ö. 2550 yılı civarında inşa edilmeye başlandığı düşünülen yaklaşık 147 m yüksekliğindeki Keops Piramidi'dir. Keops Piramidi'nde (Resim 2.8),

ağırlıkları ortalama 2,5 ton ile 15 ton arasında değişen farklı boyutlarda taş bloklar kullanılmıştır [13].



Şekil 2.8 Keops Piramidi [14]

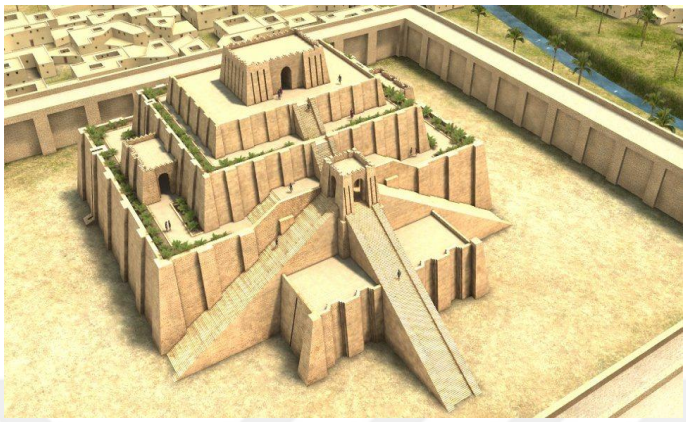
Asya'da, Budizm anıtları olarak inşa edilmeye başlanan höyük şeklindeki Hint stupaları, Budizmin M.S. 7. yy'da Tibet'e yayılmasıyla stupaların bu coğrafyada isimlendirildiği ve form kazandığı şekliyle kortenler, Budizmin M.S 67 yılında Çin'e ulaşmasıyla stupaların Çin ve Japon coğrafyasında isimlendirildiği ve form kazandığı şekliyle pagodalar diğer yüksek yapı örneklerindendir [15]. Hindistan'ın Sanchi Kasaba'sında M.Ö. 3.yy' da yapılan Büyük Stupa (Resim 2.9) Hindistan'ın en eski taş strüktürlü yapısıdır. Kaide üzerindeki yarım küre şeklindeki kubbesi tuğladan inşa edilmiştir [16]. Stupa, 37 m genişliğinde 17 m yüksekliğindedir. Yapı, UNESCO tarafından 1989 yılında Dünya Miras Listesine alınmıştır [17].



Şekil 2.9 Büyük Stupa [17]

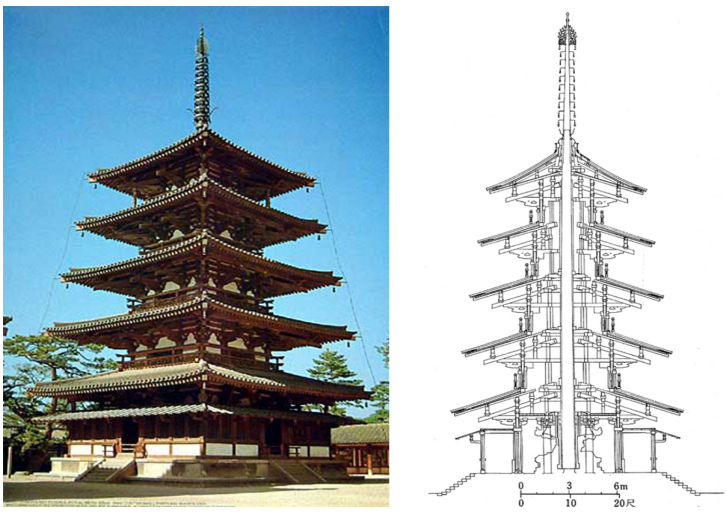
Mezopotamya coğrafyasında inşa edilen, dünya ile cennet arasındaki bağlantıyı temsil ettiği düşünülen Zigguratlar M.Ö. 2200-500 yılları arasında inşa edilen antik dönemin diğer yüksek yapılarıdır. Zigguratlar her bir katı alttakinden küçük olacak

şekilde inşa edilmişlerdir [18]. M.Ö. 21. yy'da inşa edilen Ur Zigguratı'nın (Büyük Ziggurat) (Şekil 2.10), tabanı 60 m - 45 m boyutlarında kerpiçten olup ilk katının yüksekliği 15 m'dir. İkinci katı 6 m, üçüncü katı ise 3 m yüksekliğinde inşa edilmiş ve en üstte tapınak planlanmıştır [19].



Şekil 2.10 Ur Zigguratı [20]

Gojyu-no-to Pagodası, (Şekil 2.11) 607 yılında Horyuji Tapınağı'nda inşa edilmiştir. 32 m yüksekliğinde olup Japonya'daki en eski ahşap yapıdır. Japon coğrafyasında sık meydana gelen deprem yüklerine karşı yapının rijitliğini sağlamak için yapıda merkezi olarak yerleştirilmiş selvi ağacından bir sütun yapılmıştır. Horyuji Tapınağı, 1993 yılında UNESCO tarafından Dünya Miras Alanı olarak tescillenmiştir [21].



a) b)

Şekil 2.11 a) Gojyu-no-to Pagodası [21] b) Kesit [21]

İslam coğrafyalarındaki minareler, koruma ve gözetleme amaçlı yapılmış kuleler, Rodos Heykeli, İskenderiye Feneri, Meksika'daki Maya Tapınakları, Babil Kulesi, özellikle Gotik mimari tarzda inşa edilmiş katedraller, Yemen'de Haraz Dağların'nda kesme taştan yapılmış kule biçimli evler diğer yüksek yapı örneklerindendir [22].

2.2.1 Modern Anlamda Yüksek Yapı

18.yy'da İngiltere'de ortaya çıkıp zamanla tüm dünyayı etkisi altına alan Sanayi Devrimi, modern anlamda yüksek yapıların ortaya çıkışını tetikleyen en önemli etkenlerden birisidir. Sanayi devrimi ile üretimde makine kullanımı artmış ve seri üretim dönemine geçilmiştir. Mimaride yeni yapı malzemelerinin, teknolojilerinin gelişmesi hız kazanmış, daha ekonomik üretimler mümkün kılınmış ve üretimde standartlaşma sağlanmıştır.

Sanayi ve ticaretin getirisi olarak kent merkezlerinde iş hacminin büyümesi, ekonomik faaliyetlerin yoğunlaştığı kent merkezlerine karşı talebin artması, kentlerdeki hızlı nüfus artışının getirdiği barınma için mekan üretme zorunluluğu, talep artışıyla yükselen arsa fiyatları, şirket ve fabrikaların yönetim merkezlerini oluşturacak ofis alanı ihtiyacı, kapitalizmin getirisi olarak çalışanları aynı iş alanında toplayabilme isteği yüksek yapı fikrini doğurmuştur. Yüksek yapılar, 19.yy'dan itibaren ise modern anlamda bir yapı tipolojisi haline gelmiş ve kent dokusu içinde daha çok yer almaya başlamışlardır. Yüksek yapıların ortaya çıkışındaki temel itici güç, kentlerin yaşadığı bu sosyoekonomik dönüşümdür. Bu yapı tipolojisi, Chicago ve New York merkezli gelişmiştir.

Önceden vapurlar vasıtasıyla ulaşım sağlanan Chicago'da 1848 yılında demiryolu hattı kurulmuş ardından Amerika'da doğu-batı yönlü uzanan demiryollarının sayısı artmaya başlamıştır. Eskiden güneydeki kanal şehirlerinde olan ticari üstünlük demiryoluyla birlikte Chicago merkezli olacak şekilde doğu-batı doğrultusunda gelişmeye başlamıştır. Demiryolu ulaşımının bölgeye gelmesiyle ve bölgedeki demir ile kömür madenlerinin devreye girmesiyle ortaya çıkan ekonomik verimliliğinin bir sonucu olarak bölge pazar yerine dönüşmüştür. Oldukça yoğun bir sanayileşme görülmeye başlamış bir yandan da yatırımcılar tarafından Chicago ve çevresine yatırımlar yapılmıştır. Chicago kısa süre içinde ulaşım ve ticaret merkezine dönüşmüş ve nüfusunu hızla artırmıştır. Avrupa'dan göç almaya

başlayan Chicago'nun 1837'de 4000 olan nüfusu 1860' da 109.000' e, 1890'da 1 milyona, 1920'da 2,2 milyona ulaşmıştır [23], [24].

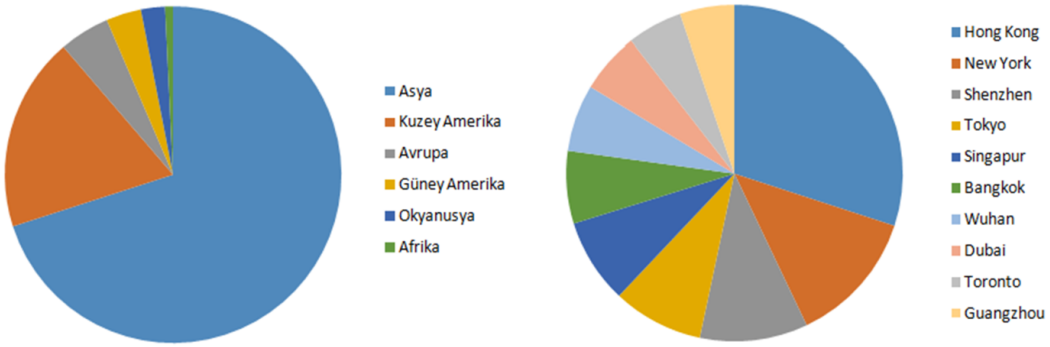
New York ise 1820' lerde ülkenin bankacılık ve finans merkezi haline gelmiştir. 1850' lerde Avrupa'dan gelen malların giriş limanı olarak hizmet vermeye başlamış ve ülkenin ithalat-ihracat merkezi olmuştur. 1871 yılında gerçekleşen Büyük Chicago Yangını'nda (Resim 2.12) ise yangın şehir nüfusunun yaklaşık üçte birini evsiz bırakıp neredeyse 2.100 dönüm alanı yerle bir etmiştir. Aynı zamanda çıkan yangın varolan ahşap yapım tekniğinin yangın performansının değerlendirilmesi için bir fırsat olmuştur. Şehir merkezindeki yapıların çoğunun yok olmasıyla şehir, 1880' lerin başında yeniden inşa edilmeye başlanmıştır [25].



Şekil 2.12 Büyük Chicago yangını sonrası Chicago kenti [26]

Dönemin haftalık New York gazetesi The Albion'da; geleceğin Chicago'sunun geçmişten çok daha güzel olacağı; tahtadan değil, taştan, tuğladan ve demirden bir şehir olacağı yazılmıştır [27].

Ortaya çıktıkları ve geliştikleri yer dolayısıyla yüksek yapılar, "Amerikan yapı tipi" olarak adlandırılsalar da günümüzde özellikle Çin, Kore, Japonya, Malezya gibi Asya ülkeleri'nde ve Türkiye de dahil olmak üzere tüm dünyada inşa edilmektedirler (Şekil 2.13) [28].



a) b)

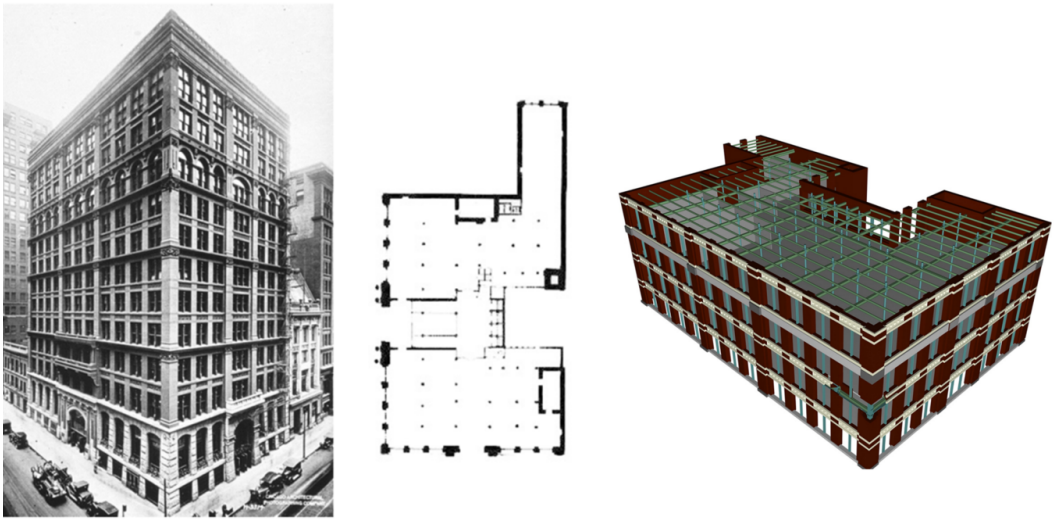
Şekil 2.13 a) Yüksek yapıların kıtasal dağılımı b) En çok yüksek yapıya sahip şehirler [29]

Yüksek yapıların tarihsel gelişimi için; Fonksiyonel (1880-1900), Eklektik (1900-1920), Art Deco (1920-1940), Modern (1950-1970), Süper Yüksek (1965-1980), Post Modern (1980-günümüz) ve Çağdaş (1985-günümüz) olmak üzere 7 dönem tanımlanmaktadır. Fonksiyonel dönem (1880-1900), ilk yüksek yapı örneklerinin görüldüğü dönemdir. Bu dönem yapıları daha çok anıtsaldır [30].

Erken yüksek yapıların gelişmesindeki itici güç ekonomi olmuştur. Ofis alanlarını düşeyde sıralayarak kira getirisini artırmak ve bunu mümkün olduğunca doğal ışıktan faydalanarak gerçekleştirmek hedef olmuştur. Fonksiyonel dönemde, yapısal eleman olarak daha düşük enkesite sahip olup cephede daha geniş açıklıkların yapılmasını mümkün kılacak, kat alanı kullanım verimliliğini artırabilecek yeni bir teknoloji olarak çerçeve teknolojisi uygulanmaya başlanmıştır [31]. Çelik çerçeve teknolojisi, 1880-1910 yılları arasında Chicago'da özellikle ticari binalarda görülen, modern mimari estetiği yansıtan "Chicago Okulu" adı verilen akıma öncü olmuştur [3]. Chicago Akımı etkisindeki fonksiyonel dönemin yüksek yapıları, yapı strüktürünün ve işlevinin ifadesiyle ilgilenmişlerdir. Fonksiyonel döneme hakim Chicago Okulu akımı, özellik olarak yapıdaki süsleme miktarını azaltıp daha geniş saydam alanlara yer vermeyi önermiştir. William Le Baron Jenney, Martin Roche, John Wellborn Root, Henry Hobson Richardson, Dankmar Adler, Daniel Burnham, William Holabird, Louis Sullivan, Frank Lloyd Wright akımın mimarlarıdır.

Birçok Chicago Okulu yüksek yapısı, klasik bir sütunun mimarisindedir. Giriş katları kaide gibi konumlanmıştır. Yapının cephesi, sütun gövdesi gibi yükselmektedir ve son katlar dekoratif ayrıntı verilmiş sütun başlığı bitişini temsil etmektedir [22]. 1885 yılında Chicago'da William Le Baron Jenney tarafından inşa edilen 55 m yüksekliğinde 12 katlı Home Insurance Building (Resim 2.14) yapısal çelik çerçevenin ilk kez kullanıldığı yapıdır [1].

Metal konstrüksüyonu ilk kez kullanma kriterine göre değerlendirilirse ilk yüksek yapı Home Insurance Building sayılmaktadır [7].



a) b) c)

Şekil 2.14 a) Home Insurance Building [32] b) Zemin kat planı [32]

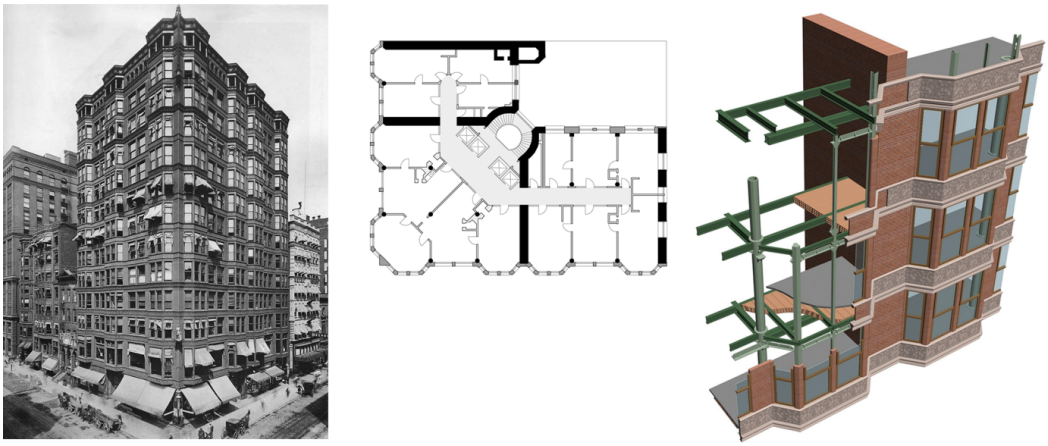
c) Taşıyıcı sistem modeli [33]

Home Insurance yapısında dökme demir kolon, dövme demir kutu kolon, dövme demir ve çelik kirişler cıvatalı birleşimlerle kullanılmıştır. Yapısal çelik çerçeve sayesinde taşıyıcı duvarlarla yapılmış aynı kat sayısına sahip yapıya kıyasla daha hafiftir [1]. Yapı, çelik çerçeve kullanılarak yapılmış olmasına rağmen aynı zamanda kargir duvarlar da içerir.

William Le Baron Jenney'in öğrencileri William Holabird ve Martin Roche, çelik çerçeve teknolojisine terracotta kaplama tekniğini getirerek, iskelet-giydirme tekniğini 1887 yılında inşa edilen Tacoma Building'de (Şekil 2.15) kullanmışlardır. Çerçeve sistem ile kaplama arasında tamamlayıcı bir ilişki ortaya koymuşlardır [25].

Taşıyıcı çelik çerçeve teknolojisiyle yapının ağırlığı hafiflemiş ve çerçeveye giydirilen kaplamayla çelik taşıyıcı korozyona karşı korunmuştur.

Yapıda yanal yüklere karşı rijitlik sağlamak için dört adet kargir duvar tasarlanmıştır. 50 m yüksekliğinde 13 katlı ticari fonksiyonlu yapıda 4 adet asansör vardır [34].



a) b) c)

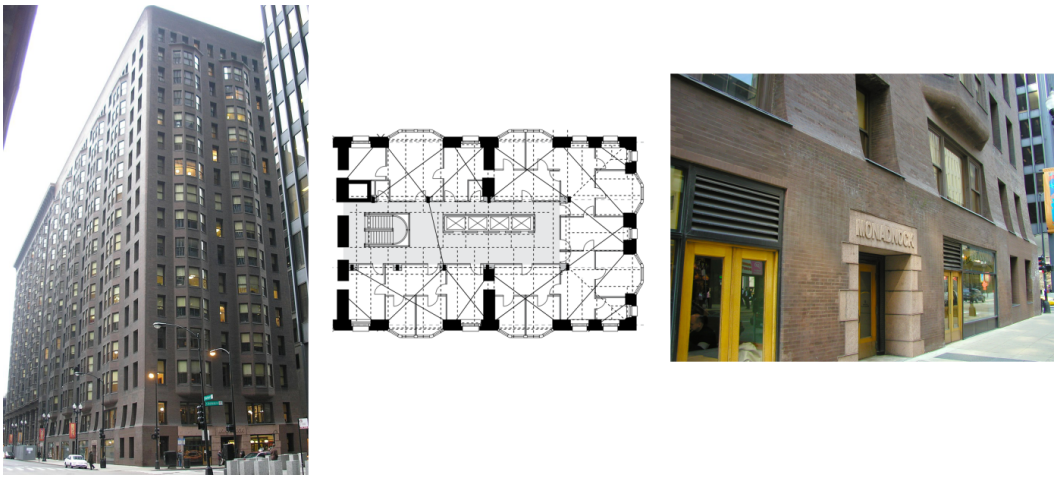
Şekil 2.15 a) Tacoma Building [34] b) Tipik kat planı [34]

c) Taşıyıcı sistem cephe etkileşimi [33]

Duvarların taşıyıcı olduğu kargir yapım tekniğinin sınırları, 1891 yılında Chicago'da yapılan Monadnock Building (Şekil 2.16) yapısında ortaya konulmuştur. 64 m yüksekliğe ulaşan 16 katlı yapı, kargir yapım tekniğinin ulaşabildiği en yüksek noktadır. Zemin kattaki taşıyıcı duvar kalınlığı 2.13 m'ye ulaşmaktadır. Taşıyıcı kargir duvarlar yapının yangın dayanımını olumlu yönde etkilese de yapının ölü yükünü önemli ölçüde artırmaktadır [1].

2.13 m gibi oldukça geniş enkesite sahip bu duvarlar, yapıda kat alanı kullanım verimliliğini düşürmektedir. Kagir duvarlarda açılabilen dar pencere açıklıkları yüksek yapılar için oldukça önemli olan doğal ışıktan faydalanma miktarını düşürmektedir.

Yüksek yapılar birer yatırım aracı olarak düşünüldüğünde kat alanının verimli kullanılamaması ve yapının doğal ışıktan yeterince faydalanması yapının ekonomik verimliliği için olumsuzdur.



a) b) c)

Şekil 2.16 a) Monadnock Building [35] b) 8. Kat planı [36]

c) Kalın taşıyıcı duvarlar [37]

1895 yılında Chicago'da DH Burnham & Company tarafından inşa edilen 61,5 m yüksekliğindeki 15 katlı Reliance Building (Resim 2.17), tamamı yapısal çelik çerçeveden inşa edilen ve cam cephenin kullanıldığı ilk yapıdır [38], [33].



a) b) c)

Şekil 2.17 a) Reliance Building [39] b) İnşaat aşaması görseli [40]

c) Taşıyıcı sistem modeli [33]

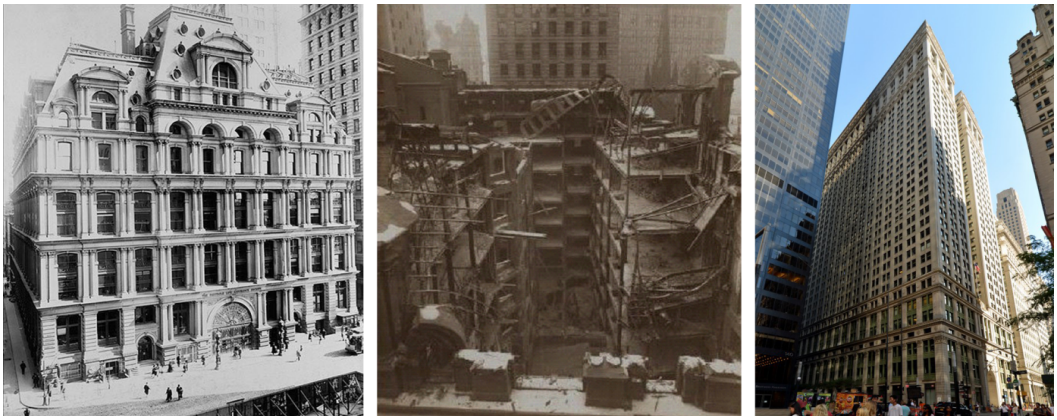
Çerçeve sistem ile birlikte yüksek yapıların tasarım ve uygulamalarını mümkün kılan gelişmelerden bir diğeri asansör teknolojisindeki gelişmedir. Bu gelişme, 1852 yılında Elisha Graves Otis tarafından asansörlerde hidrolik güvenlik freninin icat edilmesiyle gerçekleşmiştir. 19.yy ortalarında, buhar ve su gücüyle çalışan asansörler olsa da asansörleri yolcular için güvenlikli bir şekilde üretmek fren

sistemindeki gelişmelerle mümkün olmuştur. Böylece asansör halatının zarar görmesi ya da kopması durumunda hidrolik frenler sayesinde kabinin askıda kalma güvencesi sağlanmıştır [41].

Emniyetli asansör teknolojisi, üst katlara ulaşımı kolaylaştırarak ve hızlandırarak daha yüksek yapıların üretimine imkan sağlamıştır. Düşey ulaşılabilirlik yapı yüksekliğini sınırlandırıcı bir neden olmaktan çıkmıştır.

Asansör teknolojisini ilk kez kullanma kriterine göre değerlendirilirse ilk yüksek yapı, 1870 yılında New York Manhattan'da inşa edilen 43 m yüksekliğindeki 7 katlı Equitable Life Assurance Building'tir (Şekil 2.18) [7]. Ticari ofis fonksiyonlu olarak kullanılan yapı, çelik çerçeve sistem ve cephede çerçeveye giydirilen taş kaplama tekniğiyle yapılmıştır [42].

1912 yılında çıkan yangınla tamamen göçen yapının yerine, 1915 yılında 164 m yüksekliğinde 40 katlı çelik strüktürlü Equitable Building inşa edilmiştir. Equitable Building tamamlandığında dünyanın en büyük ofisi unvanını almıştır. Yapının çevre doku üzerindeki büyük gölgeleme etkisi nedeniyle New York'ta binaların yükseklik ve hacim düzenlemesini sağlamak üzere 1916 yılında imar kararı kabul edilmiştir [43].



a) b) c)

Şekil 2.18 a) Equitable Life Assurance Building [44]

b) Yangın sonrası görseli [44] c) Equitable Building [45]

Eklektik Dönem (1900-1920), Gotik ve Rönesans gibi tarihsel üslupların görüldüğü dönemdir. Metropolitan Life Tower (New York, 1909) (Şekil 2.19a), Woolworth Building (New York, 1913) (Şekil 2.19b), Flatiron Building (New York, 1903)

(Şekil 2.19c) dönemin özelliklerini gösteren heykelsi formlarıyla dikkat çekmektedir [30].



a) b) c)

Şekil 2.19 a) Metropolitan Life Tower [46] b) Woolworth Building [47]

c) Flatiron Building [48]

Art Deco Dönem (1920-1940), kübizm ve dışavurumculuk gibi daha çekici ve abartılı süslemelerin olduğu dönemdir. Chrysler Binası (New York, 1930) (Şekil 2.20a), Empire State Building (New York, 1931) (Şekil 2.20b), Rockefeller Centre (New York, 1932) (Şekil 2.20c) dönemin dikkat çeken yüksek yapılarındandır [30].



a) b) c)

Şekil 2.20 a) Chrysler Building [49] b) Empire State Building [50]

c) Rockefeller Building [51]

Modern Dönem ya da Uluslararası Dönem (1950-1970), Avrupa'da gelişip Amerika'ya yayılan, süslemenin tamamen yok olduğu ve formun saflığının ortaya çıkarıldığı dönemdir [30].

Bu dönemde Mies van der Rohe tasarımı 860-880 Lake Shore Drive Apartments yapılarında olduğu gibi (Chicago, 1952) (Şekil 2.21) çatı bitişi düz olan monolitik kutu formunda yüksek yapılar inşa edilmiştir. Yapısal çelik çerçevelerin cephe boşlukları cam pencerelerle doldurularak cephe görüntüsü tamamlanmaktadır [32].



a) b) c)

Şekil 2.21 a) Lake Shore Drive Apartments [52] b) Tipik kat planı [52]

c) İnşaat aşaması görseli [53]

Modern Dönemin yüksek yapılarında form, daha teknolojik ve rasyonel bir şekilde ifade edilmiştir. Büyük Buhran ve İkinci Dünya Savaşı ile birlikte ise yüksek yapı üretiminde bir azalma yaşanmıştır. Bu döneme kadarki yüksek yapılarda yaygın taşıyıcı sistem teknolojisi çelik çerçeve sistemken bilgisayar teknolojisinin de kullanılmaya başlanmasıyla taşıyıcı sistem teknolojisinde gelişmeler yaşanmıştır.

Fazlur Khan'ın geliştirdiği tübüler taşıyıcı sistem teknolojisi; yakın aralıklı çevre kolonların planlanmasıyla yatay yüklere karşı daha rijit, kabuk ve çekirdek arasında ise verimli kat planı kullanımı yaratan bir sistem olmuştur ve süper yüksek dönemin başlangıcını sağlamıştır.

Süper Yüksek Dönem (1965-1980), birçok yeni yapısal sistemin tanıtıldığı güvenlikten ödün vermeden ekonomik açıdan rekabetçi yapıların arttığı dönemdir. John Hancock Center (Chicago, 1969) (Şekil 2.22a), World Trade Center (New

York, 1972) (Şekil 2.22b), Transamerica Pyramid (San Francisco, 1972) (Şekil 2.22c) tasarım ve inşaat teknolojisindeki gelişmeleri vurgulamaktadır [30].



a) b) c)

Şekil 2.22 a) John Hancock Center [54] b) World Trade Center [55]

c) Transamerica Pyramid [56]

Postmodern Dönem (1980 - günümüz), modern dönemde yer alan saf kutu gibi formların, metal ve cam malzemenin grid şekilli tasarımların aksine eğriselliğinin, yeni geometrik şekil denemelerinin görüldüğü dönemdir. Yapının bitiş noktaları kule biçiminde veya basamaklı olacak şekilde belirgin biçimde planlanmıştır.

Postmodern dönemin yüksek yapıları, modern mimarinin tarihsel üsluplarla birlikte düzenlenmesini içerir. Özellikle Asya'da inşa edilen yüksek yapılarda ülkenin kendi bölgesel mimari yaklaşımını kullanma eğilimi dikkat çekmektedir.

Jin Mao Building (Pudong, 1997) (Şekil 2.23a), Taipei 101 Building (Taipei, 2004) (Şekil 2.23b), pagoda mimarisini anımsatır şekilde tasarlanmıştır.

Shangai World Trade Center (Shangai, 2008) (Şekil 2.23c), yapıya etkiyen rüzgar yüklerinin kontrol edilmesi için aerodinamik tepe açıklığına sahiptir [30].



a) b) c)

Şekil 2.23 a) Jin Mao Building [57] b) Taipei 101 [58] c) Shangai World Trade Center [59]

Çağdaş Dönem (1985-günümüz), yüksek yapıların çevresel koşullar dikkate alınarak burgulu form gibi özgün mimari tercihler ile tasarlandığı dönemdir. Swiss Re Building (Londra, 2003) (Şekil 2.24a), Bank of China (Hong Kong, 1989) (Şekil 2.24b), Petronas Towers (Kuala Lumpur, 1999) (Şekil 2.24c), çağdaş dönem yüksek yapılarındandır [30].



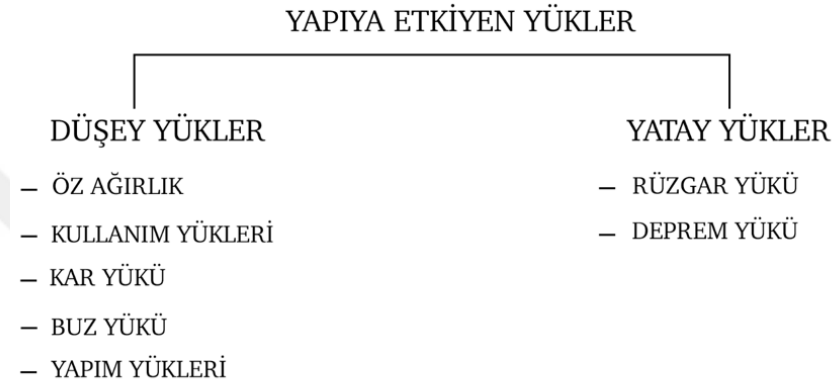
a) b) c)

Şekil 2.24 a) Swiss Re Building [60] b) Bank of China [61]

c) Petronas Towers [62]

2.3 Yüksek Yapı Tasarımına Etkiyen Yükler

Gelişen teknoloji, yeni yapım teknikleri ve yüksek mukavemetli yapı malzemeleri, yapı yüksekliklerinin daha çok artmasını mümkün kılarken aynı zamanda yükseklikteki her artış yeni zorluklar getirip daha fazla mühendislik probleminin çözülmesini gerektirmektedir. Yüksek yapılar için yapıya etkiyen karakteristik yüklerin (Şekil 2.25) dağılımının ve yapıda ortaya çıkardığı etkilerin çalışılması, tasarım ve uygulamaların bu bilgiler ışığında yapılması oldukça önem arz etmektedir.



Şekil 2.25 Yapıya etkiyen yükler

Yapıya etkiyen yükler; yapının tasarımında göz önünde bulundurulması ve hesaplanması gereken, kullanım ömrü boyunca yapıyı etkileyebilecek çeşitli fiziksel etkilerdir. Bu fiziksel etkiler, yatay ya da düşey yönlü olarak yapıyı etkisi altına alabilir [63].

2.3.1 Düşey Yükler

2.3.1.1 Ölü (Kalıcı) Yükler

Ölü (kalıcı) yükler, yapının öz ağırlığını ifade eder. Kullanım ömrü boyunca yapı üzerinde kalacak yükler olarak tanımlanmaktadır. Yapının; kolon, kiriş, duvar, döşeme, çatı, merdiven, dış cephe giydirme sistemleri gibi taşıyıcı olan ve olmayan tüm elemanlarının ağırlıkları yapının ölü (kalıcı) yükünü oluşturur [63], [64]. Ölü (kalıcı) yükler, yapının tasarım aşamasında en az hatayla hesaplanabilen yüklerdir [65]. Yığma yapım sisteminin sınırları görüldükten sonra çerçeve sistemin kullanılmaya başlanmasıyla yüksek yapının ölü yükü azalmıştır. Fakat bir diğer

yandan yüksek yapı, hafifliği ve narinliği nedeniyle rüzgar, deprem gibi yatay ve dinamik yüklere karşı daha hassas hale gelmiştir.

Yüksekliğinin en küçük plan boyutuna oranı olarak ifade edilen narinlik oranı yüksek yapılarda 1:9'a kadar yükselebilmektedir. Yapının narinliğinin kontrol edilmesi; salınımın belli sınırlar içinde kalması, yapının güvenle kullanılabilmesi ve kullanıcının konforunun sağlanması bakımından oldukça önemlidir [66]. Yüksek yapıların yapabileceği salınım miktarı, genellikle (salınım miktarı=yapının yüksekliği / 500) olacak şekilde (Δ=h / 500) hesaplanmaktadır [67].

2.3.1.2 Hareketli Yükler

Hareketli yükler, kullanım ömrü boyunca yapı üzerinde sürekli şekilde kalmayacak yükler olarak tanımlanmaktadır [65].

Tasarım aşamasında taşıyıcı sistem üzerindeki etkileri ölü yükler kadar kesin belirlenemese de yapının maksimum doluluk durumu göz önünde bulundurularak yaklaşık bir şekilde tahmin edilebilmektedir. Yapının fonksiyonuna ve yapıldığı bölgeye bağlı olarak belirlenebilen yüklerdir [68].

2.3.2 Yatay Yükler

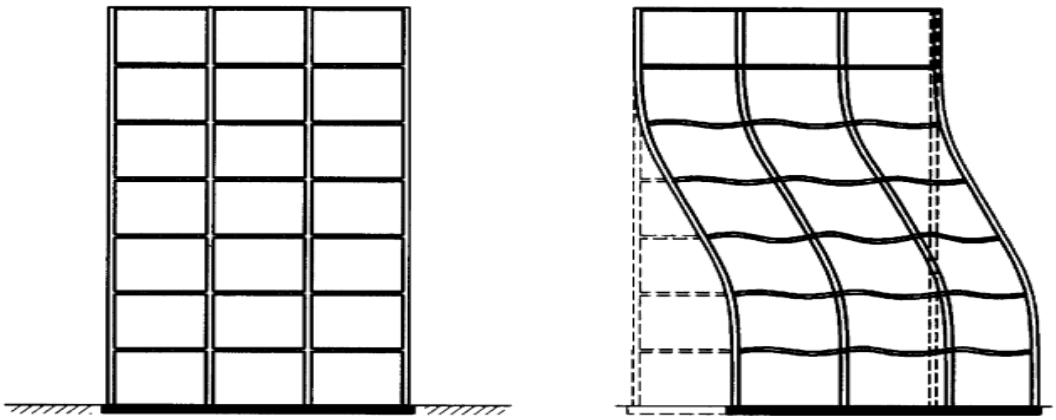
2.3.2.1 Deprem Yükü

Yer kabuğunu oluşturan katmanlar hareket halindedir. Hareketleri sırasında yarattıkları tektonik etkiyle, fay yırtıkları boyunca ani şekilde belli periyotlarda deprem adı verilen enerji dalgaları oluştururlar. Ortaya çıkan bu enerji dalgası, yapı temeline etkiyerek yapıda deprem yükünü oluşturur [1].

Deprem yükü, yapıyı sadece yatay yönde ve birbirine dik iki eksende etkilemektedir. Yapının deprem yükü altındaki davranışı titreşim problemi şeklindedir. Yapıya etkiyen deprem yükü, yapının ani yer sarsıntısına verdiği dinamik tepkiyle ölçülmektedir.

Deprem yükü yapıyı, yapının oturduğu zemin vasıtasıyla temelinden etkileyerek üst katlarda deformasyonlar oluşmasına neden olmaktadır (Şekil 2.26).

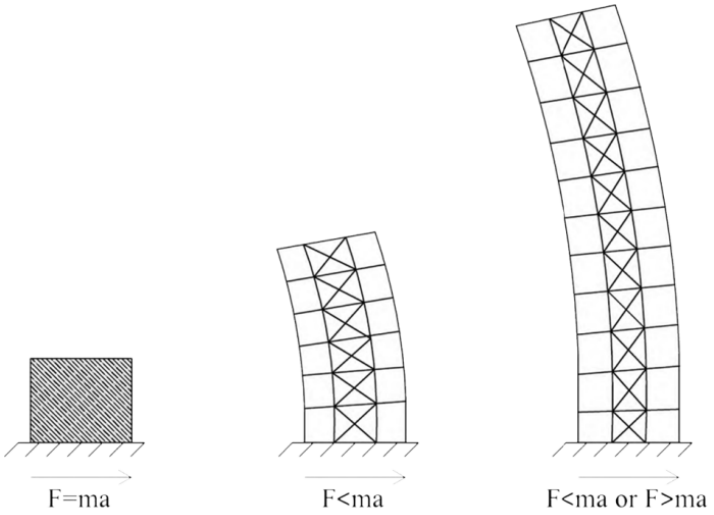
Başka bir deyişle yapının hasarı, deprem kuvvetinin yarattığı salınım sonucu yapıda bir iç kuvvet olarak ortaya çıkan atalet kuvveti sebebiyle olmaktadır [67].



a) b)

Şekil 2.26 a) Deprem öncesi yapı pozisyonu [67] b) Dinamik etkiler nedeniyle yapı pozisyonunun değişimi [67]

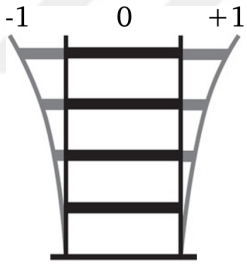
Deprem yüküne karşı yapıda ortaya çıkan atalet kuvveti (F); yapının kütlesine (m) ve yerin ivmesine (a) bağlıdır. Rijit yapılarda yapının ivmesi ve zeminin ivmesi eşittir. Bu durumda kuvvet (F=m.a) 0 olarak hesaplanır (Şekil 2.27). Fakat pratikte yapı, sünekliği sebebiyle yük altında deforme olarak belli miktardaki enerjiyi sönümleyebilir. Böylece oluşan kuvvet (F), yapının kütlesi ve yerin ivmesinin çarpımından (F<m.a) küçük olur. Yapının yüksekliğinin artmasıyla salınımı artacağı için, ivmesinin de yüksek olmayan yapılara göre daha düşük olması (F<m.a) beklenmektedir. Ancak yapının periyodu ile zeminin periyodu yakınsa uzun süreli depremlerde kuvvet, yapının kütlesi ile yer ivmesinin çarpımından (F>m.a) büyük olabilmektedir [67].



Şekil 2.27 Yapının deprem sırasındaki hareketi [1]

Yani denebilir ki, yapıda deprem yüküne karşı oluşan atalet kuvvetinin ve sonucundaki yer değiştirmelerin büyüklüğü ile bu yüklerin yapıdaki dağılımı; yapının karakteri, yapının temelinin karakteri ve yapının oturduğu zeminin karakteri ile ilişkilidir [67]. Yapının karakteri bağlamında; yapının kütlesi ve süneklik düzeyi yapıya etkiyen deprem yükünü değiştirmektedir. Yapının kütlesindeki artış yapıya etkiyen deprem yükünü artırır. Yapının kütlesi ve süneklik düzeyi; yapıda kullanılan taşıyıcı sistem, bu sistemde kullanılan detaylar, malzeme tercihleri ile ilgilidir.

Her yapının doğal bir titreşim periyodu vardır. Bununla birlikte rüzgar ya da deprem gibi yatay yükler yapıya etkidikçe ve bu etki altında yapının tepe noktası hareket ettikçe yapı, rüzgarın sürükleme etkisiyle nötr pozisyonundan uzaklaşıp hafifçe yana eğilir. Yapının tepe noktası belirli bir mesafe yer değiştirdikten sonra nötr pozisyonuna geri dönüp aksi yönde aynı eğilmeyi yapar ve ardından tekrar nötr pozisyonundan geçer (Şekil 2.28). Binanın tam bir salınım yaptığı bu süre yapının periyodu olarak adlandırılmaktadır. Yapı, durana kadar bu salınımına devam etmektedir.



Şekil 2.28 Yüksek yapının salınımı [65]

214 - 427 m yükseklik aralığındaki çelik yüksek yapılarda yapının periyodu 10-15 sn, 10 katlı beton veya kargir yapılarda ise yapının periyodu 0,5-1 sn aralığında olmaktadır [67]. Yapının yüksekliğinin artması periyodunu artırmaktadır. Aynı zamanda yapının oturduğu zeminin de, sınıf ve kalitesine bağlı olarak belli bir periyot değeri vardır. Zemin raporları ile elde edilen arazinin etkin ivmesi, yapıya etkiyen deprem yükünü değiştirmektedir. Yumuşak zeminlerin periyodu yüksekken, sert zeminlerin periyodu küçüktür. Burada yapının oturduğu zeminin periyodunun (Tzemin) ve yapının kendi doğal titreşim periyodunun (Tyapı) çakışmaması oldukça önemlidir. Yapının kendi doğal titreşim periyodu ile oturduğu

zeminin periyodunun çakışması durumunda ise (Tyapı=Tzemin) yapıda rezonans (sürekli titreşim) kavramı ortaya çıkmaktadır. Rezonansa girmiş bir yapının yer değiştirmesi sonsuza gitme eğilimi gösterecektir ve üzerinden yük kalksa dahi titreşim devam edecektir. Dolayısıyla, yüksek yapıların sert zeminlerde, yüksek olmayan yapıların ise yumuşak zeminlerde yapılması gerekmektedir.

2.3.2.2 Rüzgar Yükü

Rüzgar yükü yüksek yapı tasarımında, tasarımı etkileyen oldukça kritik bir yüktür. Yapı ağırlığındaki artış yapıya etkiyen deprem yükünü artırmakta, yapı yüksekliğindeki artış ise yapıya etkiyen rüzgar yükünü artırmaktadır [1].

Yapının ölü yükü veya etkisi tahmin edilebilir olan hareketli yükün aksine rüzgar, yapıya ani ve şiddeti değişken biçimde etkir. Bu ani değişimlerin yapı üzerindeki etkisi büyüktür [68]. Bu anlamda yüksek yapılar üzerindeki rüzgar yükü deprem yüküne kıyasla daha kritik bir yük olarak karşımıza çıkmaktadır.

2.4 Rüzgarın Oluşum Şekli ve Tasarıma Etkiyen Rüzgarlar

Atmosfer içerisindeki farklı yüzeyler farklı termal özelliklere sahiptir. Dolayısıyla güneşten gelen ısı, atmosfer içerisindeki her noktada eşit derecede sıcaklık artışına sebep olmamaktadır. Sıcaklık farklılıkları da atmosferde farklı basınç bölgeleri yaratmaktadır. Sıcaklık ve basınçtaki bu farklılıklar nedeniyle bölgeler arasında hava akımı oluşmaktadır. Daha sıcak bölgede yükselen hava daha soğuk bölgeye doğru akmakta ve rüzgar oluşmaktadır [69], [70]. Farklı bir deyişle rüzgar, yüksek basınç alanından alçak basınç alanına doğru akan hareket halindeki hava akımıdır. Yer değiştiren bu hava akımı Corriolis kuvvetinden ve yeryüzü ile akışkan hava arasında oluşan sürtünme kuvvetinden etkilenir [71].

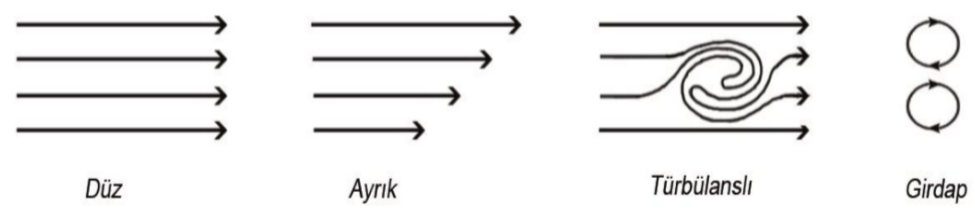
Yüksek yapı tasarımında etkili rüzgarlar; hakim rüzgarlar (alize rüzgarı), mevsimlik rüzgarlar ve yerel rüzgarlar olmak üzere 3 tipte sınıflandırılmaktadır:

Hakim rüzgarlar, alçak basınçlı ekvator kuşağına doğru hareket eden rüzgarlardır. Yüzeye yakın harekete sahiptirler. Kuzey yarımkürede ekvatora doğru esen kuzey rüzgarı, dünyanın dönüşü ile sapmaya uğrayarak kuzeyde kuzeydoğu alize rüzgarına (poyraz) dönüşür. Güney yarımküredeki rüzgar karşılığı güneydoğu alize rüzgarıdır. Kara üzerindeki hava, bitişiğindeki okyanus üzerindeki havaya göre

yazın daha sıcak, kışın ise daha soğuktur. Yaz aylarında kıtalar, daha serin olan okyanuslardan esen rüzgarla düşük basınç bölgesi haline gelmektedir. Kışın ise kıtalar, daha sıcak olan okyanuslara doğru esen rüzgarla yüksek basınç bölgesi haline gelmektedir. Mevsimsel rüzgarlar, bu sıcaklık farkının getirdiği basınç değişiklikleri kaynaklıdır. Yerel rüzgarlar ise sıcaklık ve basıncın günlük değişimlerinden kaynaklı, bölgesel olaylarla alakalı etki alanı daha dar rüzgarlardır. Kasırga ve gök gürültülü fırtınaları içerir. Daha engebeli arazilerde meydana gelerek vadi ve dağ esintilerine sebep olur [67].

2.4.1 Rüzgar ve Yüksek Yapı Etkileşimi

Düzgün (laminer), ayrık, türbülanslı ve girdap şeklinde olmak üzere 4 temel hava akımı şekli (Şekil 2.29) vardır [70].

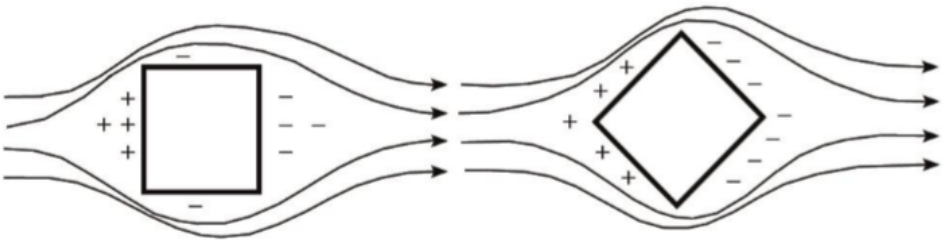


Şekil 2.29 Hava akımı çeşitleri [70]

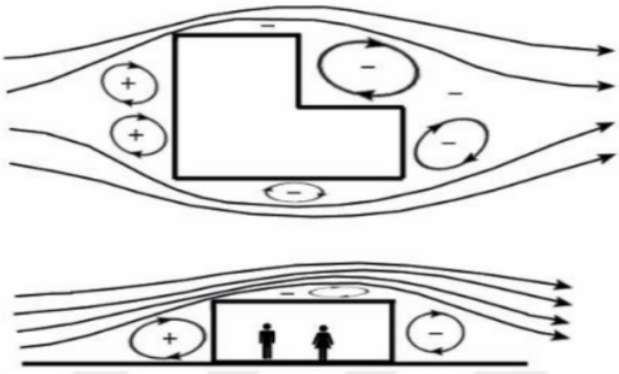
Düzgün akım cepheye çarptığında yapı, rüzgar karşısında engel gibi davranır ve düzgün akım ayrık akım haline gelip türbülanslanmaya başlar (Şekil 2.30). Girdap akımları ise türbülanslanan akımın dairesel form kazanmış halidir. Rüzgarın doğal yapısı türbülanslanmaya meyilllidir.

Rüzgar, yapının çarptığı cephesinde yarattığı baskı ve sürükleme etkisiyle bu cepheyi pozitif basınç alanına dönüştürür. Yapının yan cephelerinden arka cephesine doğru akan ve binanın çatısını aşıp arka cephesinden aşağı doğru akan akım ise bu cephelerde bir emme kuvveti oluşturur.

Dolayısıyla bu cepheler negatif basınç alanına sahiptir. Yapıda negatif basınç alanına sahip olup çekme gerilmeleri oluşan yan ve arka cephelerde rüzgarın türbülanslı ve girdaplı hali görülmektedir (Şekil 2.31).



Şekil 2.30 Yapı etrafındaki basınç alanları [70]



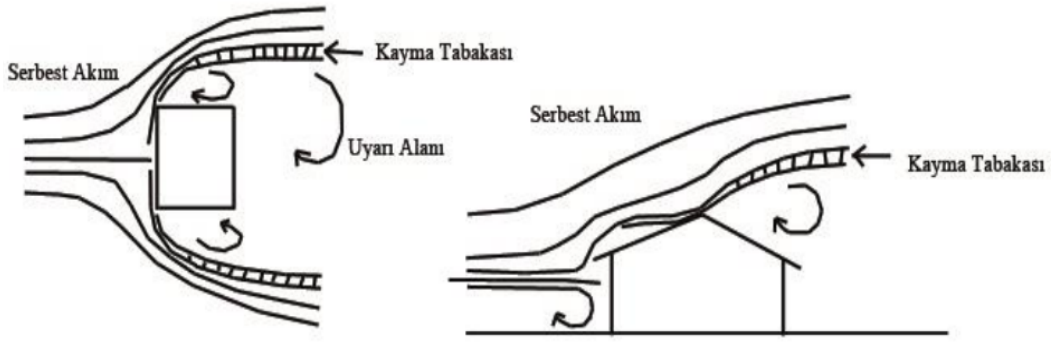
Şekil 2.31 Yapı etrafında türbülanslanan hava ve girdap akımları [70]

Yapının etrafındaki bu basınç alanlarının homojen dağılmaması sebebiyle yapı etrafında farklı rüzgar akım alanları tanımlanmaktadır (Şekil 2.32). Yapı etrafındaki akım alanları 3 bölgeye ayrılmaktadır :

Serbest Akım Alanı: Yapıya etki alanından uzakta olan ve yapının önünde kalan bölgedir.

Kayma Tabakası: Ortalama kayma oranının yüksek olduğu bölgedir. Akışkanın sınır tabakası, en önemli kayma tabakasıdır. Akışkanın sınır tabakasında ortalama hız, katı sınırında "0" dan başlayarak en dıştaki serbest akışa doğru değişmektedir. Sınır tabakası yüzeyden ya da yapının köşesinden ayrıldığında, serbest akımdan ayrılarak geri dönen akım bölgesi üzerinde serbest bir kayma tabakası haline gelmektedir.

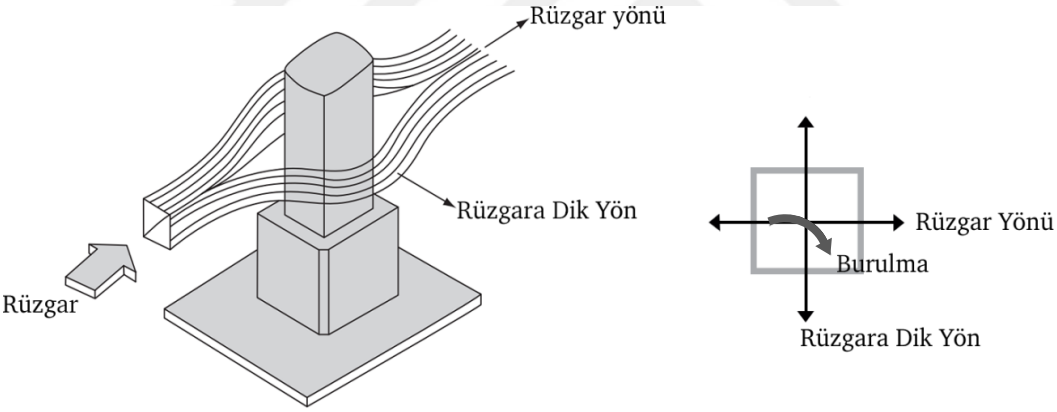
Uyarı akış alanı: Kayma tabakasının arkasında oluşan uyarı bölgesi düşük hızlı geri dönen girdapların olduğu bölgedir [70].



Şekil 2.32 Yapı etrafındaki akım alanları [71]

2.4.2 Rüzgar Yükü Altında Yüksek Yapının Hareketi

Kinetik enerjiye sahip rüzgar, yapı cephesiyle etkileşime geçtiğinde sahip olduğu kinetik enerji basınç enerjisine dönüşür. Bu basınç enerjisi de yapıda rüzgar yükünü oluşturmaktadır [65]. Rüzgar yükü altında yapıda; rüzgar yönünde, rüzgara dik yönde ve burulma olmak üzere 3 farklı tipte hareket (Şekil 2.33) görülebilir [1].



Şekil 2.33 a) Yapı çevresinde rüzgar akışı [69] b) Yapının hareket şekilleri

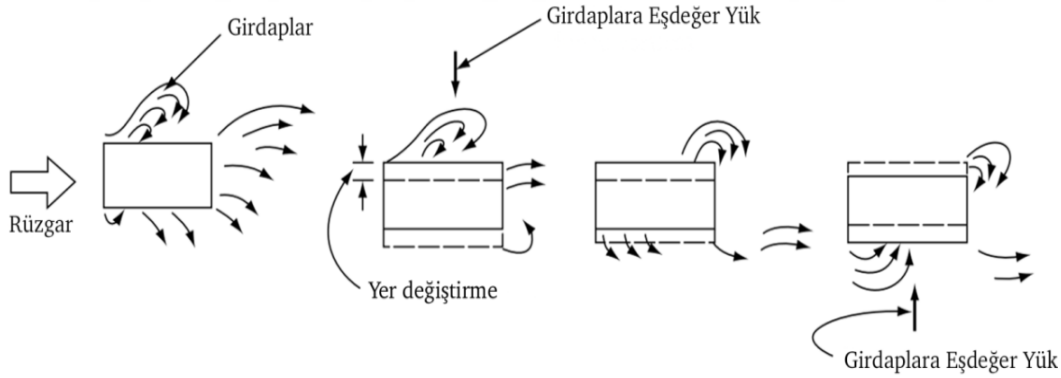
Rüzgar yönünde hareket, yapıda rüzgarın çarptığı ön yüz ile binanın arka yüzü üzerindeki basınç dalgalanmalarından kaynaklanan harekettir. Rüzgarın geliş yönüne paralel salınım meydana getirmektedir. Rüzgarın yapıyı sürükleme etkisidir [1].

Rüzgara dik yönde hareket; yapının cephesine çarpıp yan cephelere akmaya devam eden, türbülanslanan ve girdap yapan rüzgarın, yapının yan cephelerine dik yönde yarattığı salınım hareketidir. Rüzgara dik yönde hareket, rüzgar yönündeki

hareketten çok daha kritiktir. Yapının rüzgara dik yönlü hareketi, rüzgar boyunca olan hareketinden daha az gerçekleşse bile oldukça önemli bir tasarım girdisi olarak değerlendirilir. Yapıda rüzgara dik yönlü oluşan bu titreşim, yapının doğal titreşim periyodu ile çakışırsa yapıyı rezonans durumuna getirmektedir.

Burulma hareketi ise yapının geometrik merkezi ile rijitlik merkezinin çakışmamasından kaynaklı yapının kendi düşey ekseni etrafında moment kazanmasıdır. Yapının rüzgara dik yönlü hareketi gibi oldukça kritiktir.

22,3 m/sn - 26,8 m/s civarındaki düşük sayılabilecek rüzgar hızlarında yapının yan cephesine etkiyen girdaplar eş zamanlı ve simetrik olarak gerçekleşebilmektedir. Dolayısıyla iki yan cephede girdapların yarattığı eşdeğer yük birbirine denk olduğundan yapı, rüzgara dik yönde titreşime girmemekte yalnızca rüzgar yönünde sürüklenme etkisi altında kalmaktadır [68]. Fakat yüksek rüzgar hızlarında yapının yan cephelerinde oluşan türbülanslı rüzgar ve girdaplar, rüzgarın ani biçimde yön ve şiddet değiştiren doğası sebebiyle eş zamanlı ve eşdeğer biçimde oluşamamaktadır. Dolayısıyla rüzgarın sürükleme etkisinin yanında rüzgara dik yönlü titreşim olan girdap kopması (Şekil 2.34) adı verilen olay ortaya çıkmakta ve yapı rezonans durumuna gelmektedir.



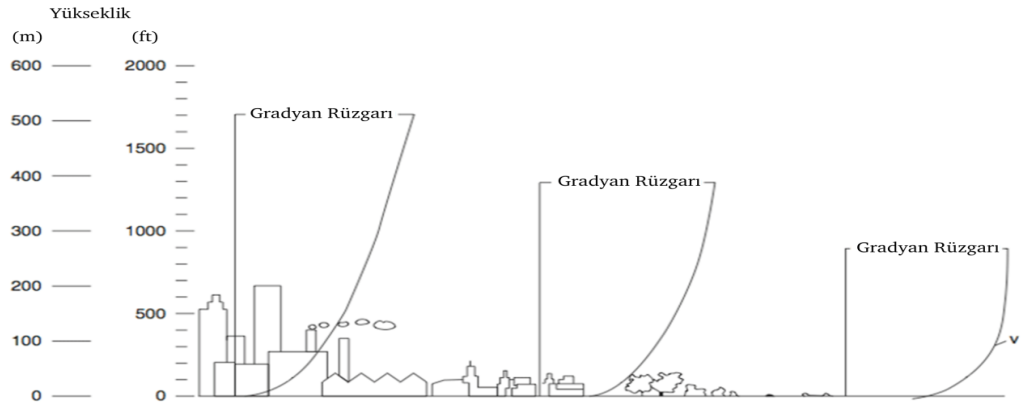
Şekil 2.34 Girdap kopması [68]

2.4.3 Rüzgar Hızının Yapı Yüksekliğine Bağlı Değişimi

Katı bir yüzeyde hareket eden akışkan ile yüzey arasında, akışkanın vizkozitesinden dolayı harekete ters yönde kesme kuvveti oluşmaktadır. Bu durum vizkozitesi sudan 16 kat daha az olan hava ile yeryüzü arasında da vardır [68]. Akışkanın yere yakın katmanları, yüzeyden akarken sürtünmenin ters yönlü etkisi ile durma ve geri dönme eğilimindedir.

Dolayısıyla havanın hızı, sürtünme etkisinin fazla olduğu yeryüzeyine yakın noktada neredeyse 0'a yaklaşmaktadır. İçteki bu yavaşlayan katmanlar sırasıyla dış katmanları da yavaşlatmaktadır [67]. Yerden yükseklik arttıkça ise bu yavaşlatıcı etki ortadan kalkmakta ve sonunda ihmal edilebilecek ölçüde küçülmektedir. Bu durumda rüzgarın hızı, sürtünmelerden hiç etkilenmeyen bir forma bürünmektedir. Dolayısıyla rüzgarın hızı için yeryüzünden itibaren 0'dan başlayarak eğrisel artan bir grafik (Şekil 2.35) çizilebilmektedir [65]. Dolayısıyla yüzey pürüzlülüğünün az olduğu açık ve kırsal alanlardaki rüzgar hız profili ile yüksek yapı tipolojisinin görüldüğü bölgede rüzgar hız profili aynı değildir. Bu sebeple rüzgar yükü, rüzgarın doğası gereği yüksekliğin artmasıyla sürtünmelerden etkilenmeyen bir forma büründüğü ve hızı arttığı için yüksek yapılar üzerinde oldukça kritik bir yük haline gelmektedir.

Rüzgar hızının bulunduğu çevreden etkilendiği bölge, atmosferik sınır tabakası olarak adlandırılmaktadır [68]. Hızın artışının kesildiği yükseklik gradyan yükseklik, bu yükseklikte rüzgarın ulaştığı hız ise gradyan hız olarak adlandırılmaktadır.

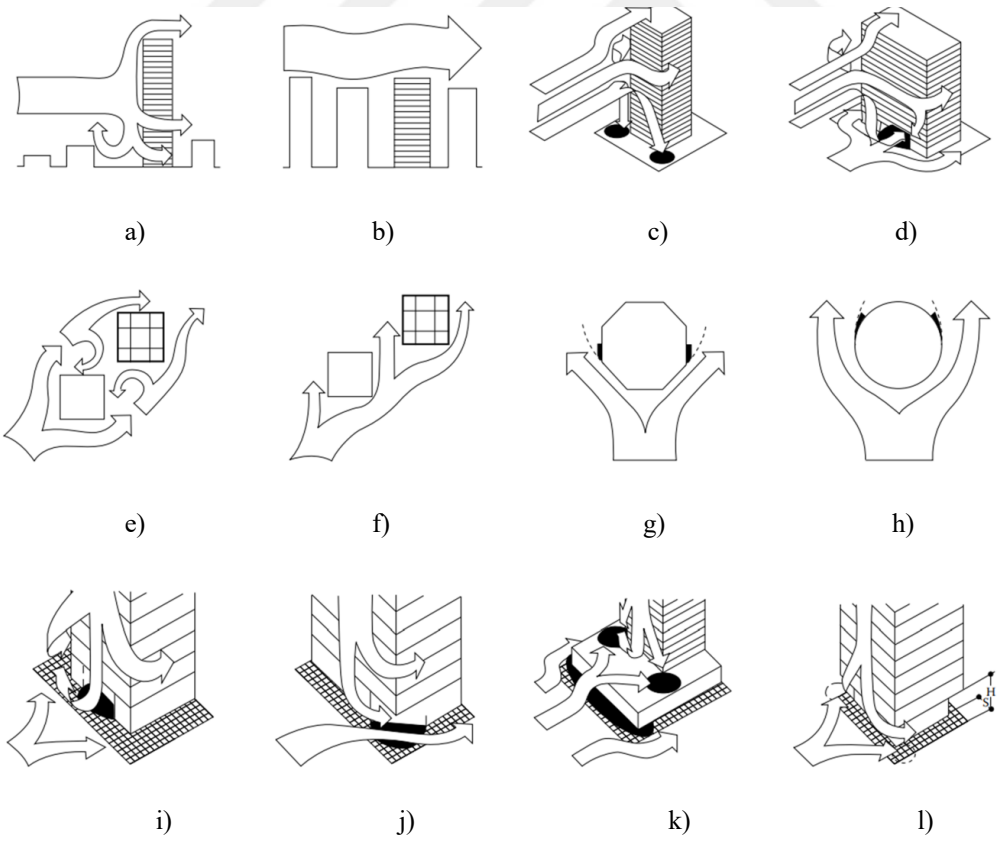


Resim 2.35 Rüzgar hızının yüksekliğe bağlı değişimi [72]

2.4.4 Rüzgarın Yapı Formu İle İlişkisi

Yapı, rüzgarın karşısında bir engel gibi davranıp rüzgarın doğrultusunu ve hızını değiştirdiğinden dolayı çevresindeki yapılardan yükseklik olarak sıyrılan yüksek yapılar, rüzgar yüklerine daha çok maruz kalacaktır (Şekil 2.36a). Yüksek yapının cephesine çarptıktan sonra aşağı doğru akan rüzgar yaya hizasında büyük etkiye sebep olmaktadır (Şekil 2.36b). Yaya seviyesinde ortaya çıkan konforsuz duruma

karşı yüksek yapının tasarımında çeşitli düzenlemeler yapılmaktadır. Zemin seviyesinde artan rüzgar hızı için açıklık bırakmak rüzgarın hızını azaltacaktır (Şekil 2.36c,d). Yapıların birbirlerine göre konumları da rüzgarın hızını ve yönelişini etkilemektedir. Yapıların yerleşimi rüzgarın hızını düşürebileceği gibi koridor etkisi yaratarak hızın yükselmesine de sebep olabilmektedir (Şekil 2.36e ve f). Çokgen formlu yapılar, rüzgarın yapı etrafında kolayca akışına izin vermektedir. Böylece yapının cephesinde rüzgarın oluşturduğu basınç ve yaya seviyesindeki konforsuzluk yaratan rüzgar etkisi azalmaktadır. Dairesel formlu yapılarda ise rüzgar yapının etrafında kolayca akabilmekte fakat rüzgar yapıdan ayrılırken cephede daha çok emme kuvveti yaratarak cephe üzerindeki negatif basıncı artırabilmektedir (Şekil 2.36g ve h). Yapı girişlerinin gömülü olması, yaya seviyesinde daha düşük rüzgar hızı olmasını sağlamaktadır. Yapı köşelerinde konumlanan girişlerde ise rüzgar hızı daha vurgulu olmaktadır (Şekil 2.36i ve j). Yapının giriş seviyesindeki geri çekmeler, S ve H değerlerine bağlı olarak rüzgar yoğunluğunu etkilemektedir (Şekil 2.36k ve l).



Şekil 2.36 Yapının bulunduğu çevreye göre rüzgarın akışı [69]

3
ÇEKİRDEK

3.1 Yüksek Yapılarda Çekirdek

Yüksek yapılar için taşıyıcı sistem tasarımı yapılırken, tasarımın özellikle deprem ve rüzgar yüklerine karşı stabil davranabilmesi çok önemlidir. Çekirdek, yapının yatay yüklere karşı direnmesinde oldukça etkin bir yapı elemanıdır. Bu anlamda yüksek yapılarda taşıyıcı sistem tasarımında çekirdek sistem ve çekirdekle birlikte kullanılan taşıyıcı sistemler tercih edilmektedir. Dolayısıyla çekirdek, yüksek yapılarda özellikle yatay yüklere karşı yeterli direnci sağlama fonksiyonuyla yapının temel rijitlik merkezidir.

Aynı zamanda çekirdek, taşıyıcılık görevinin yanında yapıdaki mimari tasarımıyla da oldukça önemlidir. Yapının asansör, merdiven gibi düşey sirkülasyon araçlarını ve acil çıkış yollarını içinde barındırmasıyla düşey ulaşım merkezi olarak hizmet vermektedir.

Çekirdek içinde planlanan bir başka fonksiyon; kattaki havalandırma, elektrik, mekanik, haberleşme, pis su, temiz su için gereken boşlukları içermesiyle tesisat şaftlarının merkezi olmasıdır.

Yüksek yapılarda çekirdeğin birçok fonksiyonunun bulunması ve tüm bu fonksiyonların çekirdekte belli bir ilişki içerisinde bulunması çekirdeğin tasarımını yüksek yapılar için oldukça önemli hale getirmektedir. Çekirdeğin fonksiyonlarının yüksek yapı tasarımındaki rolünün ayrı ayrı ele alınarak bir sistematik içerisinde değerlendirilmesi gerekmektedir.

Çekirdeğin yüksek yapıdaki fonksiyonları ;

- Rijitlik Merkezi Olarak Çekirdek
- Düşey Ulaşım Sisteminin Merkezi Olarak Çekirdek
- Tesisat Sisteminin Merkezi Olarak Çekirdek şeklinde sıralanabilir.

Çekirdek; yer, form, sayı, boyut ve yapı geometrisi ile ilişkisine göre birçok farklı kombinasyonda tasarlanabilmektedir. Yüksek yapıda çekirdeğin tasarımı yapıyı;

güvenli olma, ekonomik olma, estetik ve kullanıcı konforu bakımından etkilemektedir.

3.1.1 Çekirdeğin Mimari Projedeki Yeri

Çekirdeğin mimari projedeki yeri; yapının taşıyıcı sistem performansını, düşey sirkülasyon verimliliğini, tesisat sisteminin verimliliğini, yapının enerji tüketimini, yapının fonksiyonuna göre kat alanı kullanım verimliliğini doğrudan etkilemektedir. Dolayısıyla yüksek yapı için tasarım kararları verilirken, çekirdeğin konumunun doğru planlanması ve çekirdeğin kat planındaki farklı konumlarının yapı için etkilerinin değerlendirilmesi gerekmektedir. Literatürde çekirdeğin mimari projedeki yeri için çeşitli yaklaşımlar bulunmaktadır.

Merkezi (iç) ya da ayrık olmak üzere 2 çekirdek yeri tanımlanmaktadır. Merkezi (iç) çekirdekler, çekirdek hacminin yapının geometrik merkezine yerleştirilmesi ve kullanım alanlarının çekirdek hacmini çevrelemesiyle planlanmaktadır. Ayrık çekirdekler, sayıca birden çok çekirdeğin kat planının farklı yerlerinde planlanmasıyla oluşmaktadır. Ayrık çekirdekler, kat planının sınırlarını değiştirmeden, yapı cephesine sınır olarak planlanıyorsa çeper çekirdek olarak adlandırılmaktadır. Kat planı doğrusal ise ve yapı cephesine sınır olarak planlanıyorsa uç çekirdek olarak adlandırılmaktadır. Eğer kat planının sınırlarını değiştiriyorsa ve yapı dışından okunuyorsa dış çekirdek olarak adlandırılmaktadır. Kare vb. özel planlı yapıların köşelerinde yine yapı dış sınırını değiştirmeden planlanan çekirdekler köşe çekirdek olarak adlandırılmaktadır (Şekil 3.1) [22].

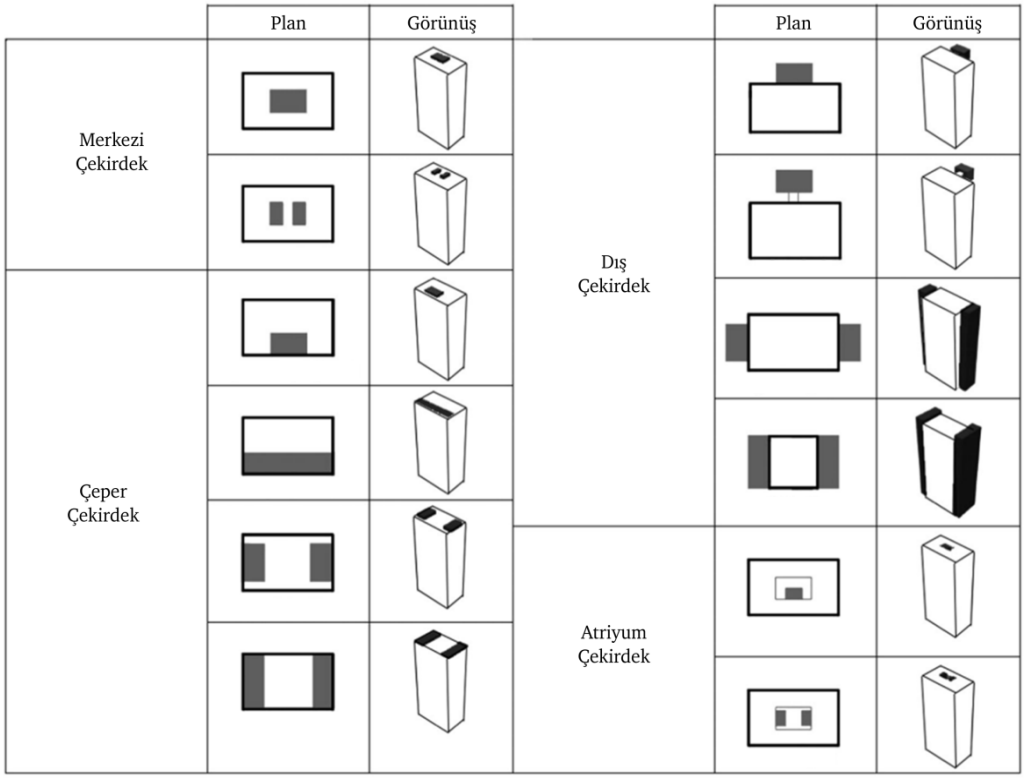


a) b) c) d) e)

Şekil 3.1 a) Merkezi çekirdek b) Çeper çekirdek c) Köşe çekirdek d) Dış çekirdek e) Uç çekirdek

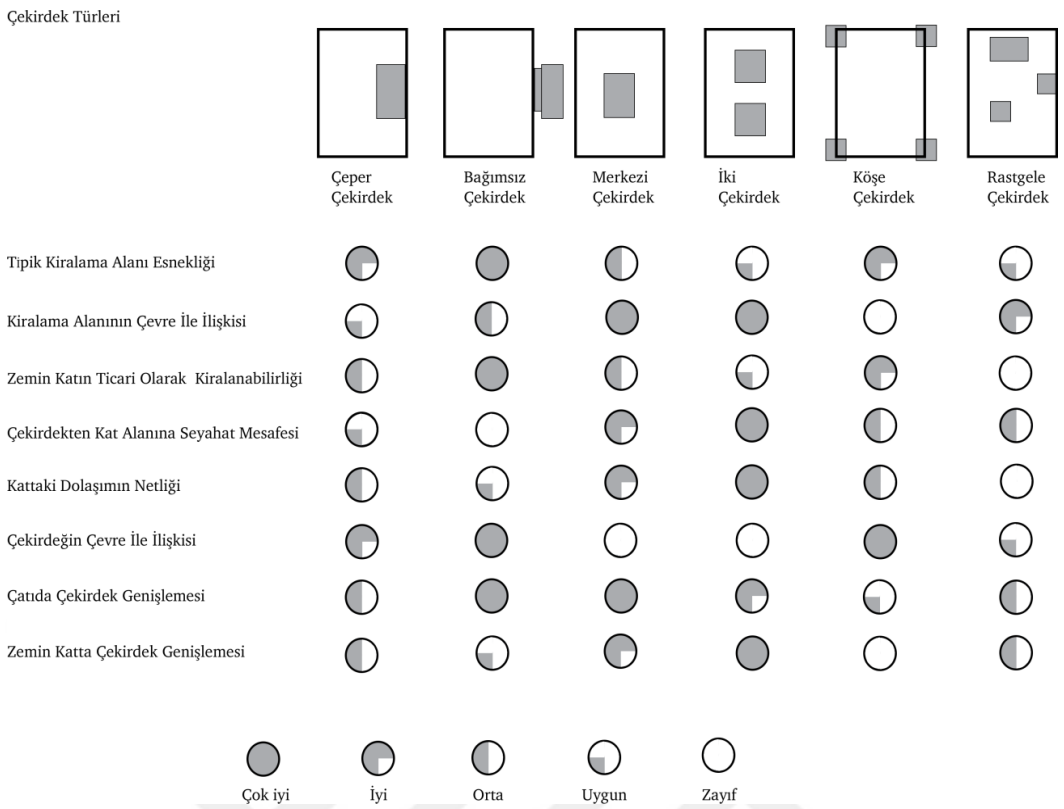
İç (merkezi) çekirdek, uç (çeper) çekirdek ve dış çekirdek olmak üzere yapıda 3 çekirdek yeri tanımlamaktadır [73].

Merkezi çekirdek, çeper çekirdek, dış çekirdek ve atriyum çekirdek olmak üzere yapıda 4 çekirdek yeri tanımlanmaktadır (Şekil 3.2). Çekirdek, kat planında tek olarak bulunabileceği gibi sayıca daha çok olup ayrık olarak da konumlandırılabilmektedir [74].



Şekil 3.2 Yüksek yapılarda çekirdek düzenlemesi [74]

Çeper çekirdek, bağımsız çekirdek, merkezi çekirdek, iki çekirdek, köşe çekirdek ve rastgele çekirdek olmak üzere 6 çekirdek konumu tanımlanmaktadır ve çekirdek tasarımlarının birbirlerine göre üstünlüklerini şekildeki gibi değerlendirilmektedir (Şekil 3.3) [75].



Şekil 3.3 Çekirdek türleri ve birbirlerine göre üstünlükleri [75]

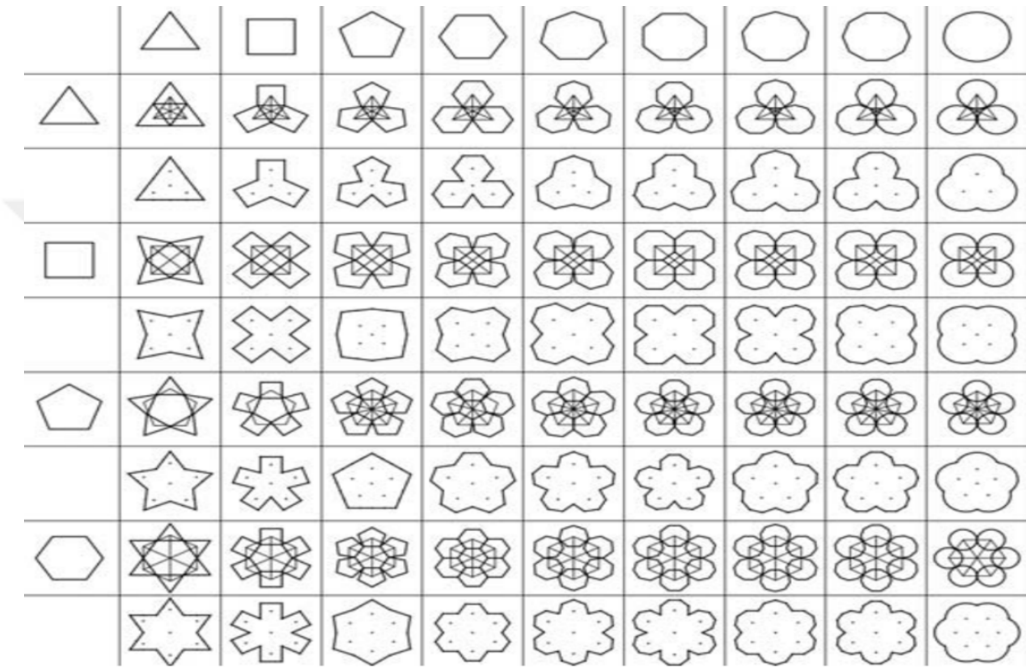
Yüksek yapıların kiralanabilme ve kat planını verimli kullanma kriterinin oldukça önemli olduğu dikkate alınırsa, çekirdek planlanmasının bağımsız çekirdek şeklinde olması kat planında yarattığı esnek alan sebebiyle yapı için avantajlı olarak değerlendirilebilir. Yüksek yapıların doğal ışıktan faydalanabilme ve manzara ile ilişki kurabilme kriteri dikkate alındığında ise çekirdeğin merkezi planlanması ve ofis gibi kiralanabilir alanların çekirdek etrafında sıralanması yapı için avantajlı olarak değerlendirilebilir.

Çekirdeğin, düşey sirkülasyon araçlarını barındırdığı için yüksek yapının ulaşım merkezi olduğu dikkate alındığında, çekirdek hacminden kat alanındaki diğer hacimlere ulaşma süresi ve kattaki sirkülasyonun daha net bir şekilde tanımlanması düşünüldüğünde merkezi olarak planlanmış çekirdekler daha avantajlı olarak değerlendirilebilir.

Çekirdeğin, manzara ile ilişki kurabilme kriteri dikkate alındığında, bağımsız çekirdek olarak yapı dışında planlanması yapı için avantajlı olarak değerlendirilebilir.

3.1.2 Çekirdeğin Formu

Yüksek yapının formu; genel olarak kat planının formuyla, yapının fonksiyonuyla, mimari tasarımıyla, taşıyıcı sistem seçimiyle ve çekirdek tasarımıyla ilişkilidir. Yüksek yapıların plan şemalarına bakıldığında (Şekil 3.4) plan şemalarının, temel geometrik şekiller ve bu şekillerden türetilmiş formlardan oluştuğu görülmektedir [76]. Yapının servis çekirdeğinin formu da yapının kat planının tasarımıyla benzerlik göstermektedir.



Şekil 3.4 Yüksek yapılarda form planlaması [76]

3.1.3 Çekirdeğin Sayısı ve Büyüklüğü

Yüksek yapılarda çekirdek içinde planlanan fonksiyon çeşitliliğine göre çekirdeklerin sayı ve büyüklüğü değişebilmektedir. Çekirdekte hizmet verecek eleman sayısı ve bu elemanların boyutu çekirdeğin boyutunu da belirlemektedir. Örneğin, yapı yüksekliğinin artmasıyla birlikte yapıdaki kullanıcı yoğunluğu artacaktır. Dolayısıyla çekirdek içinde planlanan asansör sayısı artacaktır. Asansör sayısının artması da katta çekirdeğin kapladığı alanı artırmaktadır.

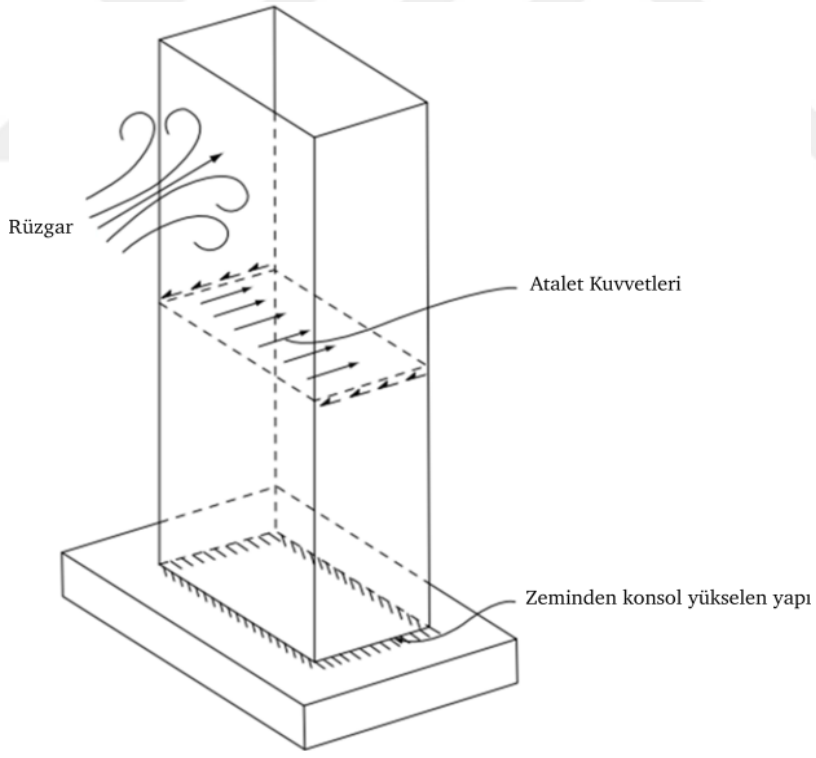
Yüksek yapılarda çekirdek/brüt taban alanı oranının %22-%30 arasında değişmesi uygun kabul edilmektedir [30]. Çoğu durumda çekirdeğin boyutu ve planı katlarda aynı olmaktadır. Özellikle çekirdek içindeki asansör ve merdiven gibi düşey sirkülasyon elemanlarının ve şaftların sayısı değişse bile boyutu aynı kalmaktadır.

Fakat tuvaletler, kat kilerleri, erzak odaları gibi ortak kullanım mekanlarının planları ve düzenleri o katın fonksiyonu ya da kullanıcısının tercihi doğrultusunda kattan kata değişebilmektedir. Yapının rijitlik, düşey ulaşım ve şaft merkezi olarak çekirdeğin tüm bu hizmetleri verimli bir şekilde yapıda sağlaması gerekirken aynı zamanda boyutundaki artış kat planındaki verimli kullanım alanını azaltmaktadır.

3.2 Rijitlik Merkezi Olarak Çekirdek

Rijitlik, yapının yatay yükler altındaki yer değiştirmelerinin sınırlı olması ve bu yer değiştirmelerin doğrusal elastik bölgede kalmasıdır [66]. Başka bir deyişle rijitlik, yapının yükler altında şekil değiştirmeye ve dönmeye karşı gösterdiği dirençtir.

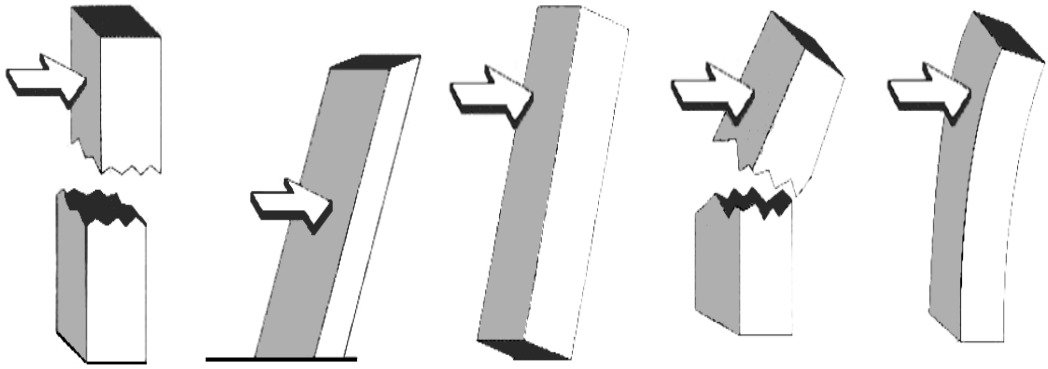
Yüksek yapılarda taşıyıcı sistem tasarımında dayanım yerine rijitlik daha belirleyicidir. Yüksek yapının zeminden bir konsol gibi yükseldiği düşünülürse (Şekil 3.5), yapıya yatay olarak etkiyen rüzgar ve deprem yükleri, yapıda eğilme ve kesme kuvvetlerinin ortaya çıkmasına sebep olmaktadır [66].



Şekil 3.5 Zeminden konsol yükselen yapı [77]

Yüksek yapı, kesme etkisi altındayken kırılmamalı (Şekil 3.6a) ve elastik davranabildiği sınırı aşacak şekilde eğilmemelidir (Şekil 3.6b). Yüksek yapı,

eğilme etkisine karşı koyarken ise devrilmemeli (Şekil 3.6c), yapının kapasitesinin üzerinde çekme kuvveti ya da kırılmayla karşı karşıya kalan kolon deformasyonu sebebiyle çökmemeli (Şekil 3.6d), yapının eğilmesi elastik sınırını aşacak şekilde olmamalıdır (Şekil 3.6e) [22], [65].

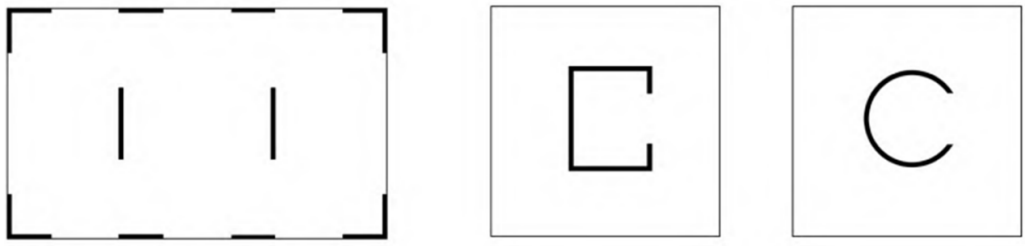


a) b) c) d) e)

Şekil 3.6 Binanın kesme ve eğilme kuvvetine karşı dayanımı [22]

Yapının kesme ve eğilme kuvvetlerine karşı rijitliğini artıran ve yatay yer değiştirmelerini sınırlandıran en önemli yapı elemanı ise taşıyıcı duvarlardır [1], [78].

Perde duvarlar; betonarme ve tekil konumlanan elemanlar şeklinde, çelik kafesler şeklinde veya kat planında belli bölgede yoğunlaşıp çeşitli formlarda kapalı veya yarı kapalı şekilde birleştirilerek çekirdek şeklinde düzenlenebilir (Şekil 3.7). Bu durumda çekirdekler, iki doğrultuda da rijitleşmiş perde gibi davranmaktadır.



a) b)

Şekil 3.7 a) Taşıyıcı duvarlar [1] b) Yarı kapalı çekirdek planları [1]

Çekirdekler; yüksek yapıların düşey yükler altında yeterli dayanımda olmasını sağlayıp yatay yüklere karşı yeterli rijitlikte davranabilmesini sağlayan, şekil değiştirmesini sınırlandıran temel düşey taşıyıcı elemanlardır [1]. Yüksek yapı,

çekirdek sistemiyle birlikte bu rijitliği sağlayıp yapının yer değiştirmelerini sınırlandırırken aynı zamanda yeterli düzeyde sünekliğe de sahip olmalıdır.

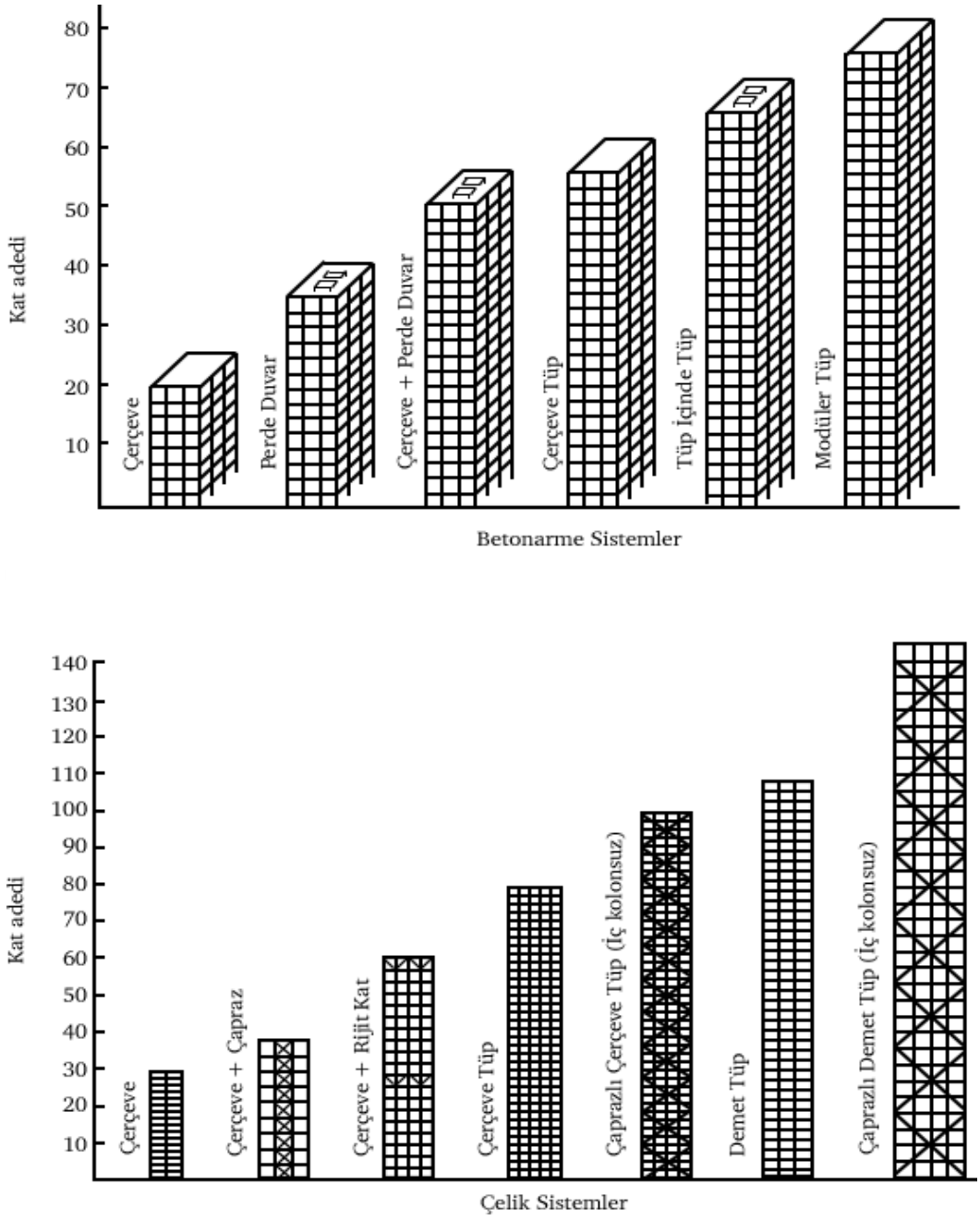
Süneklik; yapı elemanının, artan yük altında elastik davranabilme özelliğinin devam edebilmesi ve plastik şekil değiştirmeyle bu kuvvetin sönümlendirilebilmesi olarak tanımlanabilmektedir [79]. Sünek yapı, elastik sınırlarının ötesine geçtiğinde yük taşıma kapasitesini kaybetmemelidir. Yapı elemanının sünek davranabilmesi, malzemesinin sünekliği ile ilgilidir. Atom yapısı olarak düzgün katmanlı davranmayan beton, sünek bir yapı malzemesi değildir. İnşaat malzemeleri içerisinde çelik, sünek bir malzemedir. Dolayısıyla betonun çelikle donatılandırılmasıyla oluşturulan betonarme perde duvarlar, yapıya etkiyen yüklere karşı dayanım ve rijitlik yönünden verimli olan fakat tek başına sünekliği yeterli olmayan betona göre daha sünek bir taşıyıcı sistem tercihidir.

3.2.1 Yüksek Yapılarda Kullanılan Taşıyıcı Sistemler

Yüksek yapılarda taşıyıcı sistemin seçimi; yapının mimari kat planını, düşey ulaşım elemanlarının tasarımını, yapıdaki acil kaçış yollarının tasarımını, ıslak hacimlerinin planlamasını, katın net kullanım alanınını ve yapının formunu etkilemektedir [1].

Aynı zamanda, yüksek yapının ulaşabileceği yükseklikte, kullanılan taşıyıcı sistem teknolojisi en önemli etkendir. Bununla birlikte yapının bulunduğu yer ve yapının oturduğu zeminin parametreleri de oldukça önemli etkenlerdendir ve taşıyıcı sistem teknolojisinin ulaşabileceği kat sayısını direkt olarak etkilemektedir. Yüksek yapılarda kullanılan taşıyıcı sistemler; taşıyıcı sistemde kullanılan betonarme, çelik, kompozit malzeme tercihine göre, yapının fonksiyonu doğrultusundaki mimari planlamasına göre, yatay yükler altındaki yapısal davranışlarına göre çeşitlenmektedir [65], [80].

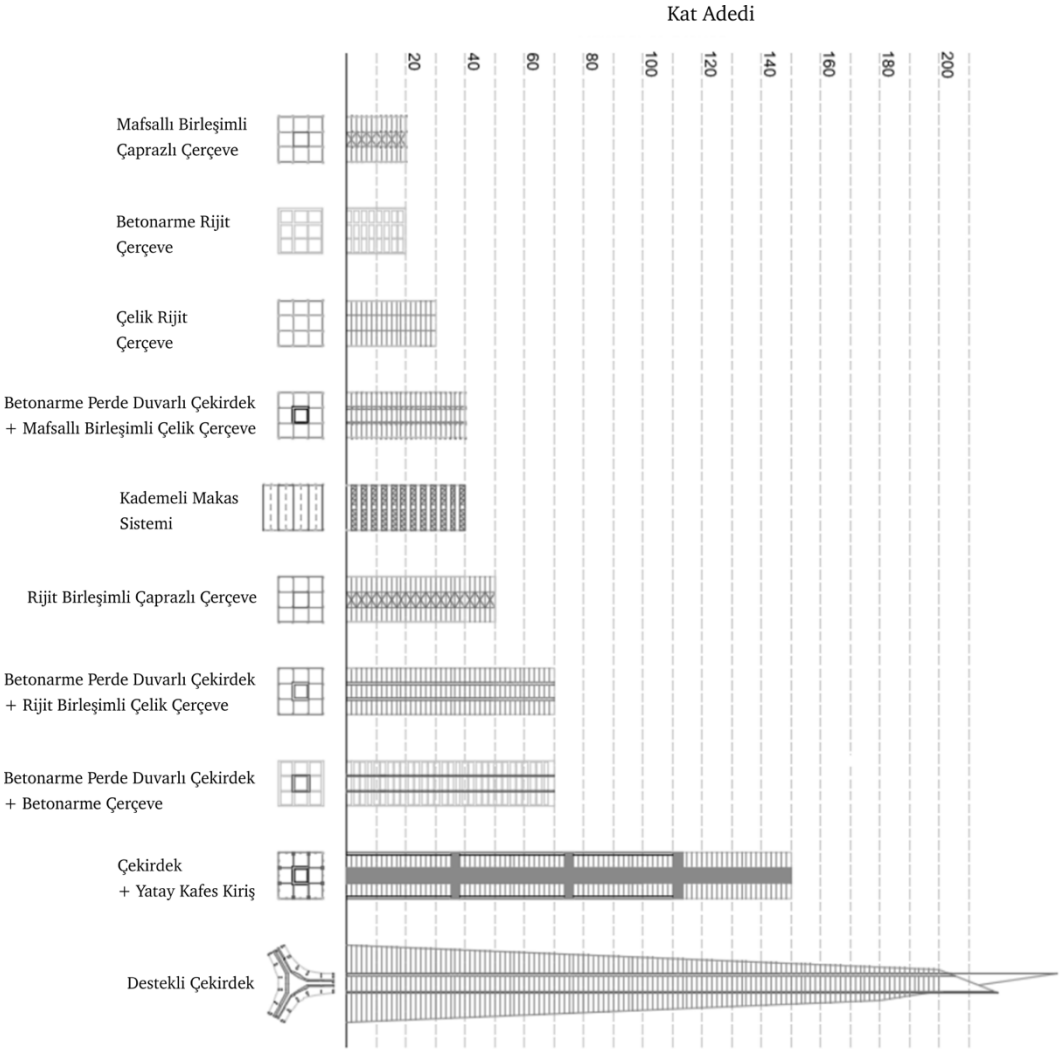
Fazlur Khan, 20 – 30 katın üzerindeki yapıların taşıyıcı sistemlerinin hiyerarşisini, özellikle yatay yüklere karşı olan performanslarına göre kategorize etmiştir (Şekil 3.8). Bu döneme kadar yüksek yapı taşıyıcı sistem tasarımına hakim olan rijit çerçevelerin tek çözüm olmadığını belirterek hem çelik hem de betonarme malzeme için verimli taşıyıcı sistem çözümlerini tanımlamıştır [81].



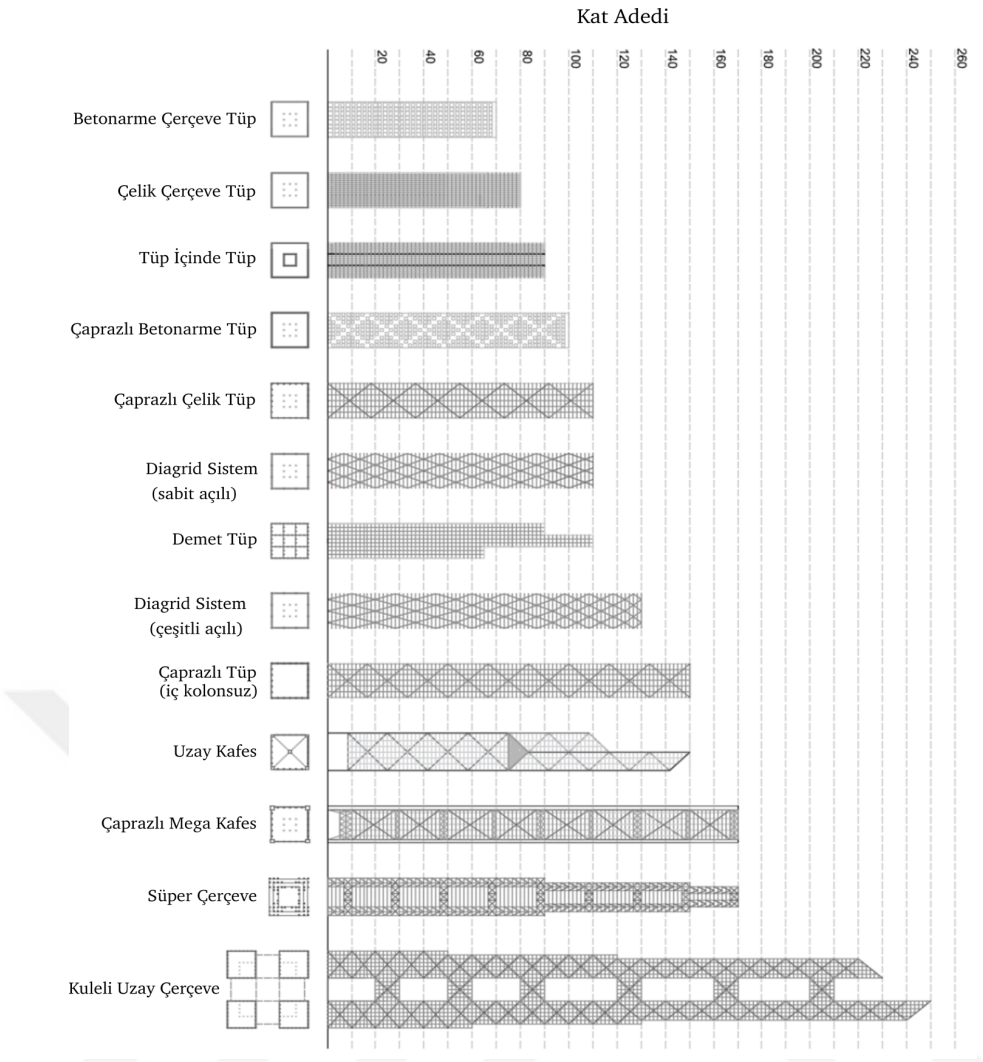
Şekil 3.8 a) Betonarme sistemler b) Çelik sistemler [28]

Yüksek yapılarda taşıyıcı sistem tasarımı için bir başka sınıflandırma 2007 yılında Mir M. Ali tarafından yapılmıştır. Bu sınıflandırma, yapıda yatay yüklere karşı direnç gösterecek temel taşıyıcı sistemin, yapının içinde mi yoksa çevresinde mi yer aldığına dikkat edilerek yapılmıştır. Yapıya rijitlik sağlayan temel sistem yapı içinde yer alıyorsa iç taşıyıcı sistem (Şekil 3.9), dışında yer alıyorsa dış taşıyıcı sistem (Şekil 3.10) olarak adlandırılmaktadır. İç taşıyıcı sistemler kategorisinde, rijit çerçeveler ve perde duvarlar olmak üzere yatay yüke direnç gösterecek iki

temel taşıyıcı sistem elemanı sınıflandırılmıştır. Bu sistemler etkileşim içinde bileşik bir sistem olarak da düzenlenebilmektedirler. Yapı yüksekliği arttıkça yapıda, çekirdekten desteklenen yatay kafes kirişler tasarlanmaktadır. Yüksek yapılarda özelikle yatay yüklere karşı olan rijitlik önem taşıdığından yüksek yapının yatay yüklere direnecek tasarım bileşenlerinin yapının dış çeperine yoğunlaştırılması tercih edilmektedir. En tipik dış taşıyıcı sistemler, yatay yüke direnmek için yapının tüm çeperini kullanan tüp sistemlerdir [28].



Şekil 3.9 İç taşıyıcı sistemler [81]



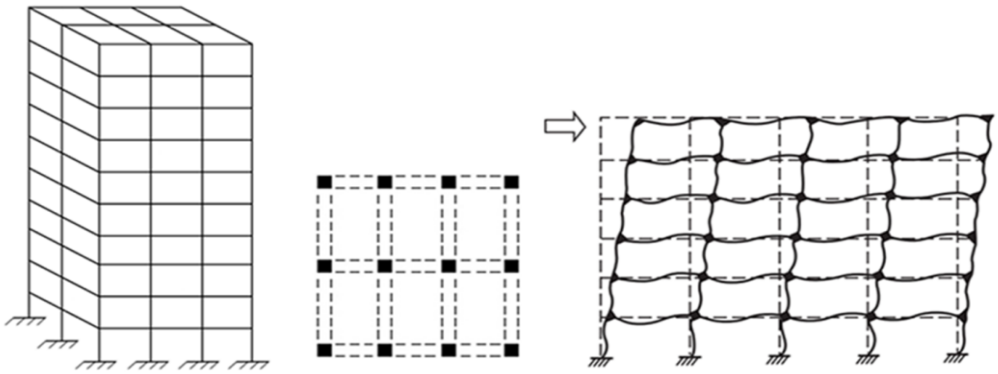
Şekil 3.10 Dış taşıyıcı sistemler [81]

Yüksek yapı tasarımlarında kullanılan taşıyıcı sistemler, çekirdeğin yüksek yapıda rijitlik merkezi olarak anlaşılabilmesi kolaylaştırmak ve taşıyıcı sistem hiyerarşisindeki yerini tanımlamak adına aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

1. Çerçeve Sistem
2. Çerçeve + Rijit Katlı Sistem
3. Çerçeve + Taşıyıcı Duvarlı Sistem
4. Çerçeve + Taşıyıcı Duvar + Rijit Katlı Sistem
5. Çerçeve + Çekirdek Sistem
6. Çerçeve + Çekirdek + Rijit Katlı Sistem
7. Çekirdek + Konsol Sistem
8. Tüp Sistem
9. Diagrid Sistem

3.2.1.1 Çerçeve Sistem

Çerçeve sistem (Şekil 3.11), çelik veya betonarme yapılarda rijit bağlantılara sahip kolon-kiriş düzeniyle moment aktarabilen çerçeveler oluşturulması esasına dayanmaktadır [74]. Kolon ve kirişler arasındaki moment etkileşimi ile yatay yüklere karşı direnç sağlanmaktadır [65]. Dolayısıyla rijit çerçeve sistemin rijitliği sistem elemanları olan kiriş ve kolonların eğilme rijitliği ile sağlanmaktadır. Rijitlik, kolon ve kirişlerin boyutları ve açıklıkları ile ilişkilidir [22].



a) b) c)

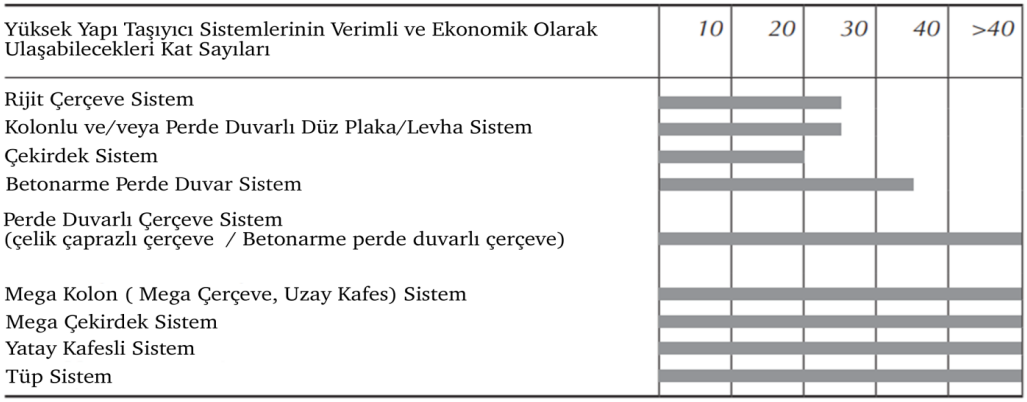
Şekil 3.11 a) Rijit çerçeve sistem [1] b) Plan [1]

c) Yatay yükler altında rijit çerçeve davranışı [65]

Çelik veya betonarme rijit çerçeve sistemler, yüksek yapıya mimari planlama yönünden esneklik sağlayan sistemlerdendir. Çelik rijit çerçeve sistemlerin hızlı inşa süresi, sistemin avantajlarındandır. Korozyon ve yangın konusunda dayanıklı olmaması ve yeterince performans gösterememesi ise sistemin dezavantajlarındandır. Çelik çerçeve sistemin yangın ve korozyon konusundaki dezavantajına karşı yapıda alınması gereken önlemler ekstra maliyetler çıkarmaktadır. Betonarme çerçeve sistemlerin ise kolay kalıplanabilirliği sistemin avantajıyken daha yavaş inşa süreci sistemin dezavantajlarındandır. Aynı yerde, aynı zemin üzerinde ve aynı koşullarda inşa edilen, çelik rijit çerçeveli ve betonarme rijit çerçeveli yüksek yapılar karşılaştırıldığında, betonarme rijit çerçeveler 20 kata kadar, çelik rijit çerçeveler ise 30 kata kadar ekonomik ve verimli bir taşıyıcı sistem tercihi olmaktadır [28].

20 – 30 katın üzerindeki yapılarda yatay yükler altında kiriş ve kolonlardaki eğilme davranışının büyük deformasyonlara yol açması sebebiyle sistemin

rijitleştirilmesine yönelik olarak çaprazlı çerçeve sistem tercih edilmektedir [65]. Aynı koşullarda ve aynı zemin parametrelerinde inşa edilen yüksek yapıların taşıyıcı sistemlerinin, ekonomik ve etkin bir taşıyıcı sistem olarak ulaşabilecekleri maksimum kat yükseklikleri verilmiştir (Şekil 3.12).



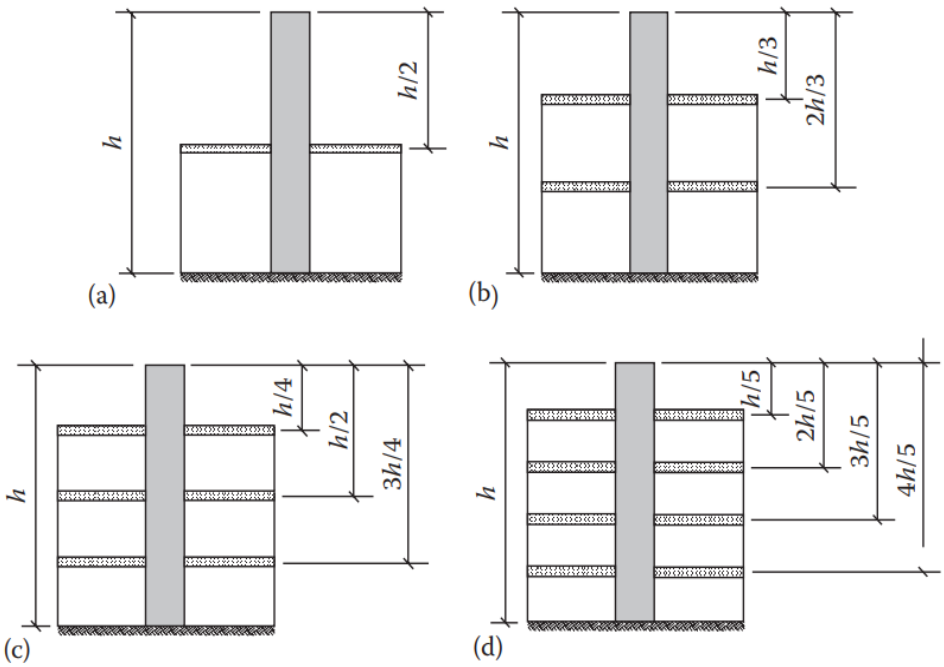
Şekil 3.12 Yüksek yapı taşıyıcı sistemleri ve ulaşabilecekleri kat sayısı

3.2.1.2 Çerçeve + Rijit Katlı Sistem

Yüksek yapılarda çerçeve sistemin rijit katlarla tasarlanması yapıda salınımın sınırlandırılmasında oldukça etkilidir. Rijit katlar yapının içinde ve/veya cephesinde bir ya da birden çok kat yüksekliğinde tasarlanabilmektedir. Rijit katlar, çelik yapılarda yatay kafes kirişlerden, betonarme yapılarda ise duvarlardan oluşmaktadır. Yapının dış kolonları çepeçevre kemerlerle bağlantılıdır.

Yatay kafes kirişler, çekirdek ile yapının dış kolonlarına rijit şekilde bağlanmaktadır. Yatay kafes kirişler, çaprazlı çerçevelerin evrimleşmiş sistemi sayılmaktadır [1].

Rijit katın planlandığı yükseklik yapı davranışını değiştirmektedir. Rijit kat, yapı yüksekliği boyunca tek bir seviyede kullanılacaksa ideal konumu yapı yüksekliğinin yarısı olmaktadır (Şekil 3.13). İki rijit katlı tasarımlarda rijit katın ideal konumu, yapı yüksekliğinin üçte biri ve üçte ikisi yüksekliğidir. Üç rijit katlı tasarımlarda ideal konum, yapı yüksekliğinin dörtte biri, ikide biri ve dörtte üçü yüksekliğidir. Dolayısıyla rijit katların ideal performansları için yerleşimleri, rijit kat adedi n olmak üzere (1/n + 1), (3/n + 1), (4/n + 1), …, (n/n + 1) şeklinde formülize edilebilir [65].



Şekil 3.13 Rijit katların ideal konumları [65]

156 m yüksekliğindeki 37 katlı Huntington Center'da (Colombus, 1983) cephede 4 adet rijit kat tasarlanmıştır (Şekil 3.14) [82].

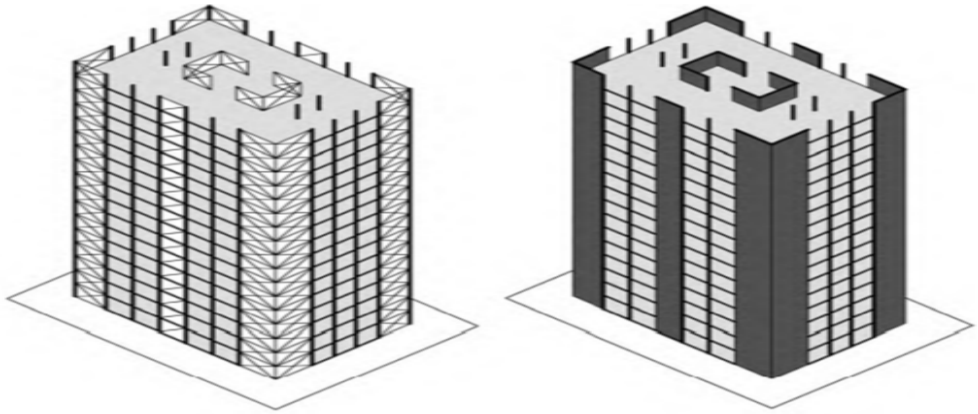


Şekil 3.14 Huntington Center [83]

3.2.1.3 Çerçeve + Taşıyıcı Duvarlı Sistem

Yapı yüksekliği arttıkça, çerçeve sistemle birlikte taşıyıcı duvarların tasarlanması salınımı sınırlandırmada etkilidir. Taşıyıcı duvarlı sistemler; düşey çelik çaprazlı

taşıyıcı duvar veya betonarme perde duvarlar şeklinde tasarlanabilmektedir (Şekil 3.15).

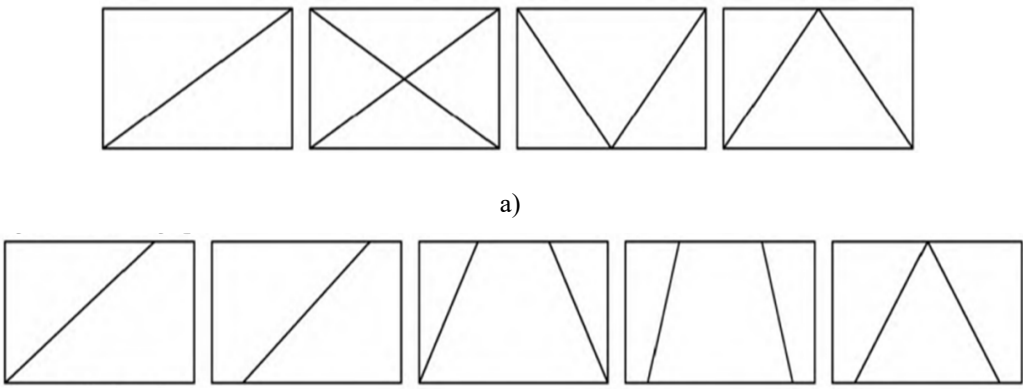


a) b)

Şekil 3.15 a) Çelik çaprazlı taşıyıcı duvar [1] b) Betonarme perde duvar [1]

Betonarme perdeler, kesitteki uzunluğunun kalınlığına oranı en az 6 (altı) olarak tanımlanan taşıyıcı sistem elemanlarıdır [84]. Düşey çelik çaprazlı taşıyıcı duvarlar ise çerçeve sisteme düşey çelik çapraz kafeslerin eklenmesiyle oluşturulmaktadır.

Çerçevelerin çapraz elemanlarla birleştirilmesi, yatay yüklere karşı verimli ve ekonomik bir taşıyıcı sistem tercihi olmaktadır. Çerçeve sisteme eklenen çaprazların, yüksek yapının yatay yüklere karşı olan eğilme ve kesme rijitliğini arttırması, çerçevenin ise düşey yükleri karşılaması beklenmektedir [80] Yapısal olarak çaprazlı çerçeveler, eş merkezli ve dış merkezli olmak üzere iki başlıkta incelenmektedir (Şekil 3.16). Çapraz elemanların konumu, yapının mimari tasarımıyla doğrudan ilişkilidir [65].



a)

b)

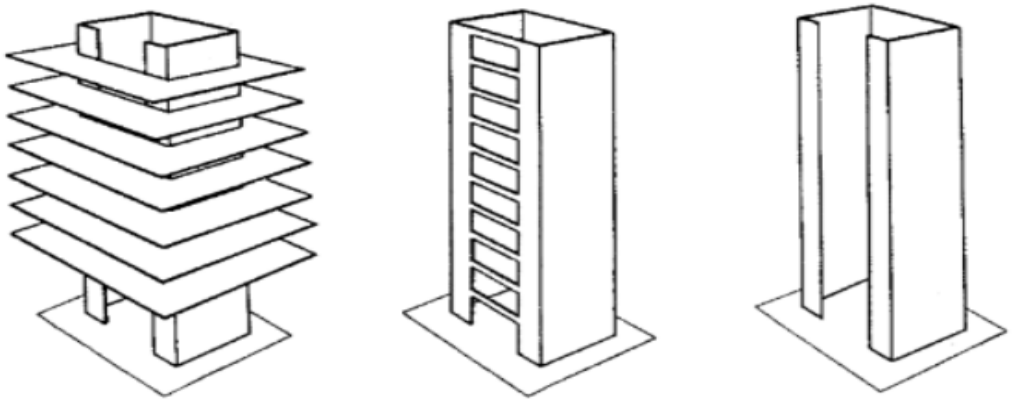
Şekil 3.16 Çelik çapraz tipleri a) Eş merkezli b) Dış merkezli [1]

Eş merkez çaprazlı çerçevelerde; kolon, kiriş ve çaprazlar ortak bir bağlantı noktasında birleşmektedir. Dış merkez çaprazlı çerçevelerde; çaprazlar, kolon kiriş birleşimine dış merkezli olacak şekilde bağlanmaktadır.

Çaprazlı çerçevelerin çalışma prensibi; çaprazın bağlandığı alt ve üst kirişlerde eğilme ve kesme yoluyla oluşan kuvvete karşı yeterli sünekliğin sağlanması yoluyla yatay yükün sönümlenebilmesidir. Dış merkez çaprazlı çerçevelerin yatay yüklere karşı olan rijitlikleri merkezi çaprazlı çerçevelere göre düşük olsa da özellikle sismik hareketliliğin fazla olduğu bölgelerde enerji sönümleme kapasitelerinden dolayı tercih edilmektedirler [1].

3.2.1.4 Çerçeve + Çekirdek Sistem

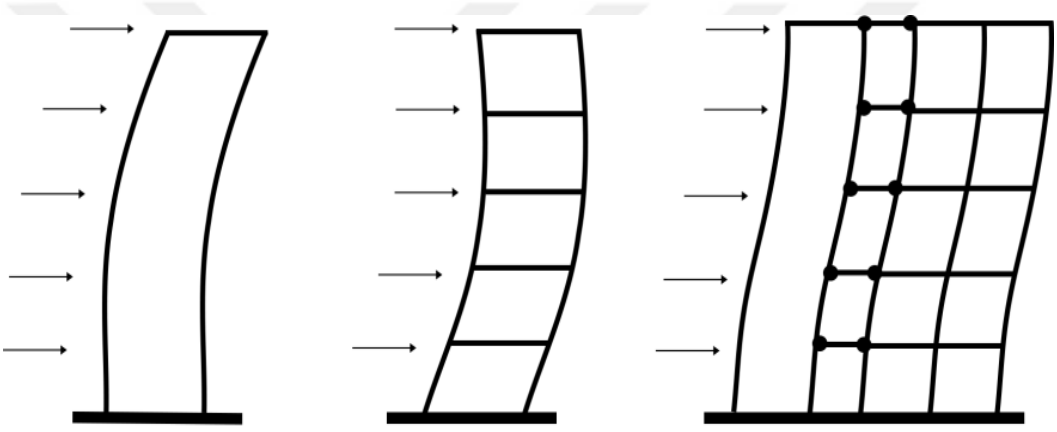
Çekirdek, yüksek yapılarda eğilmeye ve burulmaya direnç gösterip hem düşey yükleri karşılayan hem de yatay yüklere karşı yapının rijitliğini sağlayan birincil yapı elemanıdır [80]. Çekirdek etrafındaki duvarlar, betonarme perde duvar olabileceği gibi, çelik çerçevelerden de oluşabilmektedir. Betonarme perde duvarlı tamamen kapalı bir çekirdek, yatay yüklere ve burulmaya karşı en rijit çözüm olsa da kısmi kapalı bir çekirdek tasarımıyla çekirdek; rijitlik merkezi olmasının yanında ulaşım merkezi ve şaft merkezi olarak da hizmet vermektedir [1]. Betonarme çekirdekler ; döşemelerin konsol yapmasıyla kısmen kapatılabilen (Şekil 3.17a) veya kirişlerle kısmen kapatılabilen (Şekil 3.17b), açıklıkları olan kutu kesitli betonarme perde duvarların birleşiminden (Şekil 3.17c) oluşur [80].



a) b) c)

Şekil 3.17 a) Döşemelerle kısmen kapalı çekirdek [80]
b) Kirişlerle kısmen kapatılmış çekirdek [80] c) Açık çekirdek [80]

Betonarme perdeler konsol kiriş gibi davrandıklarından yatay yükler altında eğilme davranışı göstererek, katlar arasındaki ardışık ötelenmelerde giderek artış olmaktadır. Çerçeve sistemde ise katlar arasındaki ardışık ötelenmeler yükseklik arttıkça azalmaktadır. Bunun sebebi katların rijitliğine bağlı olarak kesme kuvvetinin alt katlarda en büyük olmasıdır. Yatay yüklerin karşılanmasında verimli bir taşıyıcı sistem tercihi olarak kullanılabilen betonarme perdelerin çerçeve sistemlerle kombinasyonu yapıldığında, bu kompozit sistem yatay yüklerin neredeyse tamamını karşılamaktadır [68]. Betonarme perde sistem ile çerçeve sistemlerin bileşik kullanımıyla perde elemanın üst katlara doğru artan eğilmesi çerçeveler tarafından, çerçevelerin alt katlardaki yüksek kayması ise perde tarafından engellenecektir (Şekil 3.18).

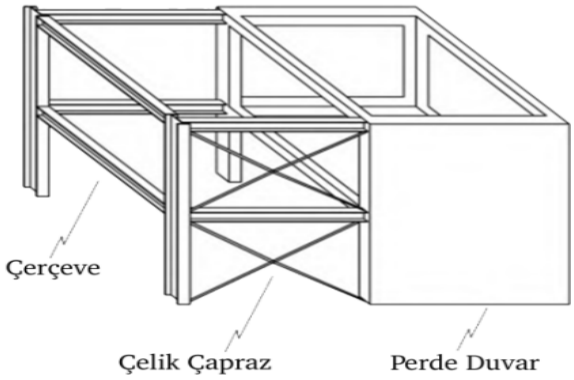


a) b) c)

Şekil 3.18 a) Eğilme tipi ötelenme [85] b) Kesme tipi ötelenme [85]

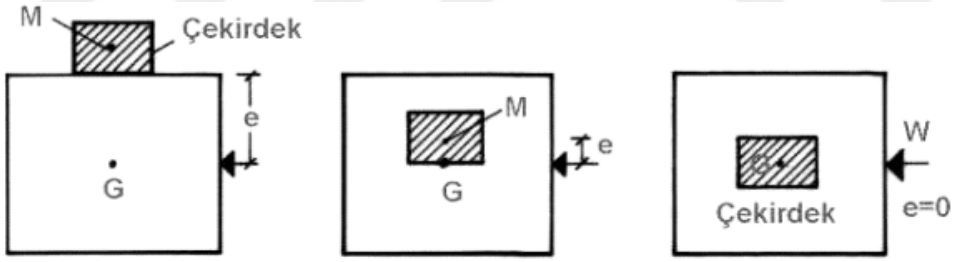
c) Sistemlerin birlikte kullanılması [85]

Dolayısıyla yatay yükleri karşılamada betonarme perdelerin ve çerçevelerin, birbirlerinin avantajlı yönlerinden yararlanıp dezavantajlarını sınırlandırmaları bakımından birlikte kullanılmaları ile birçok taşıyıcı sistem tasarımı ortaya çıkmaktadır (Şekil 3.19).



Şekil 3.19 Betonarme perde sistem ve çaprazlı çerçevenin kombinasyonu [1]

Betonarme çekirdek ile çerçevelerin birlikte kullanıldığı çeşitli planlamalar çekirdeğin konumu açısından taşıyıcı sistem performansına göre değerlendirildirilebilir. Burada çekirdeğin konumu (Şekil 3.20), yüksek yapının yatay yükler altındaki performansı açısından büyük önem taşımaktadır. Yapının kendi düşey ekseni etrafında dönmesinin engellenmesi için, yani burulma momentinin ortaya çıkmaması için yapının geometrik merkezi ile taşıyıcı sisteminin merkezi olan rijitlik merkezi çakıştırılmalıdır. Yapının geometrik merkezi ile rijitlik merkezinin çakışmasıyla yapıda dış merkezlik oluşmamaktadır.

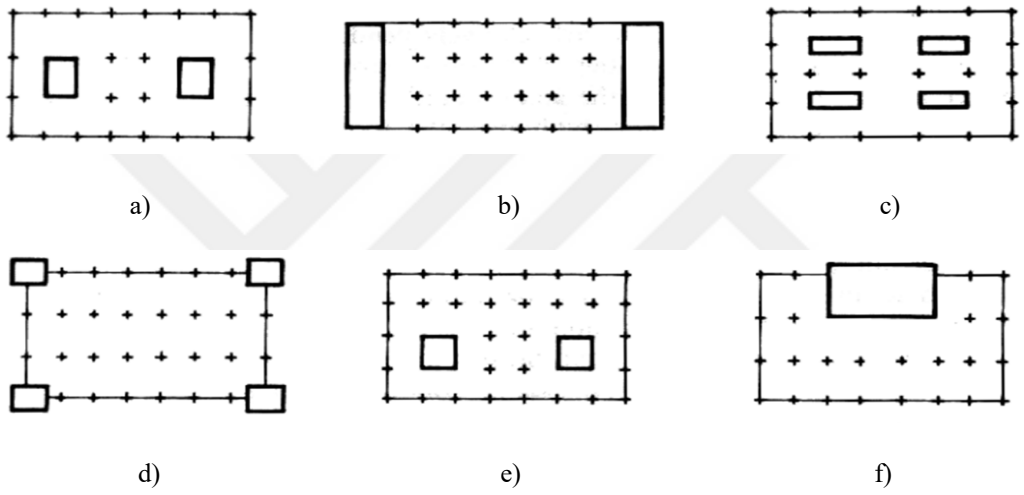


a) b) c)

Şekil 3.20 Çekirdeğin yerinin rijitlik açısından değerlendirilmesi a) Büyük dış merkezlik (iyi değil) b) Küçük dış merkezlik (daha iyi) c) Dış merkezlik yok (ideal) [22]

Betonarme çekirdek ile çerçevelerin birlikte kullanıldığı planlar, çekirdeğin taşıyıcı sistem performansına göre değerlendirildiğinde (Şekil 3.21); çekirdeğin, merkezi ve kat planında simetrik olmasıyla (Şekil 3.21a-c) yapıya etkiyen yatay yüklerin bileşkesi, yapının rijitlik merkezi olan çekirdekten geçmektedir. Böylece çekirdek perdelerinde yalnızca eğilme ve kesme etkileri görülmektedir [22]. Dolayısıyla

çekirdek hacminin, merkezi yerleştirilmesi ve yapının kat planının formuyla benzerlik göstermesi dış merkezlik oluşumunu engellemektedir. Bir başka deyişle, yapının temel rijitlik merkezi olan çekirdeğin kat planının merkezinde çözümü yani merkezi çekirdek tasarımı, yapının yatay yükler altındaki performansı için optimum çözümlerdendir. Çeper çekirdek (Şekil 3.21b) ve köşe çekirdek (Şekil 3.21d) tasarımlarında da dış merkezlik oluşumu engellendiği için bu tasarımlar da yüksek yapılar için iyi birer taşıyıcı sistem tercihidir. (Şekil 3.21e-f)'de görülen tasarımlar ise yapı stabilitesi bakımından ideal çözümler değillerdir. Bu tasarımlarda, yapıda yük aktarımı eşit ve simetrik biçimde olmamaktadır. Yapı yatay yükler altında burulmaya maruz kalacaktır.

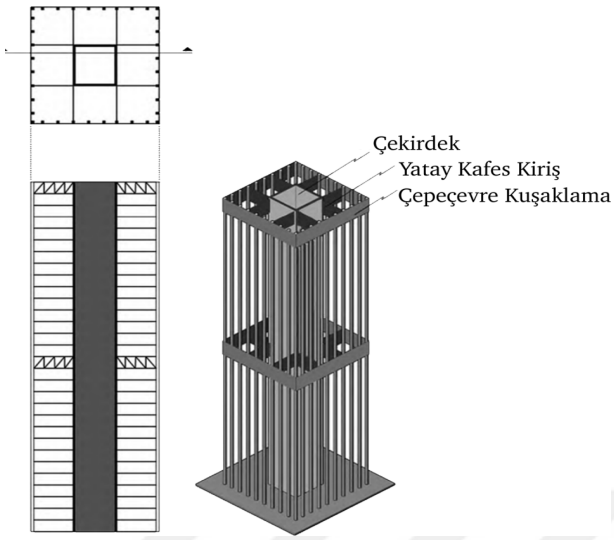


Şekil 3.21 Çekirdek ve çerçevenin birlikte düzenlendiği çeşitli plan formları [22]

3.2.1.5 Çerçeve + Çekirdek + Rijit Katlı Sistem

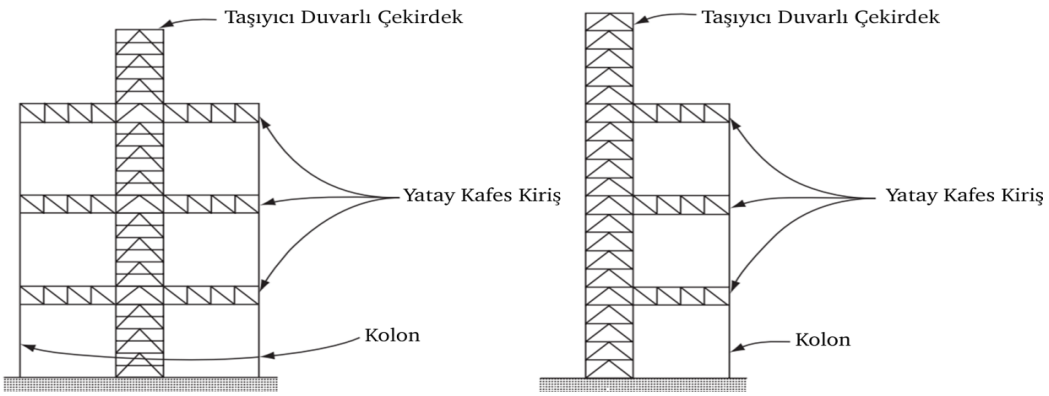
Yüksek yapıda, çerçeve ve çekirdeğin birlikte kullanıldığı sisteme rijit katların eklenmesi (Şekil 3.22) salınımı sınırlandırmak açısından oldukça etkilidir. Yüksek yapılarda çekirdek, gemi direğine benzetilirse bu durumda yatay kafes kirişler yayıcı, çevre kolonlar ise destek işlevi görmektedir. Zeminden konsol kiriş gibi yükselen ve sistemin ana taşıyıcısı olan çekirdekteki eğilmeyi azaltmaya yönelik olarak çekirdeğe bağlanan yatay kafesler, yükün belli bölümünü dış kolonlara aktarmaktadır [65]. Çevre kolonların yer değiştirmelerini sınırlandırmak içinse çepeçevre kuşaklama kirişleri kullanılmaktadır [32]. Bu şekilde sistemin elastik davranışı artmaktadır. Çekirdekle birlikte bileşik sistem olarak tasarlanan rijit katların avantajları arasında, geniş çevre kolon aralıklarının estetik ve işlevsel olarak yarattığı imkan sayılabilir. Yapının çeperinde taşıyıcı düzenlemesi bu

sistemde basitçe yapılabilmekte, geniş pencere boşlukları ile gün ışığından yararlanma oranı artmaktadır.



Şekil 3.22 Yatay kafes kirişli sistem ve kuşaklama [1]

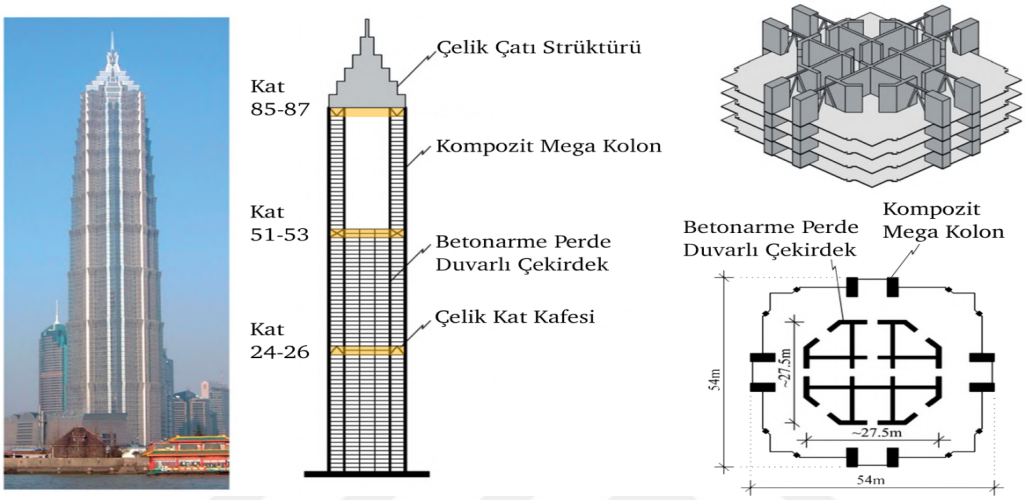
Yatay kafes kirişler, çevre kolonların düşey çapraz kafeslerle planlanmasını veya iç kolonları gerektirmeyebilir. Dolayısıyla rijit katlı sistemler tübüler sistemde olduğu gibi doğrudan cephede mimari olarak ifade edilmeyebilir [32]. Çekirdek, yatay kafes kirişlerle birlikte tasarlanarak merkezi olarak konumlandırılabildiği gibi yapının belli bir tarafında konumlandırılıp kafeslerin tek yönde bağlanması da sağlanabilmektedir (Şekil 3.23) [65]. Yüksek yapı yatay yüklere maruz kaldığında, çekirdeğe rijit bağlanmış kirişler çekirdeğin burulmasını ve eğilmesini kontrol ettiğinden ideal sistem çekirdeğin merkezi tasarlanması ve kafes kirişlerin tek taraflı değil simetrik olacak şekilde çekirdeğe bağlanmasıdır.



a) b)

Şekil 3.23 Çekirdek ve yatay kafes kirişli sistem [65]

(Şekil 3.24)'te gösterilen 421 m yüksekliğindeki 88 katlı Jin Mao Tower (Shanghai, 1999) yapısının taşıyıcı sistemi; merkezi tasarlanmış betonarme çekirdek + 8 adet kompozit mega kolon + çelik kat kafesleri şeklindedir [65]. Yapının bulunduğu bölge olan Çin'in güneydoğu kıyı bölgesi, hem depremden hem de tayfundan etkilenen bir bölge olduğundan yapının taşıyıcı sisteminin yatay yüklere karşı performansı önem kazanmıştır.



a) b) c)

Şekil 3.24 a) Jin Mao Tower [1] b) Taşıyıcı sistem kesiti [1] c) Taşıyıcı sistem perspektifi ve plan [1]

Betonarme çekirdek, iki kat yüksekliğinde ve 3 farklı seviyede (24.–26., 51.–53. ve 85.–87. katlarda) tasarlanan çelik yatay kafes kirişler ile kompozit mega çevre kolonlara bağlanmaktadır. Mega kolonlar alt katlarda 1.5mx5m boyutlarındayken üst katlara doğru küçülüp, üst katlarda 1mx3.5m boyutlarındadır [1].

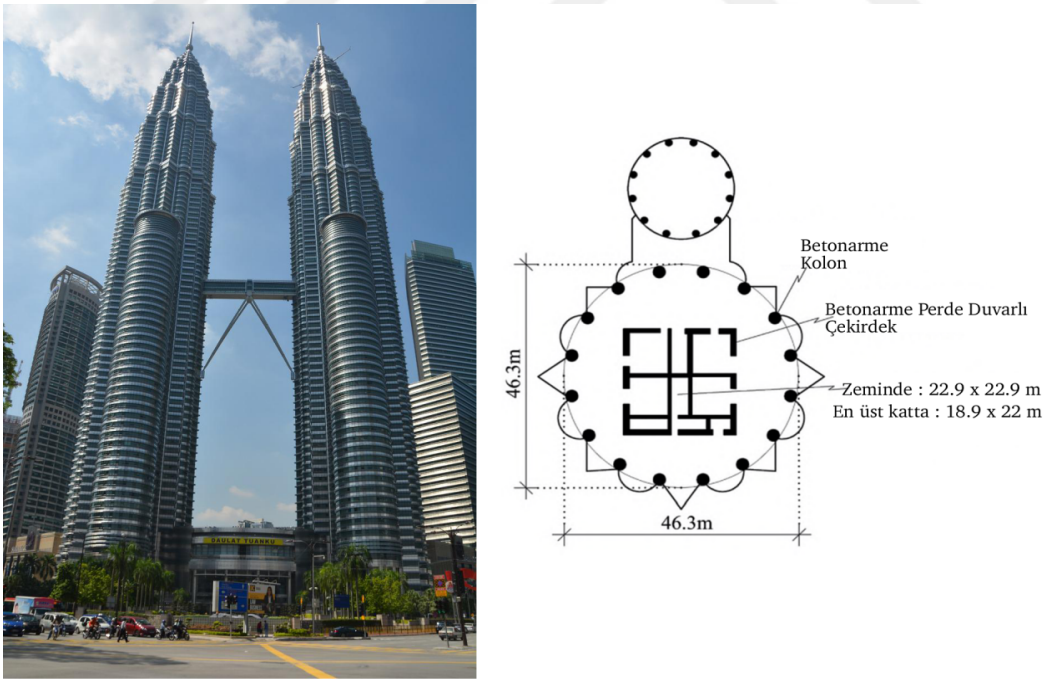
Yapının betonarme çekirdeği, deprem ve rüzgara karşı direnç gösteren temel rijitlik merkezi olup yapının iç kolonsuz biçimde kullanımına imkan sağlamıştır. Çekirdeğin yapısal gereksiniminin daha az olduğu üst katlarda bir tasarım kararı verilerek 56. kattan sonrası için bir atriyum (şekil 3.25) tasarlanmıştır.

Yapının sekizgen çekirdeği, yapıda burulmaya karşı yeterli direnci sağladığından mega kolonları birbirine bağlamak için çepeçevre kemer veya çapraz çerçeve sistem kullanılmamıştır [65].



Şekil 3.25 Jin Mao Tower otel bölümü atriyumu [86]

(Şekil 3.26)'da gösterilen 452 m yüksekliğindeki 88 katlı Petronas Towers (Kuala Lumpur, 1998) yapısının taşıyıcı sistemi; çerçeve sistem + merkezi çözümlenmiş betonarme çekirdek + 2 adet rijit kat şeklindedir [65]. Binanın betonarme merkezi çekirdeği zeminde 22,9 m x 22,9 m ölçülerinde kare kesitli olarak başlamakta ve bina yükseldikçe 18,9 m x 22 m ölçülerinde son bulmaktadır [1]. Çekirdek, çerçeve sistemin elemanlarının boyutlarını daha fazla büyütmeye gerek kalmadan, yapıda yatay yüklere karşı rijitlik merkezi görevini görmektedir.

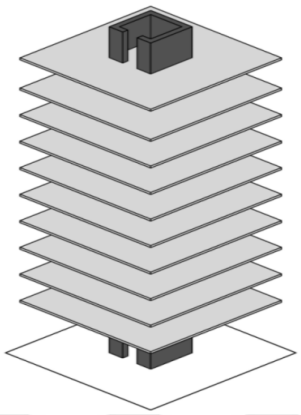


a) b)

Şekil 3.26 a) Petronas Towers b) Plan [1]

3.2.1.6 Çerçeve + Konsol Sistem

Çekirdeğin tek başına temel taşıyıcı sistem olarak tasarlandığı Çekirdek + Konsol sistem, düşey ve yatay yüklere dayanımlı betonarme perde duvarlı çekirdek ve çekirdeğe rijit bağlantılı döşeme plaklarından oluşmaktadır (Şekil 3.27).



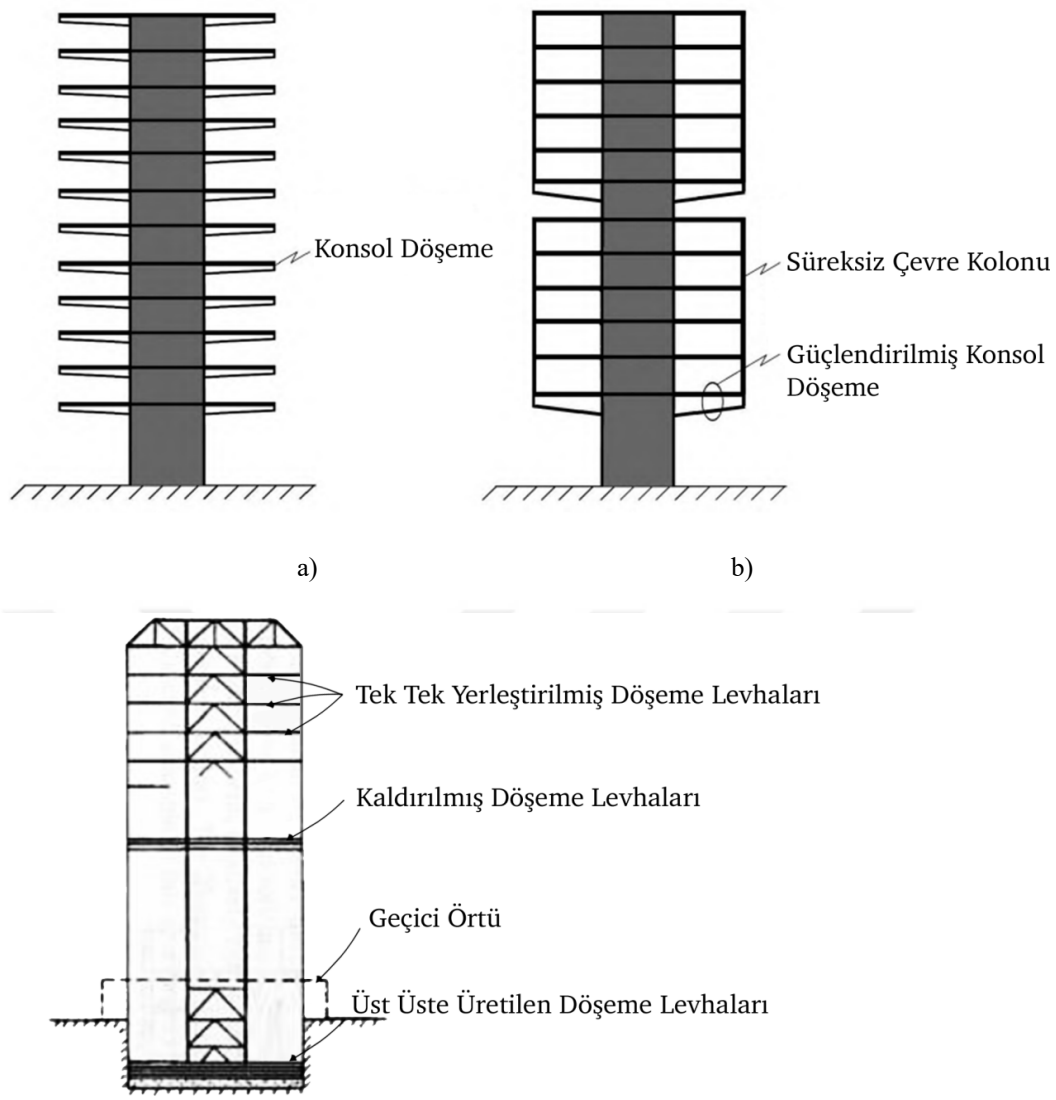
Şekil 3.27 Çekirdek + konsol sistem [1]

Sistemde kat döşemeleri çekirdekten konsollanabildiği gibi (Şekil 3.27a) aynı zamanda konsollanan döşeme plakaları, yapının çevre kolonları tarafından da desteklenebilmektedir (Şekil 3.27b) [1].

Asma sistemde de, kat döşemeleri çelik askı elemanlarıyla çekirdeğe asılmaktadır. Bu şekilde yapının giriş katı, düşey taşıyıcı elemanlardan arındırılmaktadır. Zemin katta yalnızca çekirdek hacmi bulunmaktadır. Bu sistemde döşemelerin üretimi zeminde yapılmaktadır ve döşeme levhaları tek tek kendi kotlarına kaldırılmak üzere zeminde üst üste dizilmektedir (Şekil 3.28c). Çekirdek ve askı elemanlar ise döşeme levhalarından bağımsız olarak yapılabilmektedir [80]. Her bir döşeme levhasının kendi kotuna çıkarılmasıyla yapı, yukarıdan aşağıya doğru tamamlanmaktadır.

Yapı yüksekliği arttıkça ve yatay yükün çok büyük olduğu durumlarda betonarme perdelerin konsol davranışından dolayı çekirdek sistem yeterli eğilme rijitliği gösteremediğinden mega kolon ve mega çekirdek sistem tercih edilmektedir [1].

Mega çekirdek sistemler, düşey ve yatay yüklerin tamamını taşıyan ve enkesitleri normalden daha büyük olan perde duvarların oluşturduğu mega boyutlu çekirdeklerden oluşan sistemdir.



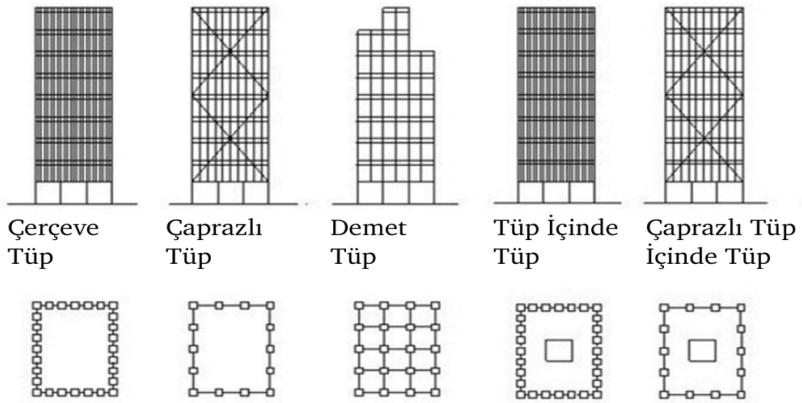
Şekil 3.28 a) Konsol döşeme [1] b) Güçlendirilmiş konsol döşeme [1] c) Döşeme levhalarının yerleşimi [80]

Çekirdek + Konsol Sistem; deprem bölgelerinde, yapıya etkiyen güçlü rüzgarların olduğu bölgelerde ve zemin koşullarının iyi olmadığı durumlarda yatay yükler altındaki salınımının fazla olması sebebiyle etkin bir taşıyıcı sistem çözümü olmamaktadır.

3.2.1.7 Tüp Sistem

Yüksek yapılarda kullanılan en tipik taşıyıcı sistem türlerinden biri tübüler sistemlerdir. Tüp sistemler çeşitli şekillerde gruplandırılabilir (Şekil 3.29). Tüp sistemin tarihsel gelişiminde ilk olarak çerçeve tüp sistem uygulanmış, ardından

yüksek yapının yükleri karşılama kapasitesini artırmak adına bu sisteme çapraz elemanlar eklenmiştir. Çerçeve tüp sistemleri demet tüp sistem ve tüp içinde tüp sistem takip etmiştir.



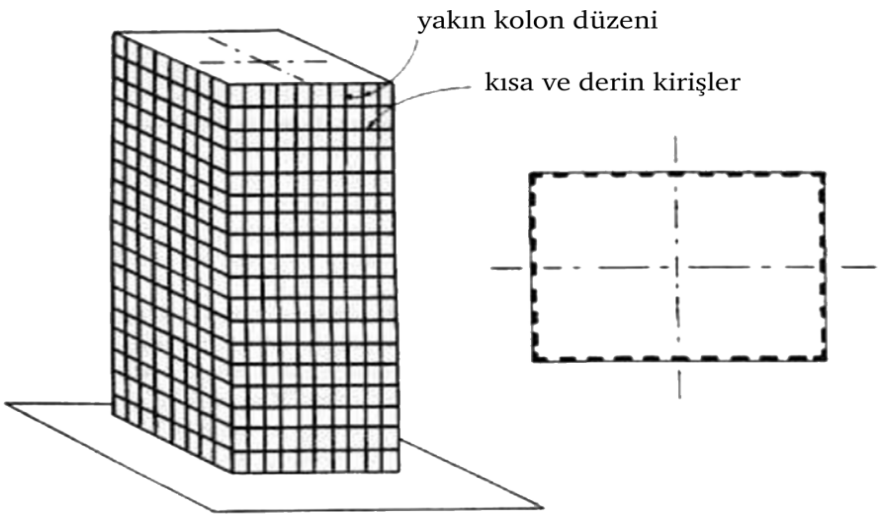
Şekil 3.29 Tüp sistemler [87]

Tübüler sistem 1960'larda Fazlur Khan tarafından geliştirilmiştir. Tübüler sistemde sık aralıklı kolonlar yerden yükselip yapı çevresinde borusal bir davranış sergilemektedir [1]. Bir başka deyişle tübüler sistemin çalışma mantığı, yatay yüklere karşı yeterli rijitlikte bir taşıyıcı sistem tasarlayabilmek için yapının tüm ataletini birleştirmek üzere 3 boyutlu boru şeklinde bir yapısal sistem geliştirmektir. Dolayısıyla tüp taşıyıcı sistemin yatay yüklere karşı ankastre bir konsol gibi çalıştığı düşünülmektedir [65]. Tübüler sistem, genel olarak iç kolonsuz tasarıma izin verdiği için merkezi bir çekirdek ile tasarlandığında, yapının çeper kolonlarından çekirdeğe kadar uzun açıklıklar planlanabildiğinden ofis binaları için idealdir [80].

- **Çerçeve Tüp Sistem**

Çerçeve tüp sistem (Şekil 3.30); derinliği genellikle 60 cm ile 120 cm aralığında değişen derin kirişlerle birbirine bağlanmış, yapının dış çevresini saracak şekilde 1.5 m - 4.5 m aralığında yerleştirilmiş kolonlardan oluşmaktadır [28].

Çerçeve tüp sistemler; çelik, betonarme ve kompozit yapılar için uygundur ve tipik çerçeve sistem mantığının evrimi şeklindedir.

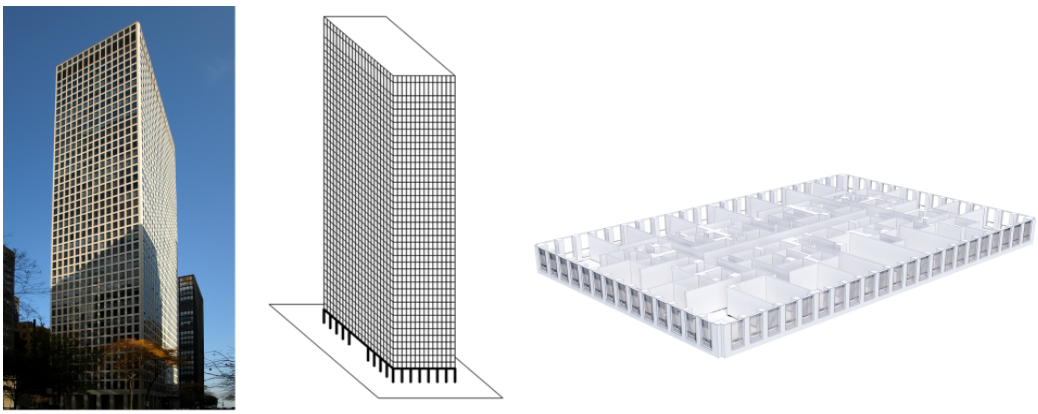


a) b)

Şekil 3.30 a) Çerçeve tüp sistem [80] b) Plan [80]

Yatay yüke, yapıyı çevreleyen tüpler direnmektedir. Düşey yükler ise tüplerle birlikte varsa iç kolon ve duvarlar tarafından paylaşılmaktadır. Yatay yüke direnen tüpler sayesinde iç mekanda esnek planlanma mümkün kılınmaktadır. Dolayısıyla özellikle ofis yapılarında kat alanının etkin kullanım oranı artmaktadır. Fakat bir diğer yandan sık kolon aralıkları sebebiyle çalışma ve yaşam mekanlarının doğal ışıktan faydalanma oranı azalmaktadır.

(Şekil 3.31)'de gösterilen, betonarme çerçeveli tüp sistemin ilk yapısı 42 katlı 120 m yüksekliğindeki DeWitt-Chestnut Apartment ‘dır (Chicago, 1965) [88].

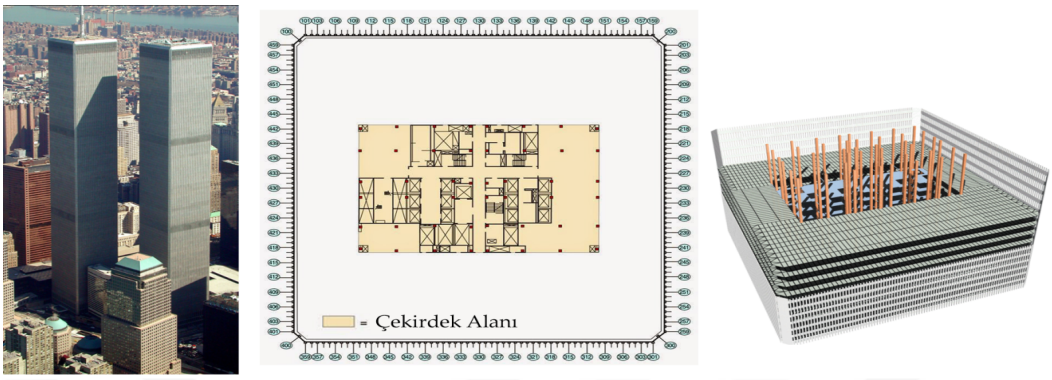


a) b) c)

Şekil 3.31 a) DeWitt-Chestnut Apartment [89] b) Çerçeve tüp sistem [1]

c) Perpektif kesiti [90]

(Şekil 3.32)'de gösterilen, 110 katlı 415 m ve 417 m yüksekliğindeki World Trade Center'da (New York, 1972) çelik tüpler 1,02 m aralığında yerleştirilmiştir [1]. Yapıda 46 adet çelik kolon merkezi olarak konumlanarak çekirdek hacmi oluşturmuştur.

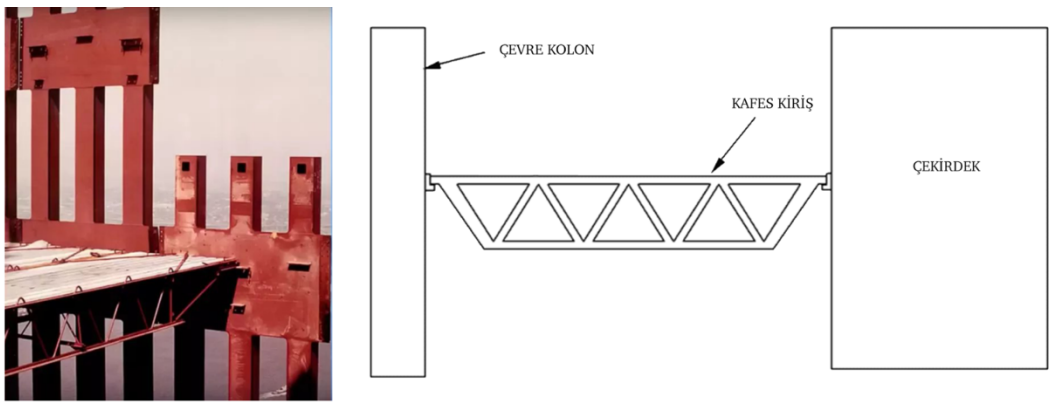


a) b) c)

Şekil 3.32 a) World Trade Center [91] b) Tipik kat planı [92]

c) Taşıyıcı sistem perspektifi [92]

Yapının merkezi çekirdek çözümü, ofislerin yerleşimini kolaylaştıracak ve açık ofis kullanımını sağlayacak şekildedir. Merkezi çekirdek çözümünün yapıda yarattığı dezavantaj ise, çekirdek ve dış tüpler arasındaki mesafe oldukça büyük olduğu için bu mesafeyi uzun kirişlerle geçmek zorunda olmasıdır. Bu mesafeyi daha ekonomik ve hafif geçmek için çekirdek sisteme entegre kafes kirişler kullanılmıştır (Şekil 3.33).

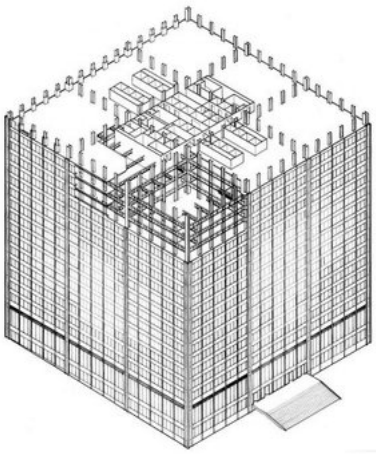


a) b)

Şekil 3.33 a) World Trade Center inşaat aşaması [93] b) Döşeme kirişi [92]

- **Demet Tüp Sistem**

Demet tüp sistem (Şekil 3.34), birlikte tek bir boru gibi hareket eden birleştirilmiş birden çok çerçeveli veya kafesli boru sistemidir. Bu sistem sayıca birden çok tüpün birleştirilmesi esasına dayandığı için farklı yüksekliklerdeki tüp tasarımlarına izin vermekte böylece esnek mimari tasarımlar yapılmasına imkan sağlamaktadır. Aynı zamanda demet tüp sistem, çerçeveli tüp sisteme göre daha geniş kolon aralıkları sağlayabildiğinden yapının pencere genişliklerinin ve doğal ışıktan yararlanma oranının artmasına izin vermektedir.

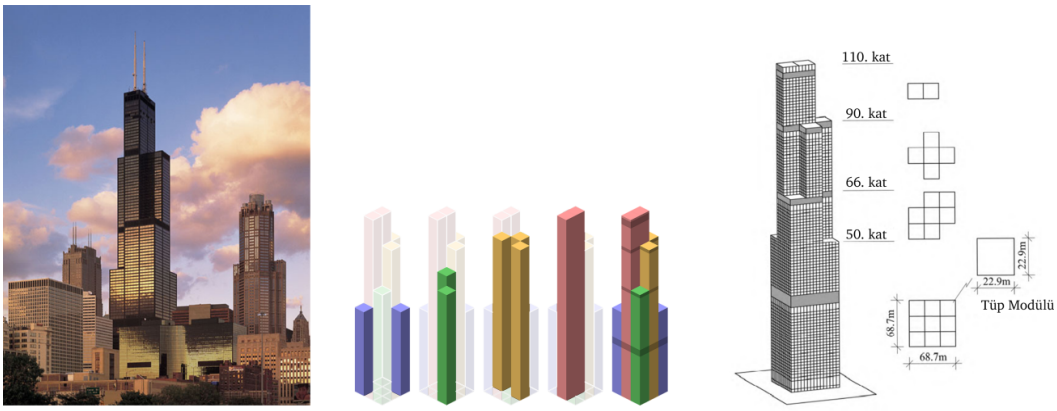


Şekil 3.34 Tipik bir demet tüp sistemin perspektifi [94]

Demet tüp sistemi; çelik, betonarme ve kompozit yapım sistemleri için uygun bir taşıyıcı sistem çözümüdür.

(Şekil 3.35)'te gösterilen 108 katlı 442 m yüksekliğindeki Sears Tower (Willis Tower) (Chicago, 1974) demet tüp sistemin ilk yapısıdır. Yapıda çevre kolonlar 4,6 m aralığında yerleştirilmiştir. Yapı, farklı seviyelerde sonlanan 9 adet çelik çerçeve tüp yapısının birleşimi şeklindedir [28]. Yapının narinliğini kontrolü, yapı yüksekliği arttıkça plan boyutlarının küçültülmesi şeklinde planlanmıştır.

Demet tüp sisteminin dezavantajı olarak, iç mekanın planlanma esnekliği azaltan iç kolonlar sayılabilir. Dolayısıyla ofis alanlarının çoğu için arzu edilen bir sistem değildir.

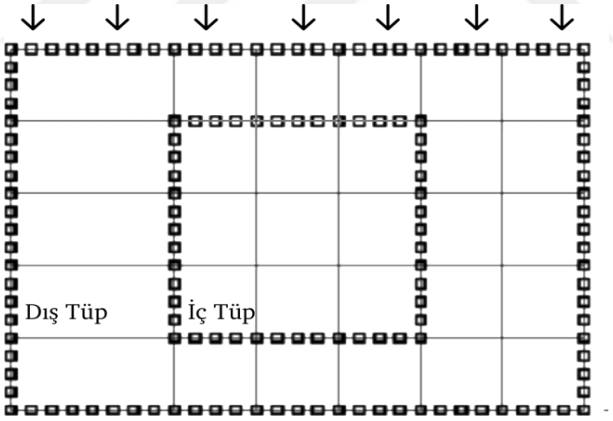


a) b) c)

Şekil 3.35 a) Sears Tower [95] b) Strüktür şeması [96] c) Kat planı şeması [1]

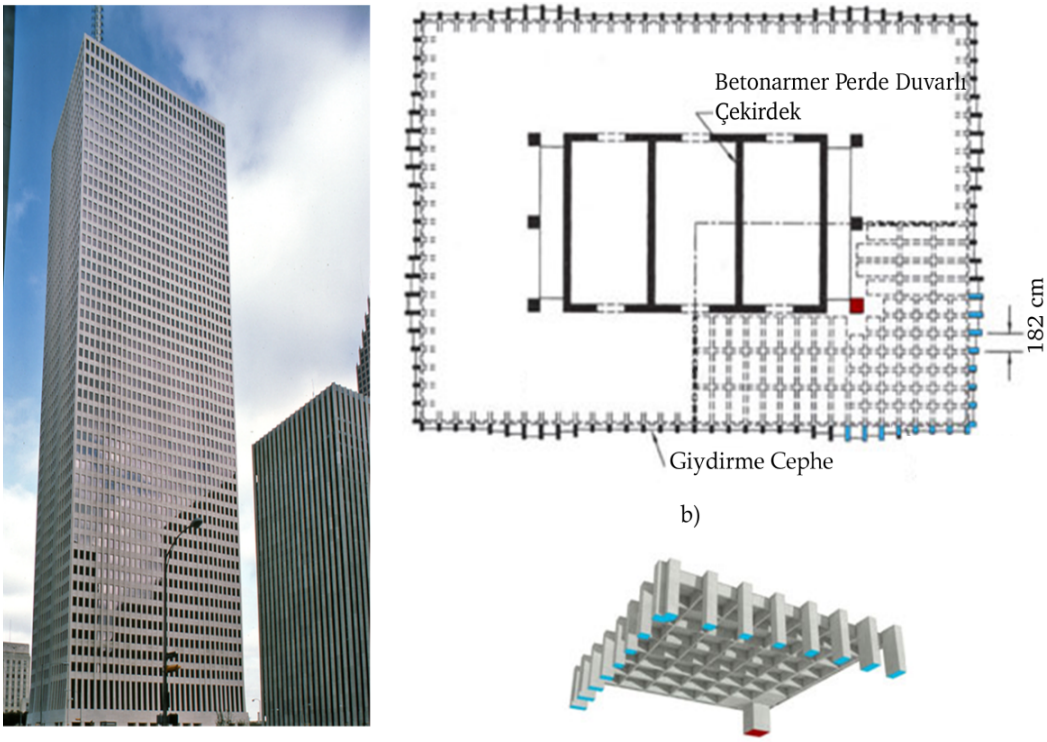
- **Tüp İçinde Tüp Sistem**

Tüp içinde tüp sistemde (Şekil 3.36), iki adet tüp sistem tasarlanmaktadır. Yapının kabuğu dış tüp olarak planlanırken yapının servis çekirdeği iç tüp olarak planlanmaktadır. Burada iç tüp, yapının yatay yükler altında devrilmeye karşı rijitliğini sağlayan dış tüpe ek olarak yatay direnci artırmak için planlanmaktadır [97]. Bu sistem "çekirdek içinde çekirdek" olarak da tanımlanabilir.



Şekil 3.36 Tüp içinde tüp sistem [97]

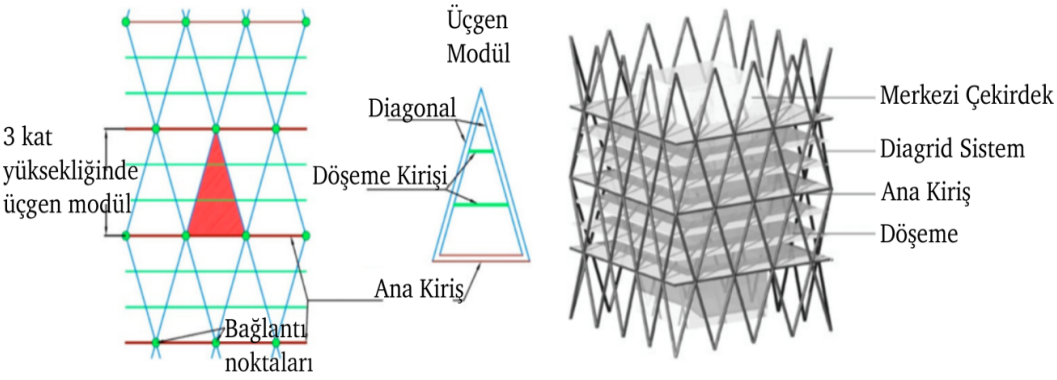
(Şekil 3.37)'de gösterilen 218 m yüksekliğindeki 50 katlı One Shell Plaza (Houston, 1971) tüp içinde tüp sistemin kullanıldığı ilk yapıdır. Dış tüpü oluşturan kolonlar 182 cm aralıkla yerleştirilmiştir. İç tüp, yapının betonarme perde duvarlı çekirdeğidir. Çekirdek, taşıyıcılık görevinin yanında; asansör, merdiven ve mekanik odayı barındırmaktadır [98].



Şekil 3.37 a) One Shell Plaza [99] b) Plan [98] c) Kaset döşeme [98]

3.2.1.8 Diagrid (Rijit Platform) Sistem

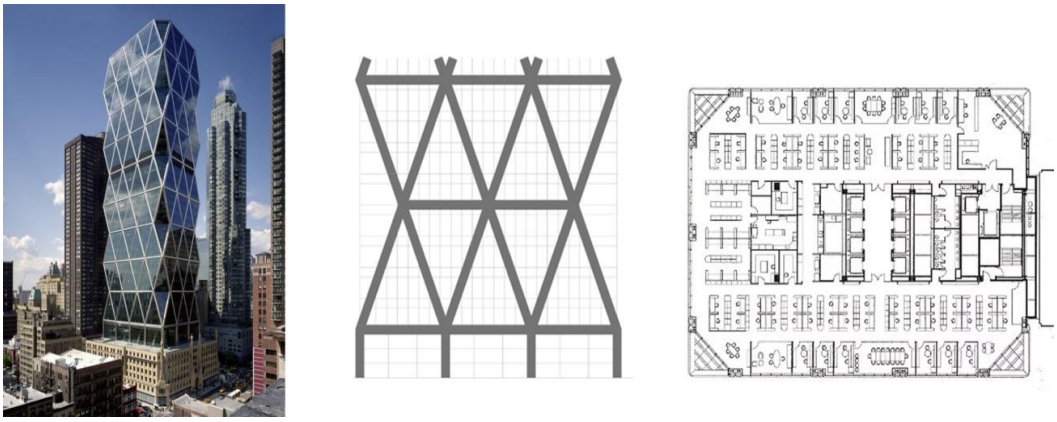
Diagrid sistemde (Şekil 3.38), düşey ve yatay yüklere karşı taşıyıcılık, yapıda optimum performans gösterecek açısında planlanmış birkaç kat yüksekliğinde tekrar eden üçgen konfigürasyonlu taşıyıcı elemanlarla sağlanmaktadır [28].



Şekil 3.38 a) Diagrid modül şeması [100] b) Diagrid sistem konfigürasyonu [100]

(Şekil 3.39)'da gösterilen 46 katlı 182 m yüksekliğindeki Hearst Tower (New York, 2006) temel taşıyıcı sistemi olan diagrid sistemle yatay yüklere karşı direnç

göstermektedir ve içte yer alan çekirdek hacmi diagrid sisteme destek niteliğindedir. Yapıda diagrid taşıyıcılar, giydirme cam cepheyle birlikte kullanılmıştır [32].



a) b) c)

Şekil 3.39 a) Hearst Tower [101] b) Diagrid taşıyıcı sistem konfigürasyonu [32] c) Plan [102]

3.3 Düşey Ulaşım Merkezi Olarak Çekirdek

Yüksek yapılarda çekirdek; asansörleri, merdivenleri ve acil kaçış yollarını içermesi bakımından düşey ulaşım merkezi olma fonksiyonuna sahiptir.

Yapıda, kat düzeyindeki ve katlar arasındaki ulaşımı şekillendirecek olan en önemli faktör yapının hangi fonksiyonda kullanılacağıdır. Ofis yapılarında, otellerde, konutlarda, yapıya giriş – çıkışlar ve yapı içindeki sirkülasyon dinamiği farklılık göstermektedir [103]. Yüksek yapıların önemli bir bölümünün çok fonksiyonlu olduğu, bu sebeple kullanıcı sayı ve çeşitliliğinin fazla olduğu dikkate alındığında verimli ve etkin bir ulaşım sisteminin olması yapı için kritik öneme sahip olmaktadır. Dolayısıyla, yapının düşey ulaşım elemanlarını barındıran çekirdeğin, hem plan düzleminde hem de düşeyde etkin ve verimli bir şekilde planlanması gerekmektedir. Bu elemanların sayısı, boyutu, planlanma şekli, çekirdeğin planlanmasını etkilemektedir. Yapıda düşey ulaşım elemanlarının en temel olanı merdivenlerdir.

3.3.1 Merdiven

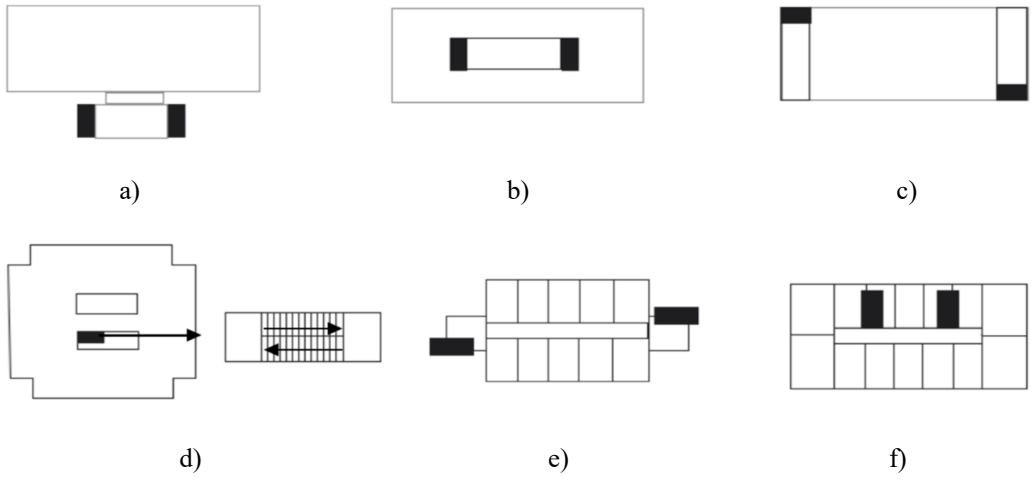
Merdivenler, farklı kotlar arasındaki bağlantıyı sağlayan, kademeli olarak konumlanmış düşey ulaşım araçlarıdır. Yüksek bir yapının asansör sistemindeki kullanıcı trafiği ile karşılaştırıldığında merdivenler daha az yoğundurlar [104]. Asansör sisteminde veya yürüyen merdiven sisteminde oluşabilecek bozulma ya da bakım ihtimali sebebiyle yapıda merdiven planlaması zorunludur. Merdivenlerde, mekanik bir sisteme gereksinim duymadan güvenli ve sürekli bir şekilde ulaşım sağlanabilmektedir. Aynı zamanda yangın gibi acil durumlarda kullanıcı yoğunluğunun aynı anda çıkışa yönelmesiyle yaşanacak soruna yönelik olarak da merdivenler sürekli olarak hizmet vermektedir [103]. Değiştirdikleri kat sayısına göre kullanıcıların merdiven (yangın merdiveni hariç) kullanım oranlarının değişimi Tablo 3.1'deki gibi özetlenebilmektedir. Asansörler, çok sayıda kat değiştirirken tercih edilen birincil düşey ulaşım araçlarıyken özelllikle 1 veya 2 kat değiştirirken kullanıcının merdivenleri tercih etme oranı yüksektir [80]. Bir diğer açıdan kullanıcı, asansör bekleme süresine karşı da merdiven ve yürüyen merdiven tercihinde bulunabilmektedir.

Tablo 3.1 Kullanıcıların merdiven kullanım oranları [105]

Seyahat edilen kat sayısı	Kat Çıkarken	Kat İnerken
1	80%	90%
2	50%	80%
3	20%	50%
4	10%	20%
5	5%	5%
6	0%	0%

Yangın korunumu, yüksek yapı tasarımında önemli bir parametredir. Çekirdek, normal merdiven ve asansörleri barındırdığı gibi yangın başta olmak üzere acil durumlardaki çıkış için gerekli merdivenleri ve yangın asansörlerini de barındırmaktadır. Farklı çekirdek tasarımları, düşey ulaşım elemanlarının kullanım verimliliği ve katın net kullanılabilir alanı bakımından çeşitli şekilde karşılaştırılabilmektedir (Şekil 3.40). Bağımsız dış çekirdek (Şekil 3.40a) içinde tasarlanan kaçış merdivenlerine ve diğer düşey ulaşım elemanlarına kat kullanıcılarının ulaşma süresi daha fazla olacaktır. Bu nedenle özellikle uzun planlı

yapılarda dış çekirdek planlaması daha verimsizdir. Merkezi çekirdek (Şekil 3.40b) içinde planlanan düşey ulaşım elemanları ise kat kullanıcılarının ulaşımı açısından uygundur. Bir diğer yandan merkezi çekirdeğe sahip küçük planlı yapılarda çekirdek etrafındaki sirkülasyon koridorlarıyla birlikte kattaki net kullanım alanı azalmaktadır. Aynı zamanda düşey ulaşım elemanları direkt olarak çalışma mekanlarına açılmaktadır. Uç çekirdek (Şekil 3.40c) içinde planlanan düşey ulaşım elemanları, ölü uçlu koridorlar oluşturmadığında uygun çözümler oluşturmaktadır. Uç çekirdek tasarımlarında merdiven ve asansör holünün daha çok ışık alması sağlanmaktadır. Aynı zamanda uç çekirdekler iç mekanda esnek mekanlar tasarlanmasına imkan sağlayıp kattaki net kullanım alanını arttırdığı için avantajlıdır. Dezavantaj olarak ise kattaki köşe mekanların merdiven ve asansör holü tarafından kapatılması sebebiyle kullanım dışı kalması sayılabilir. Çekirdekte makas merdiven planlaması (Şekil 3.40d), alan tasarrufu sebebiyle daha küçük kat planlı yapılarda verimli bir tercih olmaktadır. Ölü uçlu koridor oluşturan çekirdek çözümleri (Şekil 3.40e,f) ise acil tahliye gerektiren yangın gibi durumlarda verimli bir kullanıcı sirkülasyonu sağlayamadığı için önemli problemler yaratmaktadır. Bu nedenle yüksek yapılarda koridor uçlarının açık olması, kat kullanıcılarının çekirdeğe rahatlıkla ulaşması ve sirkülasyon için yeterli alanın oluşturulması sağlanmalıdır [104].

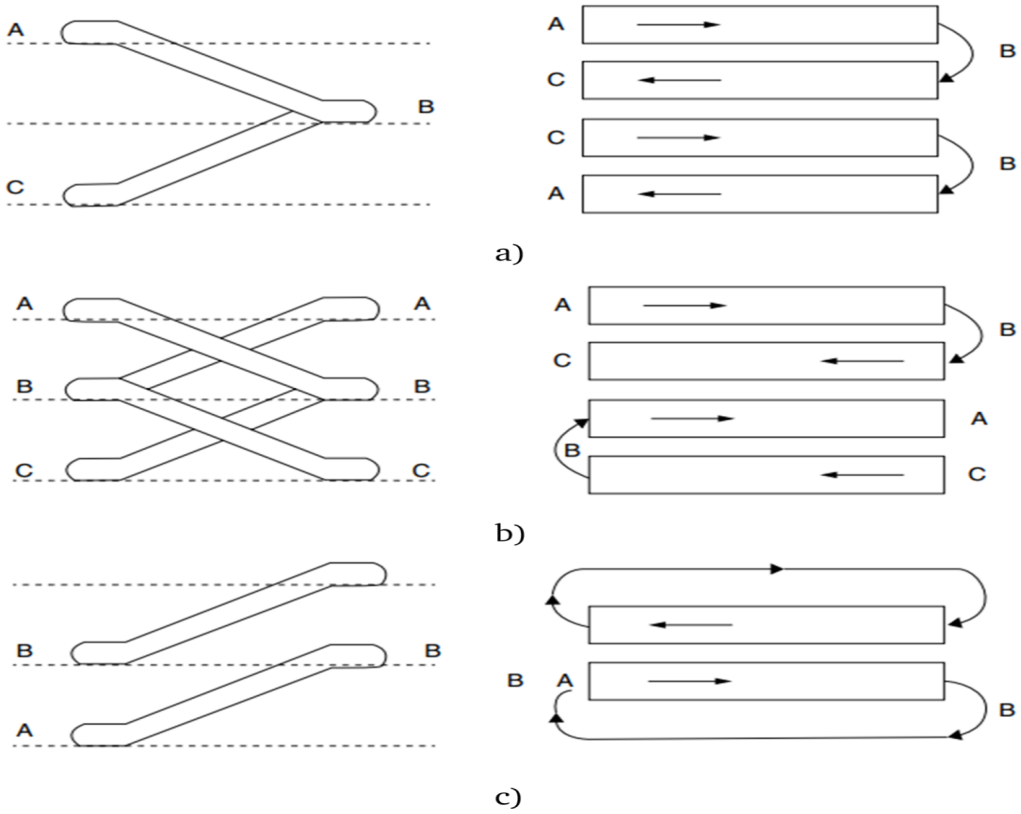


Şekil 3.40 Yüksek yapılarda çekirdek tasarımları [104]

3.3.2 Yürüyen Merdiven

Yürüyen merdivenler, kullanıcı yoğunluğunun fazla olduğu, özellikle yüksek yapıların kamuya açık olan katlarında merdiven ve asansörlere ek olarak hizmet veren düşey ulaşım araçlarıdır. Alışveriş merkezi gibi yoğun nüfuslu ticaret katlarına ulaşımın sürekli olduğu yerlerde avantajlı olmaktadır. Aynı zamanda yürüyen merdivenler otopark ulaşımında da oldukça verimli tercihlerdir. Bu şekilde asansörlerin ana terminalin altında da çalışmasının önüne geçilmekte ve kat kullanıcılarının asansör bekleme süreleri azaltılmaktadır.

Yürüyen merdivenler bitişik katlar arasındaki kısa mesafeli hareketlerde genelllikle açık bir dolaşım yoluna yerleştirilip kullanıcılar tarafından kolaylıkla kullanılabilmeleri sağlanmaktadır. Paralel (Şekil 3.41a), tek kollu çapraz (Şekil 3.41b) ve çift kollu çapraz (Şekil 3.41c) olmak üzere standartlaşmış çeşitli yürüyen merdiven düzenlemeleri bulunmaktadır [105]. Yürüyen merdivenler, plan düzleminde merdivenlerden daha büyük bir alan kaplamaktadır. Bu anlamda, katın net kullanım alanını düşürmemek adına çift kollu çapraz planlama tercihi kat planında daha az yer kaplayan bir tercihtir.



Şekil 3.41 Yürüyen merdiven düzenlemeleri [105]

Merdivenler ve yürüyen merdivenler mümkün olduğunca kendi hollerine sahip olmalı ve doğrudan yaya sirkülasyonunun olduğu koridora çıkmamalıdır. Bu şekilde düşey ve yatay ulaşımın sorunsuz birleşimi sağlanmalıdır [105]. Yürüyen merdivenlerin herhangi bir bozulma durumunda normal merdiven olarak hizmet vermeleri de mümkündür. Aynı zamanda yapıda kullanıcı yoğunluğunun arttığı durumlarda yürüyen merdivenlerin yönü akış yoğunluğuna göre yönlendirilebilmektedir. Hızı 0,60 m/sn olan yürüyen merdivenler ile saatte yaklaşık 5000 kullanıcı taşınabilmektedir [104]. Kullanıcıların asansör ve yürüyen merdiven arasında yaptığı tercihin kat sayısıyla ilişkisi (Tablo 3.2)' deki gibi özetlenebilmektedir. Burada kullanıcıyı yürüyen merdiven tercihine yönlendiren temel nokta yapıda asansör bekleme süresiyle karşılaştırıldığında yürüyen merdiven tercihinin daha az olan seyahat süresidir.

Tablo 3.2 Yürüyen merdiven ve asansör trafiği [104]

Seyahat edilen kat sayısı	Yürüyen Merdiven	Asansör
1	90%	10%
2	75%	25%
3	50%	50%
4	25%	75%
5	10%	90%

3.3.3 Asansör

Yüksek yapılarda düşey ulaşım merkezi olarak çekirdeğin etkin ve verimli bir şekilde planlanmabilmesinde en önemli planlama kriterinden biri, yapının birincil düşey ulaşım elemanı olan asansörlerinin planlanmasıdır [106]. 12-13 ve daha az katlı yapılar için geleneksel yöntemli asansör planlaması yapıya hizmet verebilirken daha çok kat sayısına sahip yapılarda asansör planlamasına ihtiyaç vardır [107]. Yüksek bir yapıda düşey ulaşım tasarımı için asansör planlanması yapılırken en önemli başlıklar asansörlerin; sayı, kapasite ve hız planlamasının yapılmasıdır [108]. Bu planlamanın etkin bir biçimde yapılması için yapının; yüksekliği, fonksiyonu, katlardaki kullanıcı sayıları, kullanıcıların ortalama asansör bekleme süreleri, yapı için geçerli yangın yönetmeliği düşünülmelidir [22], [106].

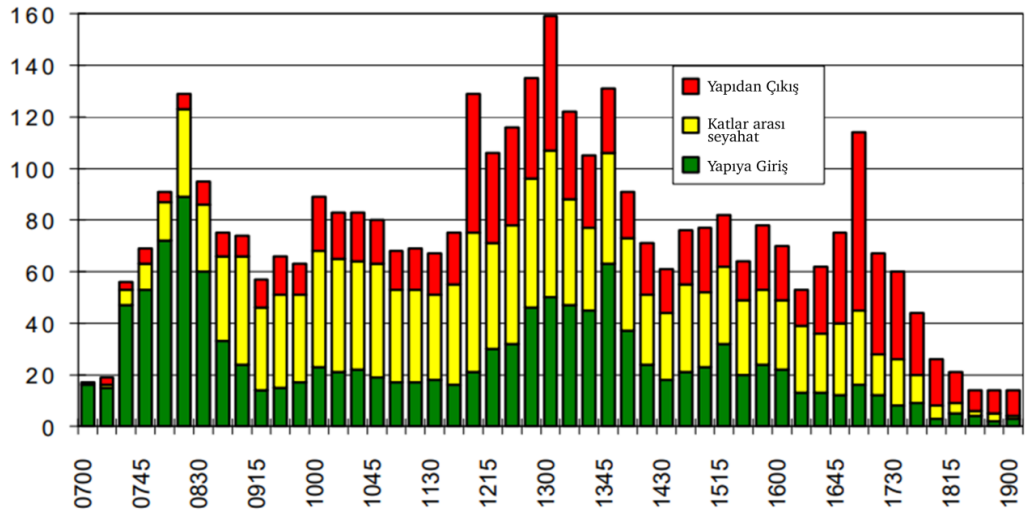
3.3.3.1 Yüksek Yapılarda Kullanıcı Trafiği

Yüksek yapılarda kullanıcı trafiği incelenirken; kullanıcının ilk olarak asansöre, sonra varış noktasına ulaşma süresi ve asansörlerin taşıma kapasitesi oldukça önemlidir ve planlamanın temelini oluşturur. Bekleme süresi, yolcunun asansör lobisine varışı ve asansöre binişine kadar geçen süre olarak tanımlanmaktadır. Seyahat süresi (transit süresi) ise kullanıcının asansöre binişinden varış noktasına ulaşıp inişini tamamlayana kadar geçen süredir [108]. Verimli bir asansör sisteminde asansör, mümkün olduğunda çok kullanıcıya hizmet etmeli ve kullanıcı her kata ulaşabilmelidir. Aynı zamanda kullanıcının asansör bekleme ve transit süresi mümkün olduğunca azaltılmalıdır.

Taşıma kapasitesi, asansörün 5 dakikada tek yönde taşıdığı kişi sayısının, toplam kullanıcı sayısına oranıdır. [31], [107]. Bir başka deyişle taşıma kapasitesi, bina kullanıcılarının yüzde kaçının 5 dk içinde ulaşmak istediği yere ulaştığını göstermektedir [107]. Asansörün kapasitesi, yapının fonksiyonuna göre değişmektedir. Ofis yapılarında %15 - %25 arasında iken konut ve otellerde %5 - %7 arasındadır [31]. Taşıma kapasitesi yapının tahmini dolma ve boşalma süresi ile ilgili bir kavramdır [107].

Yüksek yapıda asansörler, yapının kullanımında kritik olan zamanlarda kullanıcı trafiğine karşı yeterli hizmet verecek kapasitede olmalıdır. Örneğin bir ofis yapısı için kritik saat, öğle saatlerinin standart olduğu ve tüm kullanıcıların belli saatlerde öğle yemeğine gideceği öğle saatleridir. Ofis yapılarında bir başka kritik zaman olan sabah işe başlangıç ve mesai bitimi saatlerinde de asansör kapasitesi kullanıcı trafiği için yeterli olmalıdır. Eğer kapasite kritik saatlerde hizmet için yeterliyse günün geri kalanı için genellikle sorun oluşmamaktadır. Kullanıcılar için esnek ve kademeli çalışma saatleri planlanması, çalışanların kendi işe başlangıç ve ayrılış saatlerinin belirlenmesi kullanıcı yoğunluğunu azaltmaya yönelik alınmış olan önlemlerdendir. Yüksek yapının kritik trafik periyodu belirlenip, yeterli asansör taşıma kapasiteleri değerlendirildikten sonra uygun sayı, hız ve boyut tasarımı yapılmalıdır [109]. Düşey ulaşımda kullanıcı hareketlerinin anlaşılması komleks olup çeşitli bilgisayar simülasyonları ve mevcut geçmiş verilerle belirlenmektedir [106].

Avustralya'daki bir ofis yapısında saatlere göre kullanıcı trafik yoğunluğu, istatistiksel tahminlerle birlikte 15 dk'lık periyorlarda kata ve yöne göre kullanıcı giriş çıkışları dikkate alınarak grafikleştirilmiştir (Şekil 3.42).

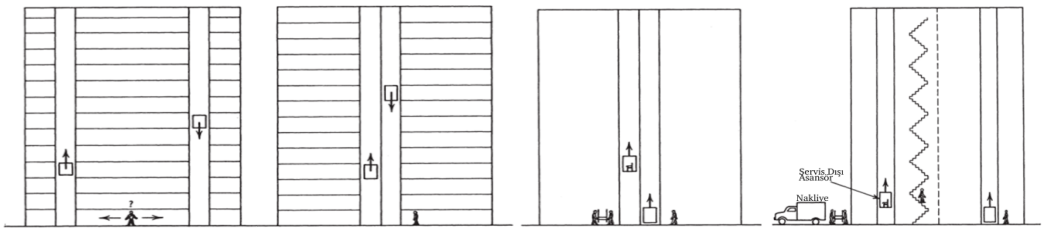


Şekil 3.42 Kullanıcı trafiği tahmini [107]

Çekirdeğin kat planında konumlandırıldığı yer, barındırdığı asansör grubunun çalışma verimliliğini etkilemektedir. Buna göre kat planında birkaç farklı yerde planlanan asansörler (Şekil 3.43a) kullanım açısından dezavantaj yaratmaktadır. Gruplandırılmış asansörler (Şekil 3.43b) kullanıcıların kararsızlığını önlemekte ve yapıda taşıma verimliliğini artırmaktadır.

Taşınma veya bakım gibi sebeplerle asansörlerden biri meşgul veya servis dışı kalırsa yapıda planlanan asansör sisteminin kullanıcı trafiğini aksatmayacak şekilde olması gerekmektedir. Gruplandırılmış asansörlerde asansörlerin biri kullanılamadığında kullanıcılar vakit kaybetmeden diğer asansörü kullanabileceklerdir (Şekil 3.43c).

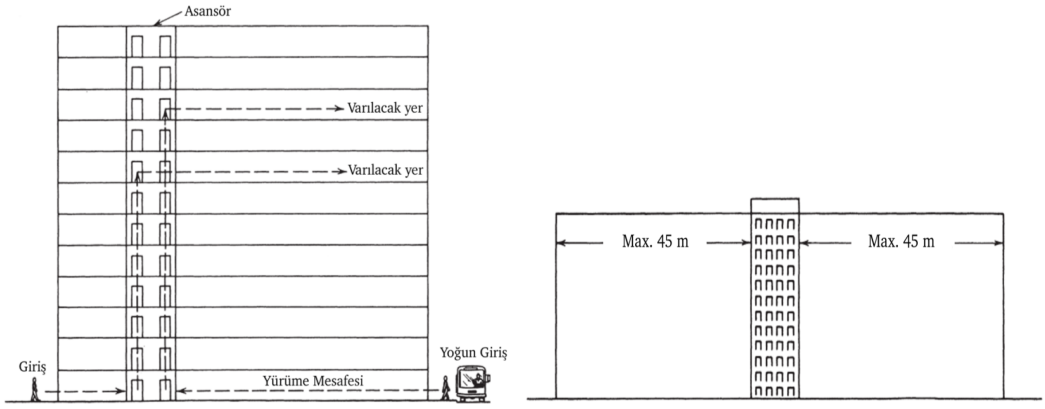
Asansörler birlikte planlanmamışsa (Şekil 3.43d) kullanıcının sirkülasyonu daha verimsizdir. Kullanıcı farklı yerde planlanan diğer asansöre yöneldiğinde asansörün gidiş-dönüş süresini de beklerse bekleme süresi artacaktır ve asansörü kaçırdığı taktirde bu süre daha da uzayacaktır.



a) b) c) d)

Şekil 3.43 Asansörlerin birlikte ya da ayrı tasarlanması [109]

Asansörlerin, merkezi olarak planlanmış olması, kattaki tüm kullanıcıların asansöre eşit sürelerde ulaşabilmesini sağlayacaktır. Asansörün kat planının belli bir bölgesindeki çözümü (Şekil 3.44a), çekiciliğini azaltacak ve kullanıcıların asansöre ulaşmak için daha uzun mesafeler katetmesini zorunlu kılacaktır. Bir diğer bakımdan, merkezi olarak tek bir asansörün planlanmasında da (Şekil 3.44b) özellikle yatay uzunluğu fazla olan yapılarda, kullanıcıların yatayda katedeceği mesafe fazla olabileceğinden dezavantajlar yaşanmaktadır. Bu sebeple katta ayrı konumlarda hizmet veren iki çekirdek tasarımının yapılması ve bu çekirdeğin içinde asansörlerin planlanması önerilmektedir. Aynı zamanda asansörden en uzak yürüme mesafesinin 45 m olması ve bu mesafenin 60 m'yi geçmemesi önerilmektedir. Örnek vermek gerekirse 90 m uzunluğundaki bir bina için merkezi olarak çözümlenmiş asansör uygun bir çözüm olacaktır [109].



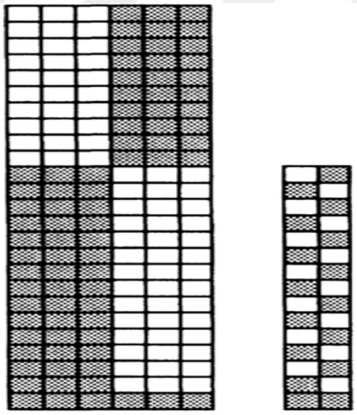
Şekil 3.44 a) Merkezi planlanmamış asansörler [109] b) Kullanıcıların katta asansöre ulaşmak için yürümesi gereken ideal mesafe [109]

Yüksek yapılarda kullanıcı trafiğinin yoğunluğunu doğru yönetebilmek için birden çok sayıdaki asansör, çekirdeğe farklı konfigürasyonlarda gruplandırılarak yerleştirilmektedir. Asansörlerde tercih edilen yerleşim şekli, yapıyı asansörlerin

kullanımı açısından, ekonomik açıdan etkilemektedir. Dolayısıyla asansörler için doğru bir yerleşim düzeni kurgulanmalıdır [108].

3.3.3.2 Asansörlerin Düşeyde Düzenlenmesi

Yüksek yapılarda tüm asansörlerin her kata hizmet vermesi; yolculuk sırasında çok sayıda durak, oldukça uzun bekleme süreleri ve uzun transit süresi anlamına gelmektedir. Yüksek yapılarda genel bir kural olarak, bir asansörün maksimum 15-16 kata hizmet vermesini sağlanmaktadır. Düşey ulaşımda verimliliği sağlamak ve kat planında çekirdeğin kapladığı alanı sınırlandırmak için asansörlerin hizmet verdiği kat sayısı, düşeyde bölgelere ayrılıp sınırlandırılmaktadır [105]. Bölgeler, belli sayıda gruplanmış asansörün hizmet verdiği bitişik katlardır. Bölgeleme uygulaması ile asansörün hizmet verdiği kat aralığı belli olmaktadır. Yüksek yapı asansörlerinde bölgeleme yaparken, lokal ve atlamalı olmak üzere iki tür yöntem vardır (Şekil 3.45).



a) b)

Şekil 3.45 Asansörlerde bölgeleme [105] a) Lokal bölgeleme b) Atlamalı bölgeleme

Lokal bölgelemede, yapı yatayda katmanlara bölünmektedir. Bu şekilde, tüm asansörler zemin kattan başlamadığı için sistemler ortak ve tek bir ayakizi kullanarak üst üste dizilmekte, asansörün zemin katta kapladığı alan azaltılmaktadır. Atlamalı bölgelemede, asansörler çift sayılı katlara veya tek sayılı katlara hizmet verecek şekilde planlanmaktadır. Bu düzenlemede asansörlerden biri Z, 2, 4, 6… gibi katlara, diğer grup ise Z, 1, 3, 5 şeklinde katlara hizmet vermektedir.

Böylelikle, yapı içindeki farklı fonksiyonlar için kullanıcı trafiği ayrılmakta ve kullanıcıların ihtiyaçlarına göre düşey ulaşımda çok yönlülük sağlanmaktadır [80]. Asansörlerin hizmet verdiği kat aralığı belli olduktan sonra yapı da; düşük, orta ve yüksek olmak üzere bölgelenmektedir. Bu bölgeler transfer katlarıyla (gökyüzü lobileri) birbirinden ayrılmaktadır (Şekil 3.46).

Transfer katları, kullanıcıların ana girişe geri dönmeden bir bölgeden diğer bölgeye geçmelerine imkan tanıyan, iki bitişik bölge için ortak hizmet veren katlardır. Transfer katlarındaki trafik, kullanıcı trafiği hesaplamalarında değerlendirilmez. Bu katlar, yapıdaki sirkülasyonda kullanım kolaylığı içindir [107].

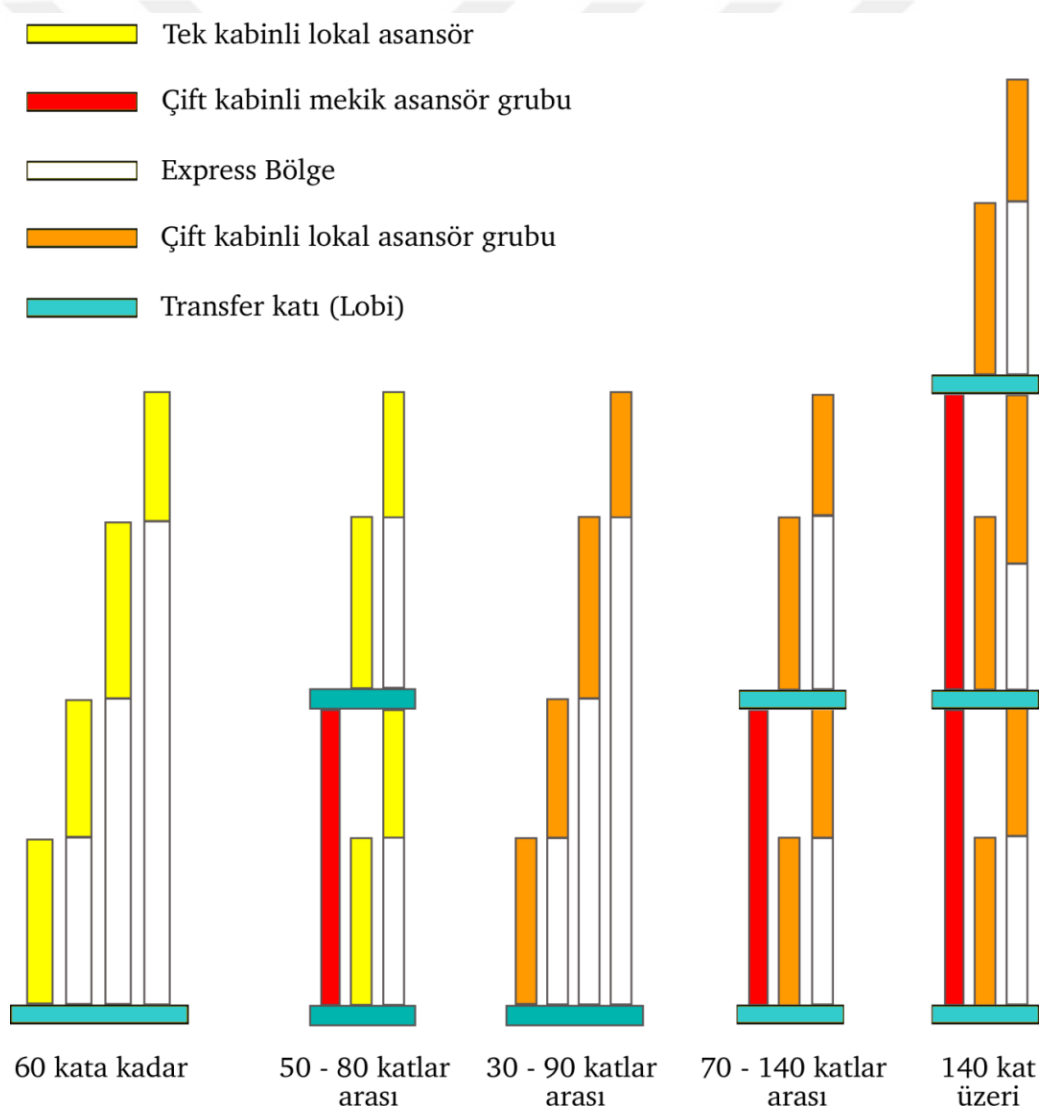


Şekil 3.46 Yapıda bölgeleme ve transfer katları [110]

Çekirdeğin kat planında kapladığı alanın artışını sınırlandırmak için transfer katlara ek olarak tercih edilen diğer yöntemler ise mekik asansör ve çift kat kabinli asansör uygulamasıdır. Çift kat kabinli asansör uygulamasında, aynı asansör boşluğunu paylaşan iki kabin üst üste planlanmaktadır.

Mekik asansörler (ekspres asansörler) ise transfer katından daha üst katlara ulaşmak isteyen kullanıcılar için ana terminalden direkt olarak transfer katına veya belli bir kata çıkan asansörlerdir. Böylece üst katlara ulaşmak isteyen kullanıcıların ara katlardaki duraklarda durma zorunluluğu olmamaktadır. Ana terminalden direkt olarak transfer katına ulaşan kullanıcılar tekrar lokal asansörleri kullanarak yukarı

ya da aşağı yönde istedikleri kata ulaşmaktadırlar [111]. 50 - 80 kat arasındaki yapılarda genellikle zemin kattaki ana terminal katına ek olarak ikinci bir transfer kat planlanmaktadır (Şekil 3.47). Kullanıcıları ana terminal katından transfer katına ulaştırmak için mekik asansörler (ekspres asansör) kullanılmaktadır. Mekik asansörler çift kat kabinli olarak planlanabilmektedirler. Lokal asansörlerin çift kat kabinli olması ile ulaşılabilen kat sayısı 90 kata kadar çıkmaktadır. 70-140 kat arasındaki yapılarda çift kat kabinli asansörlerle birlikte zemin kattaki ana terminal katına ek olarak ikinci bir transfer kat da tasarlanmaktadır. Bu şekilde yapı yüksekliğinin daha da artması ve çekirdeğin kapladığı alanın azaltılması mümkün kılınmaktadır. 140 kat ve üzerindeki yapılarda çift kat kabinli asansörlerle birlikte iki transfer katın planlanması uygundur.



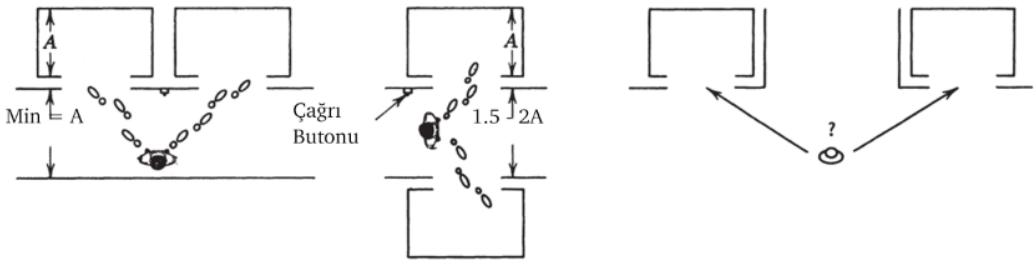
Şekil 3.47 Yapıda asansörlerin düşeyde bölgelenmesi [110]

Asansörler, düşeyde düzenlendiği gibi plan düzleminde de çekirdek içindeki diğer düşey ulaşım elemanlarıyla ilişki içinde olacak şekilde düzenlenebilmektedir.

3.3.3.3 Asansörlerin Kat Planında Düzenlenmesi

Asansörler, çeşitli sayıda ve tasarımda olacak şekilde gruplandırılarak kat planında konumlandırılmaktadır. İki kabinli gruplandırmada (Şekil 3.48), kullanıcının iki asansörü de aynı anda görmesi sağlanmalıdır. Bu anlamda asansör kabinlerinin yanyana düzenlemesi ideal tasarımdır (Şekil 3.48a). Alternatif olarak kabinlerin karşılıklı konumlandırılması da tercih edilmektedir. Kabinlerin yanyana planlanmasında hol genişliği, en az kabin derinliği kadar, karşılıklı planlamada ise kabin derinliğinin 1.5 – 2 katı kadar olmalıdır [109]. Asansör lobisinin de kattaki net kullanım alanına dahil olduğu dikkate alındığında asansör kabinlerinin karşılıklı tasarlanması katın net kullanım alanı açısından daha verimsizdir. Asansörlerin birbirinden ayrılması ve arada koridorların oluşturulması (Şekil 3.48b) tercih edilmemelidir.

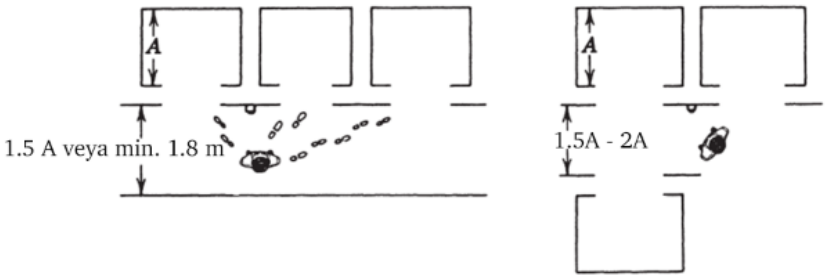
Yangın güvenliği açısından lobinin her iki ucunun da açık olması gerekmektedir [106].



a) b)

Şekil 3.48 İki kabinli gruplandırma [109] a) Tercih edilen b) Verimsiz uygulama

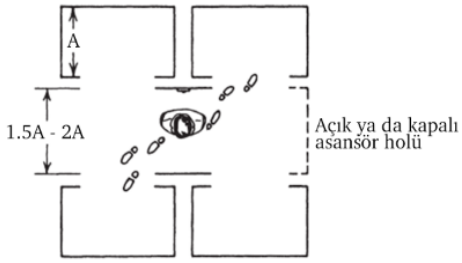
Üç kabinli gruplandırmada (Şekil 3.49), üç kabinin yanyana düzenlenmesi ideal tasarımdır (Şekil 3.49a). Alternatif olarak iki kabinin karşılıklı düzenlenmesi de kabul edilmektedir (Şekil 3.49b). Kabinlerin yanyana planlanmasında hol genişliği, kabin derinliğinin en az 1.5 katı veya minimum 1.8 m olmalıdır. Karşılıklı planlamada ise kabin derinliğinin 1.5 – 2 katı kadar olmalıdır [109].



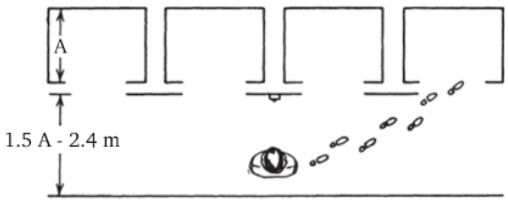
a) b)

Şekil 3.49 Üç kabinli gruplandırma [109] a) Tercih edilen b) Kabul edilebilir

Dört kabinli gruplandırma (Şekil 3.50), kullanıcı yoğunluğunun daha fazla olduğu yapılarda tercih edilmektedir. Karşılıklı asansör düzenlemesinde asansör holünün ölçüsü, asansör kabin derinliğinin en az 1.5 ile 2 katı arasında olurken, tüm asansörlerin hole aynı anda ulaşma durumu göz önünde bulundurulduğunda en az 3 metre olması gerekmektedir. Yan yana sıralı asansör gruplandırmasında ise asansör holünün ölçüsü, asansör kabin derinliğinin minimum 1.5 katı veya minimum 2.4 metre olmalıdır [109].



a)

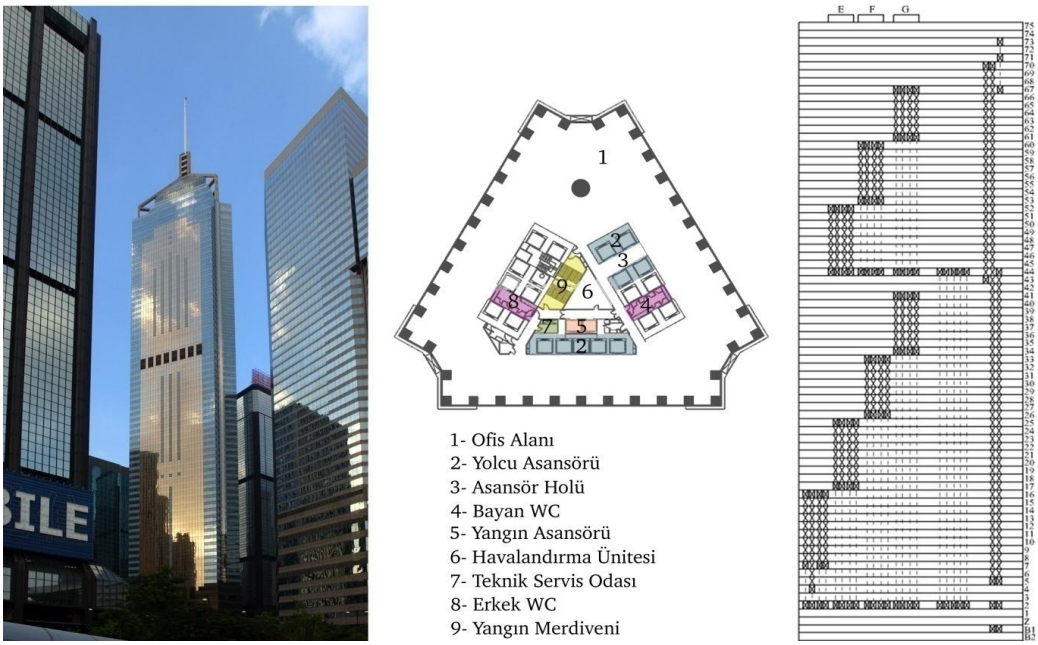


b)

Şekil 3.50 Dört kabinli gruplandırma [109] a) Tercih edilen b) Kabul edilebilir

(Şekil 3.51)'de gösterilen 374 m yüksekliğindeki 78 katlı Central Plaza'da (Hong Kong, 1992), merkezi ayrık çekirdek tasarlanmıştır [112]. Merkezi çekirdek tasarımı, kat kullanıcılarının asansörlere ulaşma mesafesinin az olması açısından

verimlidir. Yapıda, karşılıklı iki kabin olacak şekilde toplam 4 kabinli asansör gruplarıyla birlikte yanyana tasarlanan 5 kabinli bir asansör grubu hizmet vermektedir. Ayrıca yanyana 2 kabin, yangın asansörü olarak hizmet vermektedir. 4 kabinli grubun olduğu kısımda asansör holünün iki ucu açık olsa da çekirdeğin bir holle bölünmesi ve arada oluşan uzun hol sirkülasyon verimliliğini düşürmektedir. Yapının 46. katında ek bir transfer kat tasarlanmıştır. 4 kabinli 4 asansör grubu transfer katından alta hizmet verirken 3 grup da 46. kattan yukarısına hizmet vermektedir. Yapının ana terminali 2. kattadır. Yapıda zemin kat altına çalışan 2 asansör kabini planlanmıştır. Central Plaza gibi küçük kat planına sahip merkezi çekirdekli yapılarda, çekirdeğin etrafındaki sirkülasyon holleri de düşünüldüğünde kattaki net kullanılabilir alan azalmaktadır. Dolayısıyla kat planı küçük olan yapılarda merkezi çekirdek tasarımı kat alanının net kullanımı açısından dezavantajlı olabilmektedir. Çekirdek ile cephe arasında sıralanan ve ofis alanı gibi değerlendirilen mekanların büyüklükleri sınırlı kalabilmektedir.Central Plaza'da çekirdek ile cephe arasındaki mesafe 9 m ile 13,5 m arasında değişmektedir. Yapıda çekirdeğin kat planında kapladığı alanın tipik bir kat planının alanına oranı %25'tir. Düşey ulaşım elemanlarının çekirdek içinde kapladığı alan ise %59'dır [31].



a) b) c)

Şekil 3.51 a) Central Plaza [113] b) Tipik kat planı [114]

c) Asansör şeması [31]

Binaların yangından korunmasına ilişkin yönetmeliğe göre, 51.50 m'den yüksek olan yapılarda birbirinin alternatifi olarak kullanılabilecek en az 2 kaçış yolu planlanmalıdır. Ek olarak en az bir asansör, yangın asansörü olacak şekilde düzenlenmelidir. Katın kullanıcı sayısı 500'den fazlaysa en az 3 yangın merdiveni planlanmalıdır. Yapıda ortak merdivenlerin yangın merdiveni donanımında olmasıyla bu merdivenler de kaçış merdiveni olarak kabul edilmektedir. Yüksek yapılarda kaçış yollarının ve merdivenlerin genişliği minimum 120 cm olmalıdır [115], [116]. Yapı kullanıcıları için yangın kaçış yoluna uzaklık en çok 30 m, sprinkler sistem varsa en çok 45 m olmalıdır [116].

(Şekil 3.52)'de gösterilen 261 m yüksekliğindeki 55 katlı Sapphire Tower'da (İstanbul, 2010) 2 adet dış çekirdek planlanmıştır [117]. 27 m x 51 m boyutlu kat planında çekirdeğin ölçüleri 9 m x 12 m'dir. Çekirdekler arasındaki mesafe 27 m'dir [118]. Çekirdeklerde yangın güvenlik hollü birer kaçış merdiveni ve bir tanesi yangın asansörü olmak üzere 4 kabinli birer asansör grubu düzenlenmiştir. Çekirdeklerin sayıca fazla olması kat kullanıcılarının düşey ulaşım elemanlarına ulaşma mesafesinin kısa olması bakımından ve dış çekirdek şeklinde tasarlanması katta esnek tasarım yapabilme imkanı bakımından avantajlıdır.

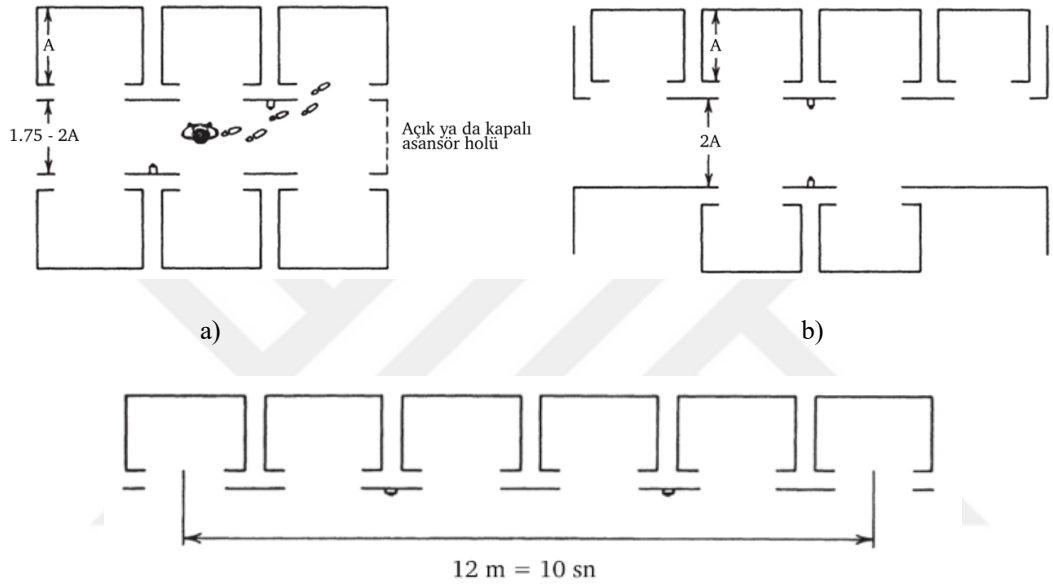


a) b) c)

Şekil 3.52 a) Sapphire Tower [119] b) Tipik kat planı [120] c) Çekirdek tasarımı

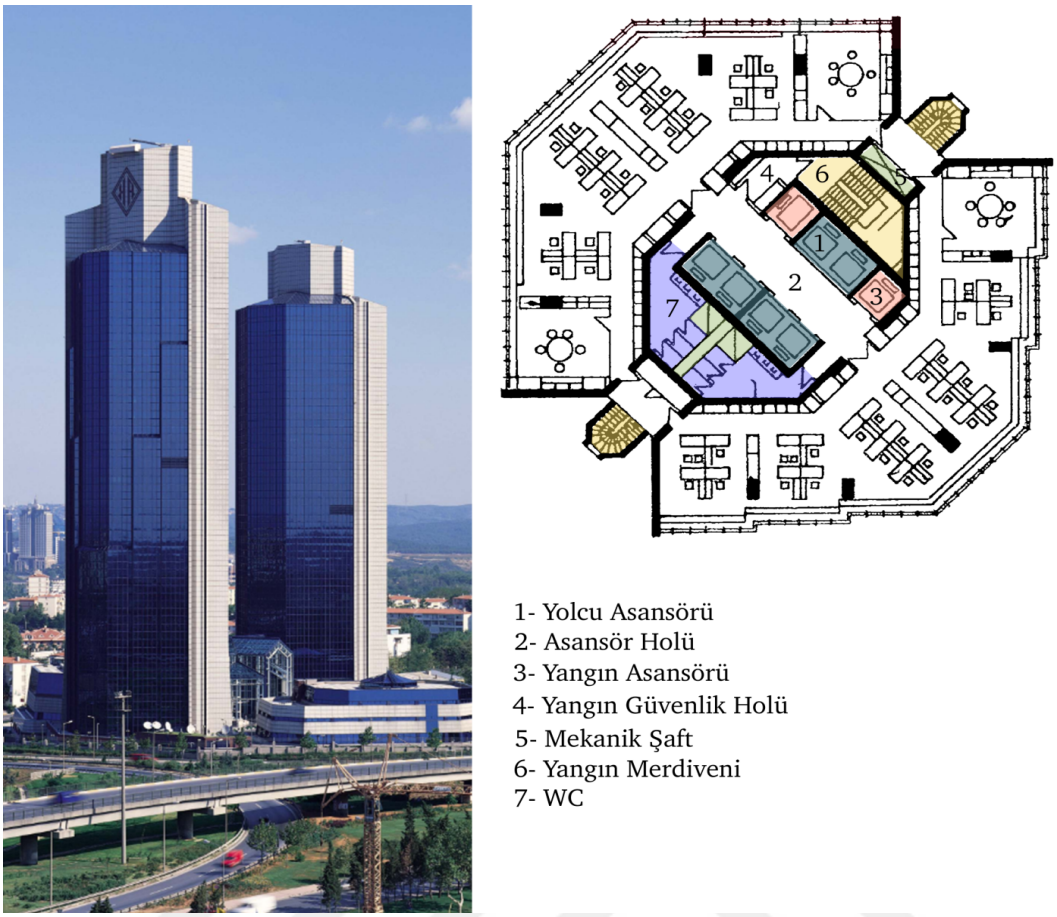
Altı kabinli gruplandırma (Şekil 3.53), genellikle büyük ofis ve kamu yapılarında,

büyük hastahanelerde tercih edilmektedir. Asansörlerin ideal tasarımı karşılıklı üçerli kabin olacak şekildedir. Burada asansör holünün genişliği, asansör kabin derinliğinin minimum 1.75 veya 2 katı olmalı ve 3 metreden az olmamalıdır. Üçer kabinli karşılıklı düzenlemenin (Şekil 3.49a) yanında, dört kabinin karşısında iki kabin olacak şekilde (Şekil 3.49b) düzenleme de yapılmaktadır. 6 kabinin de yanyana dizili olması (Şekil 3.49c), kullanıcının kabinleri aynı anda görme imkanını kısıtlayacağı ve asansöre ulaşmak için kat edeceği mesafeyi artıracağı için tercih edilmemektedir [109].



Şekil 3.53 Altı kabinli gruplandırma [109] a) Tercih edilen b) Kabul edilebilir c) Verimsiz uygulama

(Şekil 3.54)'te gösterilen 158 m yüksekliğindeki 39 katlı Akbank Kulesi ve 140 m yüksekliğindeki 34 katlı Sabancı Holding Kulesi'nden oluşan Sabancı Center'ın sekizgen formlu merkezi çekirdeğinde, 2 adedi yangın asansörü olmak üzere 8 asansör ve yangın merdiveni tasarlanmıştır. Kata hizmet veren yolcu asansörleri, yanyana dört kabinin karşısında iki kabin olacak şekilde düzenlenmiştir. Çeper çekirdeklerde merdivenler tasarlanmıştır. Katta en uzakta bulunan kullanıcının kaçışa ulaşması için ortalama mesafesi 21 m'dir. Yapıda HVAC sistemler, sıhhi tesisat sistemleri, enerji ve asansör sistemleri tek bir merkezden yönetilen otomasyon sistemiyle çalışmaktadır [121]. Yapının tesisat şaftları ve tuvaletleri de çekirdekte tasarlanmıştır.

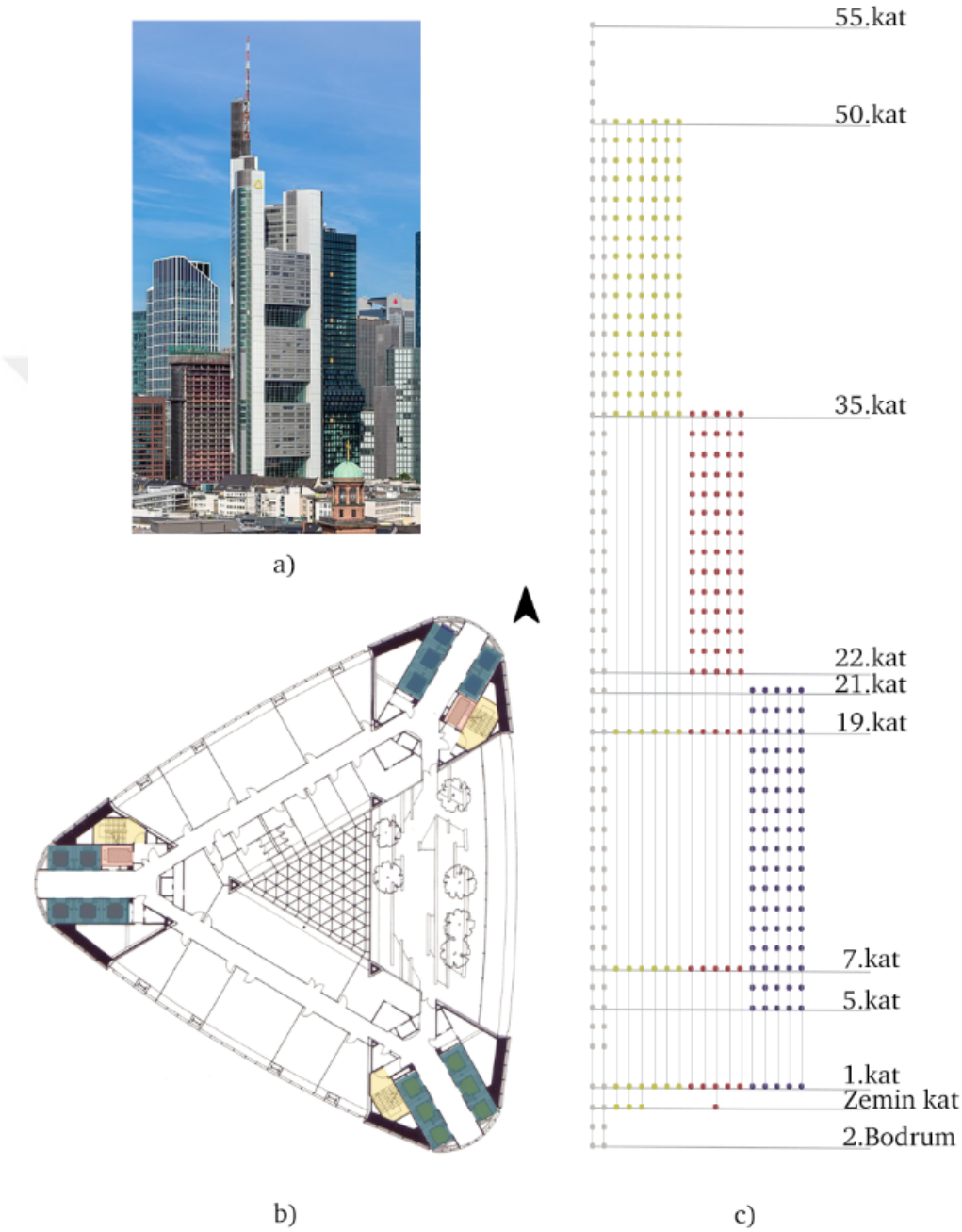


a) b)

Şekil 3.54 a) Sabancı Center [122] b) Tipik kat planı [22]

(Şekil 3.55)' te gösterilen 259 m yüksekliğindeki 58 katlı Commerzbank Tower'da (Frankfurt, 1997), 3 adet çeper çekirdek tasarlanmıştır [123]. Kat planlanının uzun olduğu durumlarda tek sayıda çeper çekirdeğin mekanik sistem verimliliği düşüktür. Dolayısıyla bu gibi durumlarda Commerzbank'ta olduğu gibi tek sayıda çeper çekirdek yerine ayrık çok sayıda çekirdek tasarımları tercih edilmektedir. Çoklu çekirdek tasarımıyla kat kullanıcılarının ulaşım elemanlarına ve kaçış yollarına uzaklığının da uygun mesafede olmasını sağlanmaktadır. Dezavantaj olarak ise çok çekirdekli tasarımlar, çekirdeğin kat planında kapladığı alanı artırmaktadır. Commerzbank'da çekirdeğin kat planında kapladığı alanın, kat planının alanına oranı % 32'dir. Düşey ulaşım elemanlarının çekirdek içinde kapladığı alan ise %46'dır. Yapının Kuzey çekirdeğinde karşılıklı gruplandırılmış 4 m/sn hızında 5 kabinli bir asansör grubu, Batı çekirdeğinde 5 m/sn hızında 5 kabinli bir asansör grubu ve Güney çekirdeğinde 6 m/sn hızında 6 kabinli bir

asansör grubu planlanmıştır. Kuzey ve Batı çekirdeklerinde hızı 3 m/s olan 2 adet yangın asansörü planlanmıştır [31]. Düşey ulaşım elemanlarının holleri doğal ışıktan iyi derecede faydalanmaktadır. Yapının ana terminali 1. kattadır. Transfer katlar ise yapının 7., 19. ve 35. katlarında tasarlanmıştır.

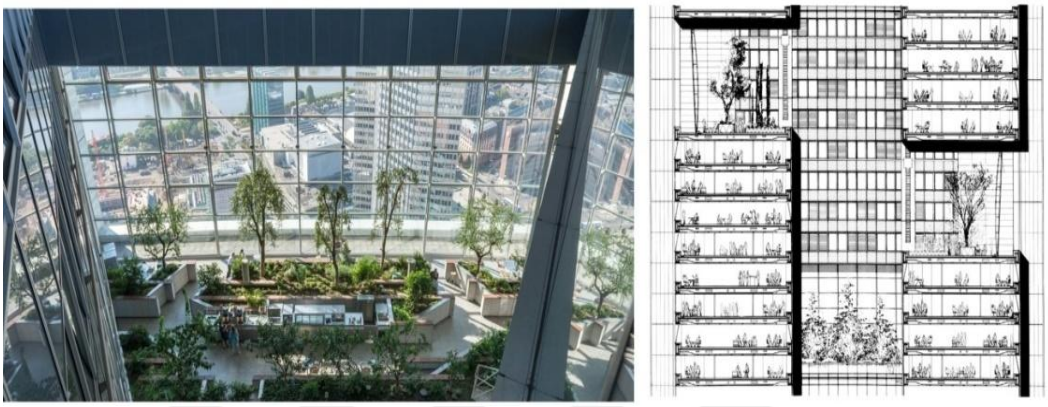


Şekil 3.55 a) Commerzbank Tower [124] b) Tipik kat planı [31]

c) Asansör şeması [31]

Yapının üçgen şeklindeki kat planında iki cephe 16 m derinliğinde ofis alanına sahiptir. Üçüncü cephe ise 4 kat yüksekliğinde kış bahçesi olarak tasarlanmıştır (Şekil 3.56).

Kış bahçeleri 4 katta bir diğer cephede olacak şekildedir [97]. Çekirdeklerin çeperde tasarlanması ve atriyum boşluğu ile yapının iç mekanlarının doğal ışıktan daha çok faydalanması sağlanmıştır.



a) b)

Şekil 3.56 a) Commerzbank Tower kış bahçesi görseli [125] b) Kesit [125]

(Şekil 3.57)'de gösterilen 172 m yüksekliğindeki 52 katlı B blok ve 113 m yüksekliğindeki 36'şar katlı D Blokları olan İş Bankası Kulelerinin merkezi çekirdeğinde; düşey sirkülasyon elemanları, tesisat şaftları, tuvaletler planlanmıştır [126].

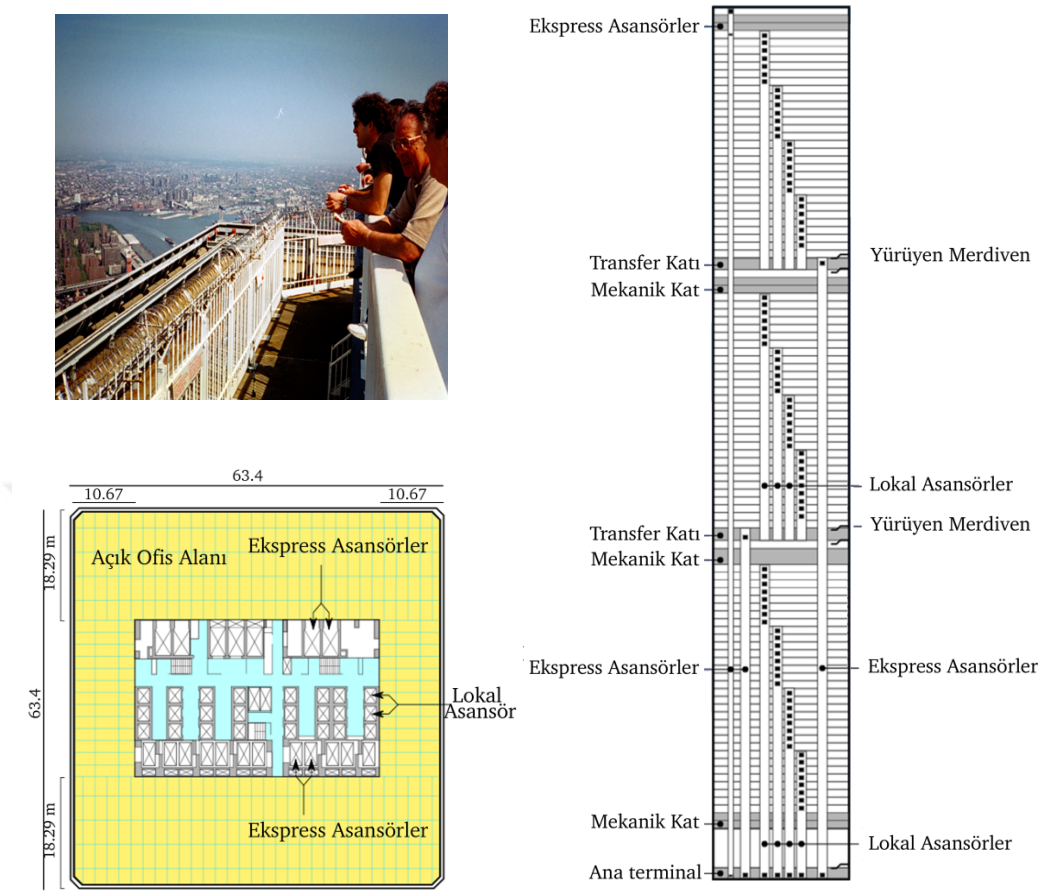
Yapıda asansör üçer kabini karşılıklı olacak şekilde 6'lı gruplandırma şeklindedir. Yapının merkezi çekirdek tasarımı kat kullanıcılarının düşey ulaşım elemanlarına ulaşımı yönünden avantajlıdır. Düşey ulaşım elemanlarının hollerinin doğal ışıktan yararlanması ise dezavantajlı olarak değerlendirilebilir.



Şekil 3.57 a) İş Bankası B blok ve D bloklar [127] b) Kule I tipik kat planı, 36. kat planı [128]

(Şekil 3.58)'de gösterilen 417 m yüksekliğindeki World Trade Center'da (New York, 1972) toplamda, çekirdekte tasarlanmış 99 adet yolcu ve yalnızca biri tüm katlara hizmet veren 7 adet yük asansörü vardır. Yapıda 44. ve 78. katlarda transfer katlar planlanmıştır. Transfer katlarda seyir terasları mevcuttur. Transfer katlarına ulaşımda ekspres asansörler kullanılmıştır. Ana terminalden 44. kattaki ilk transfer katına 8 adet ekspres asansör, ana terminalden 78. kattaki ikinci transfer katına ise 10 adet ekspres asansör hizmet vermektedir [129]. Asansörler hizmet çekirdeği içerisinde en çok yeri kaplamaktadır. Yapıda transfer katlarının tercih edilmesiyle

servis çekirdeğinin katta kapladığı alandan tasarruf edilmiştir. Transfer katlar arasındaki ulaşımda yürüyen merdivenler tasarlanmıştır.

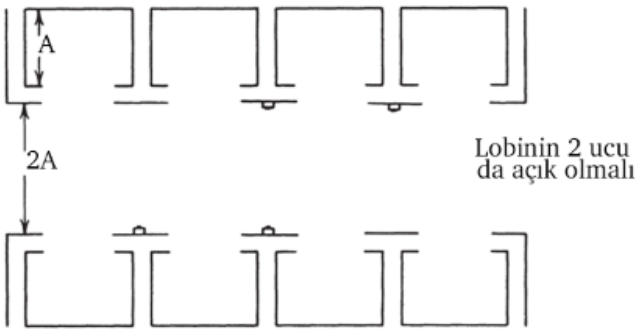


a) b)

Şekil 3.58 a) World Trade Center seyir terası [130] ve kat planı [131]

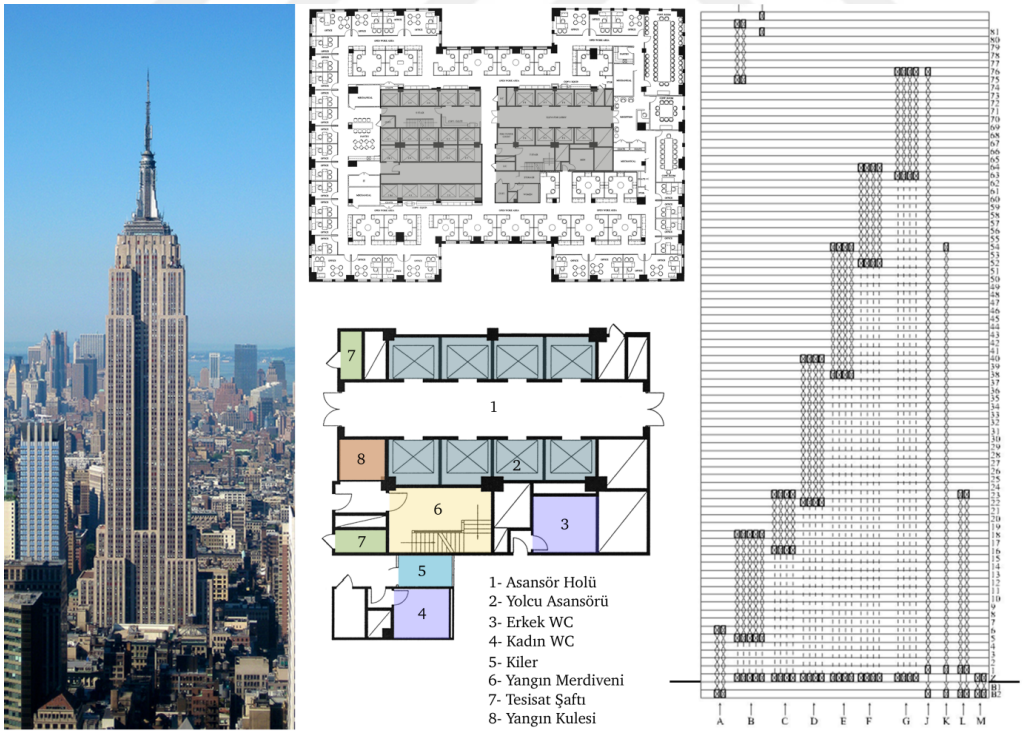
b) Asansör şeması [131]

Sekiz kabinli düzenleme (Şekil 3.59), bir asansör grubunun içereceği maksimum kabinli düzenlemelerdendir. Dörderli olacak şekilde karşılıklı kabin planlaması tercih edilen düzenlemedir. Sekiz asansörün taşıma kapasitesi ve kullanıcıların burdaki yoğunluğu dikkate alındığında asansör holünün iki ucunun da açık olması gerekmektedir. Aynı zamanda holün iki ucunun yapı girişine eşit mesafede ulaşılabilirliği sağlanmalıdır. Asansör holünün genişliği asansör kabin derinliğinin minimum 2 katı kadar olmalı, 3 metreden az ve 4.3 metreden fazla olmamalıdır [109].



Şekil 3.59 Sekiz kabinli gruplandırma [109]

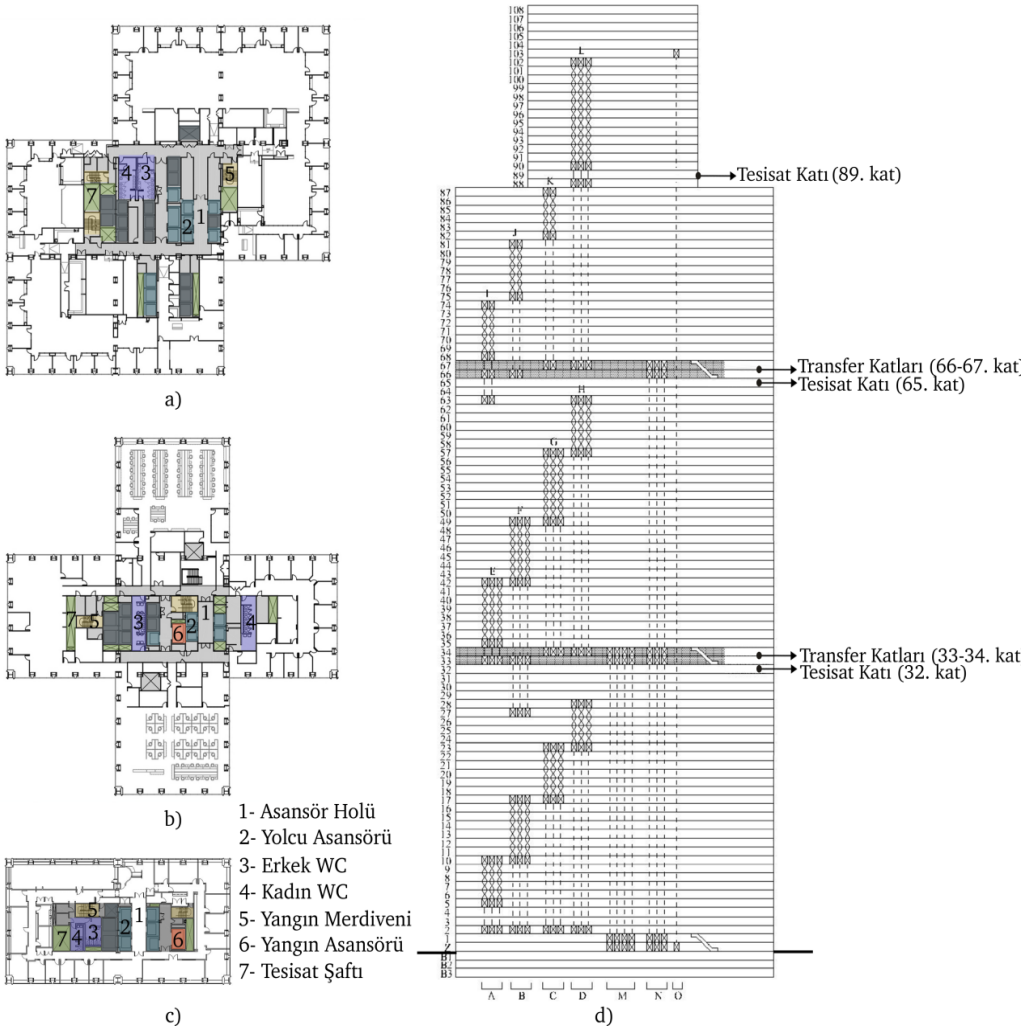
(Şekil 3.60)'da gösterilen 381 m yüksekliğindeki 102 katlı Empire State Binası'nda (New York, 1931), yapı ile farklı geometrik forma sahip ve koridorla bölünmüş ayrık merkezi çekirdek planlanmıştır [1]. Yapının 58. katına, 4'er kabin karşılıklı olmak üzere 8 kabinli bir grup asansör hizmet vermektedir. Yapı için ek transfer katı planlanmadan 6 tanesi yük asansörü olmak üzere toplam 73 tane lokal tek kabinli asansör ve 8 tane yürüyen merdiven planlanmıştır. 4 adet ekspres asansör tasarlanmıştır. Çekirdeğin kat planında kapladığı alanın katın alanına oranı %22'dir. Düşey ulaşım elemanlarının çekirdek içinde kapladığı alan %73'tür [31].



a) b) c)

Şekil 3.60 a) Empire State Building [50] b) 58. kat planı [132] ve çekirdek tasarımı c) Asansör şeması [31]

(Şekil 3.61)'de gösterilen 108 katlı 442 m yüksekliğindeki Sears Towers'ın (Chicago, 1974) 33. ve 34. katlarıyla 66. ve 67. katları transfer katları olarak tasarlanmıştır. Transfer katlarının kendi içindeki ulaşımında (33. kat ile 34. kat arasında ve 66. kat ile 67. kat arasında) yürüyen merdivenler de hizmet vermektedir. Ana terminalden transfer katlarına çıkan asansörler çift kabinlidir. Ana terminalden direkt olarak 103. kattaki seyir terasına ekspres çıkan bir asansör vardır. Düşeydeki her bir bölgede 4 adet lokal asansör grubu hizmet vermektedir. Çekirdeğin kat planında kapladığı alanın, tipik kat planının alanına oranı % 24' tür. Düşey ulaşım elemanlarının çekirdek içinde kapladığı alan ise %62'dir [31].



Şekil 3.61 a) 53. kat planı [96] b) 85. kat planı [96] c) 92. Kat planı [96] d) Asansör şeması [31]

3.4 Tesisat Sisteminin Merkezi Olarak Çekirdek

Yüksek yapılarda çekirdek tasarımının; taşıyıcı sistem bakımından emniyetli olması gerekmektedir. Aynı zamanda çekirdek, yapıdaki düşey ulaşım araçlarını içerdiği için kullanıcıların düşey ulaşımını, acil durumlardaki tahliyesini etkin ve verimli bir şekilde sağlayabilmelidir.

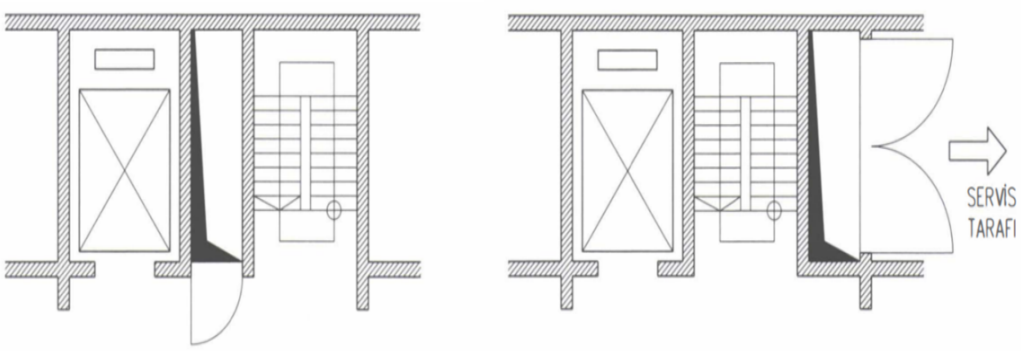
Bir diğer yandan da çekirdek, yapı kullanıcılarına günlük yaşantılarının gerektirdiği ihtiyaç ve konfor şartlarını devam ettirebilmeleri için uygun olanakları sağlamalıdır. Dolayısıyla yüksek yapının fonksiyonu ne olursa olsun kullanıcıları için uygun servis sistemlerinin planlanması oldukça önemlidir.

Yapıdaki elektrik dağıtımı, aydınlatma, pis ve temiz su dolaşımı, klima ve havalandırma sistemlerinin planlanması, ısı transferinin sağlanması gibi hizmetler, yapıda tesisat sistemlerinin kullanılmasını zorunlu kılmaktadır [22]. Tesisat sistemleri, yapı kullanıcısının ihtiyaç duyduğu konfor şartlarının ve gereksinmelerin karşılanmasını sağlayan tüm aktif mekanik ve elektriksel sistemleri içermektedir [103].

Bu sistemler, kattaki dağıtımlarının kolaylaşması için genellikle servis çekirdeğinde tasarlanmaktadır. Dolayısıyla yapının tesisat sisteminin tasarımı ve tesisat şaftlarının çekirdekteki konumu çekirdeğin tasarımını etkilemektedir.

Yüksek yapılarda çekirdeğin dış çeperi, tesisat şaftları için en uygun yerlerdir. Şaftın çekirdeğin iç çeperinde tasarlanması, tesisat sisteminin kattaki yatay dağıtımında zorluklar getirebilmektedir (Şekil 3.62). Şaftın, çekirdeğin iç kısmında yapılması, dağıtım kanallarının geçirilebilmesi için çekirdekte boşluklar açılmasını zorunlu kılacaktır. Bu durum yapıda statik problemlerin ortaya çıkmasına sebep olabilmektedir. Tesisat şaftının çekirdek içinde kapladığı alan; şaftın içinde bulunduracağı kanalların toplam kesit alanı, ileride yapılacak eklemeler için yedek alan, şafta müdahale edilebilmesi ve montaj için içerideki platformun alanı düşünülerek tasarlanmaktadır [133].

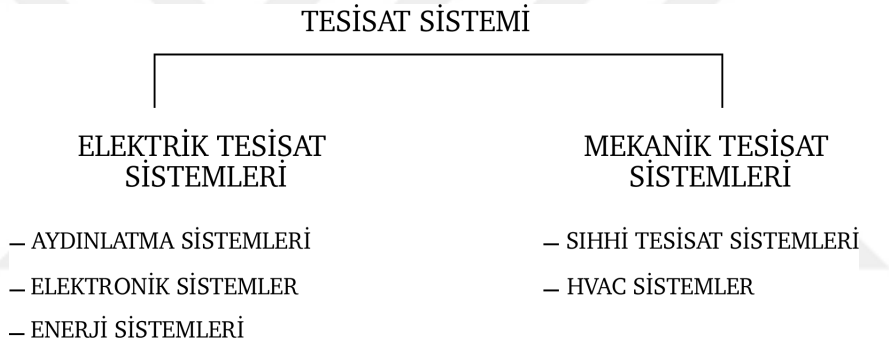
Yapıda elektrik tesisatı ile mekanik tesisatın kapladığı alan, yapının fonksiyonuna bağlı olarak değişkenlik göstermekle birlikte yaklaşık olarak brüt alanın %7-10' u arasındadır



a) b)

Şekil 3.62 Çekirdekte şaftların yerleşimi a) Verimsiz uygulama b) Tercih edilen [133]

Yüksek yapıların tesisat sistemi, elektrik tesisatı ve mekanik tesisat olmak üzere iki başlıkta incelenebilir (Şekil 3.63).



Şekil 3.63 Yüksek yapılarda tesisat sistemleri

3.4.1 Elektrik Tesisat Sistemleri

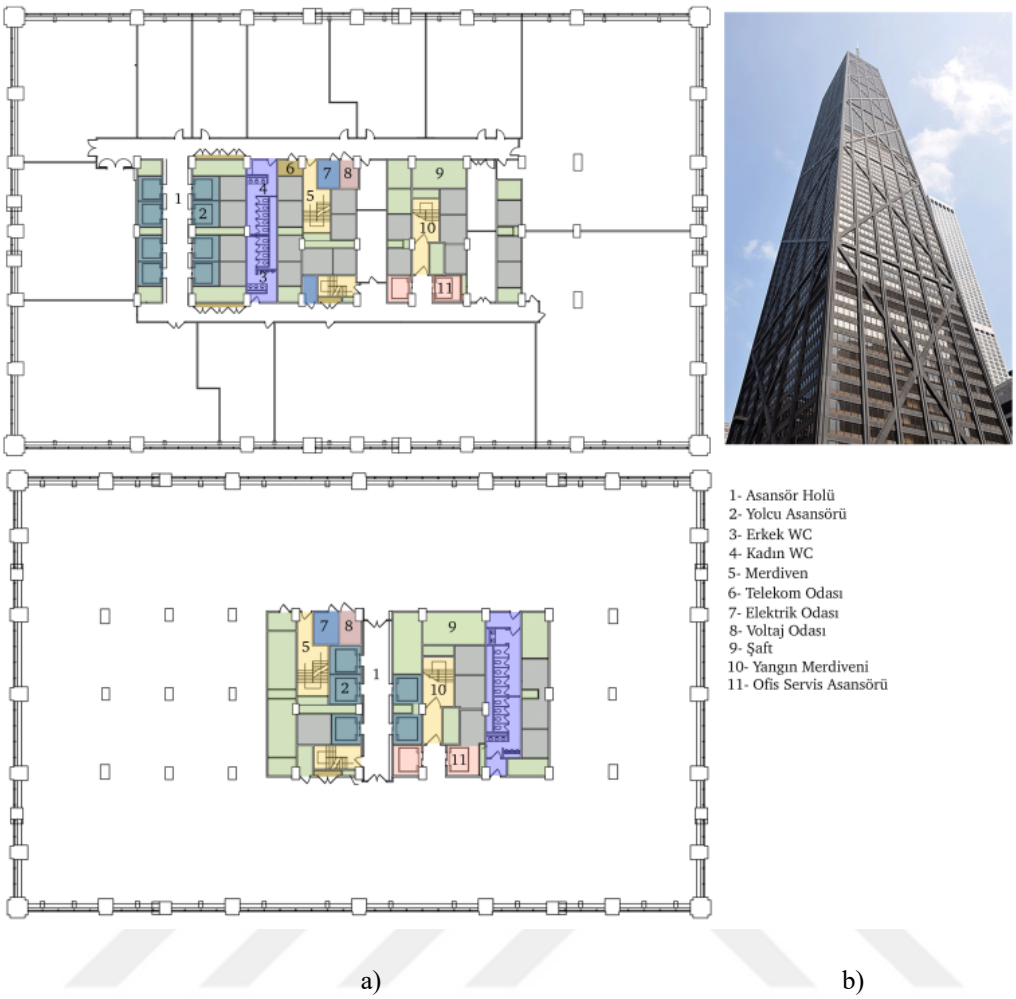
Yüksek yapılarda kullanılan her türlü bina işletim sistemi için elektrik enerjisine ihtiyaç olması ve yüksek yapıların enerji tüketiminin fazla olması, elektriğin yapıda yatay ve düşey dağıtımında elektrik tesisatını gerektirmektedir. Yüksek yapılarda elektrik tesisatı; aydınlatma sistemleri, enerji sistemleri ve elektronik sistemler olarak üç başlıkta incelenebilir. Aynı zamanda yüksek yapılar için kritik öneme sahip olan yangın tehlikesine karşı ayrı bir elektrik tesisatı tasarlanmaktadır. Yangın merdivenlerinin ve yangın su devrelerinin tesisatı, yapının genel elektrik tesisatından ayrıdır. Yapının elektrik tesisatı ile ilgili bölümlerin duvar, döşeme ve tavanı yangına dayanıklı malzemeden tasarlanmaktadır.

3.4.4.1 Aydınlatma Sistemleri

Yapılarda günışığından yararlanma; saate, yapının konumuna, yapının tasarımına bağlı olarak değişkendir ve aydınlanma çoğu zaman sınırlıdır. Aynı zamanda çağdaş yaşamın gerektirdikleri doğrultusunda günün her saatinde yapının işlevsel kalabilmesi gereklidir. Dolayısıyla yüksek yapılarda aydınlatma tasarımı zorunlu olmaktadır.

3.4.4.2 Enerji Sistemleri

Enerji sistemleri; düşey ve yatay dağıtım sistemleri ile enerji ölçüm tesislerini içermektedir. Yapıdaki güç dağıtımının düşeyden kat düzeyindeki yatay dağıtımına geçişi kattaki elektrik panolarıyla sağlanmaktadır. Yapıdaki düşey enerji dağıtım sistemi; ana ve yedek şebekeden oluşmaktadır. Ana şebekeler, yüksek yapının aydınlatma yükünü karşılamanın yanında ısıtma – soğutma ve yapay havalandırma (HVAC) sistemleri için de enerji ihtiyacını karşılayan merkezdir. Yedek şebekeler, yapıda enerji kesintisi olması durumunda asansörlerin, aydınlatma gibi sistemlerin enerji ihtiyaçlarını karşılayan ana şebekeye göre daha alçak gerilimli enerji merkezidir [103]. (Şekil 3.64)'te gösterilen 344 m yüksekliğindeki 100 katlı John Hancock Center'da (Chicago, 1970); telekom odası, elektrik odası, voltaj odası ve diğer şaftlar çekirdekte tasarlanmıştır. Şaftlar çoğunlukla çekirdeğin dış çeperine yerleştirilmiştir [134].



Şekil 3.64 a) 15. Kat planı [135] ve 41. Kat planı [136]

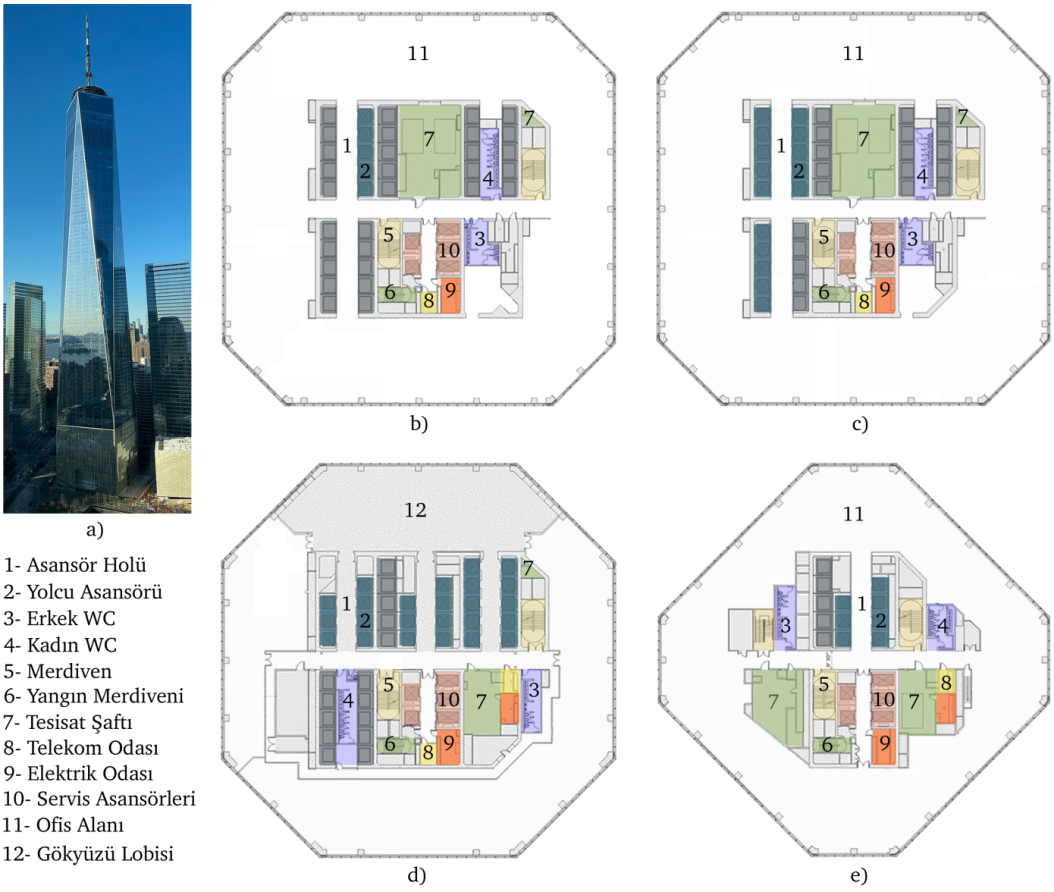
b) John Hancock Center [137]

3.4.4.3 Elektronik Sistemler

Modern yüksek yapıların inşa ve yönetim sürecinde, akıllı bina kavramı ve bilgi teknolojileri büyük önem kazanmaktadır. Yüksek yapılarda kullanılan elektronik sistemlere; her türlü haberleşme sistemleri, asansör ve geçiş kontrolü gibi birimlerin düğme ve kontrol sistemleri, merkezi veri işleme ve bilgi servisleri gibi otomasyon sistemleri, görüntüleme ve güvenlik sistemleri, güç, aydınlatma, hava işleme ve dağıtım sistemleri, merkezi tesisat sistemi, kabuk sistemi örnek verilebilir [30]. Bu elektronik sistemlerin yapıdaki kontrol merkezi olan otomasyon odaları genellikle çekirdek içinde tasarlanmaktadır.

(Şekil 3.65)'te gösterilen 2001 yılında yıkılan World Trade Center yapısının yerine inşa edilen mimari yüksekliği 541 m olan 94 katlı One World Trade Center'da (New

York, 2014) tesisat şaftları bir odadan kontrol edilmek üzere biraraya toplanmıştır [138]. Aynı zamanda çekirdeğin dış çeperinde telekom ve elektrik odası yer almaktadır.



Şekil 3.65 a) One World Trade Center [139] b) 48. kat planı [140] c) 49. kat planı [140] d) 64. kat planı [140] e) 89. kat planı [140]

3.4.2 Mekanik Tesisat Sistemleri

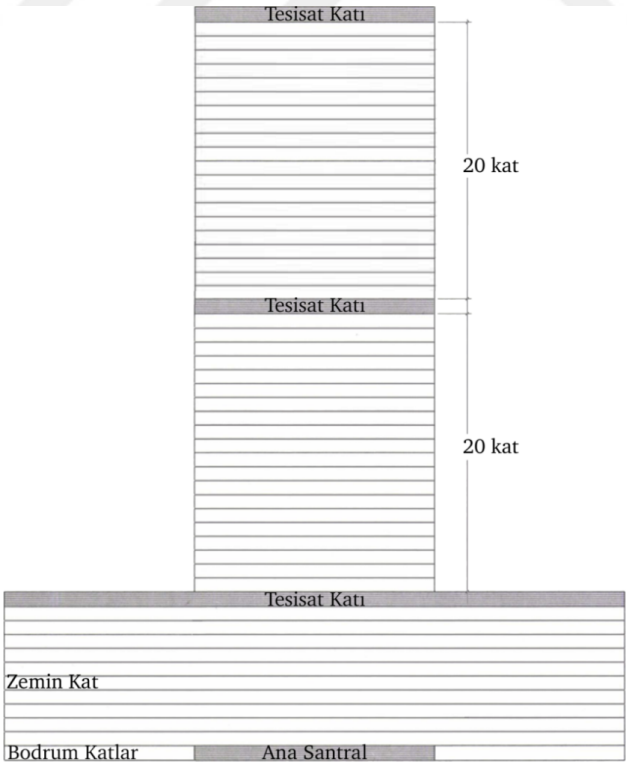
Yüksek yapılarda mekanik tesisat; sıhhi tesisat (pis su, sıcak ve soğuk temiz su), ısıtma – soğutma - havalandırma tesisatı (HVAC Sistemler), yangın tesisatı olmak üzere altbaşlıklara ayrılmaktadır.

3.4.2.1 Sıhhi Tesisat Sistemleri

Sıhhi tesisat sistemi, insan sağlığının korunabilmesi için içmek ya da kullanmak üzere temiz suyun sağlanması ve atık suyun uzaklaştırılması ile ilgili boru sistemlerinin plan ve uygulamalarını içeren uygulama alanıdır. Yapı için tasarlanan sıhhi tesisat sistemi; yapı içindeki armatürlere ve su tüketen cihazlara sıcak ve soğuk su sağlayan evsel su sistemi dahil olmak üzere; yapıda lavabo, klozet ve gider

gibi yerlere bağlanacak ve bu armatürleren çıkan pis suyu kanalizasyon sistemine boşaltacak tesisatı içermektedir. Aynı zamanda sıhhi tesisat sistemi, yağmur suyunu ve erimiş kar suyunu toplayıp bu atık suları uygun kanalizasyona ulaştıracak yağmur suyu tesisatını da içermektedir [103]. Yüksek yapılarda sıhhi tesisat sisteminin tasarımında en önemli sorun yapının katları arasındaki statik basınç farklılığıdır. Sıhhi tesisat sisteminde sıcak ve soğuk su, yapıda ilgili bölümlere uygun basınç ve sıcaklıkta iletilmelidir. Yüksek yapılarda dağıtıcı cihazın tek bir katta olması (genellikle bodrum kat tercih edilmektedir) ve temiz su tesisatının tek zonlu tasarlanmasıyla yapının alt katlarında sistem üzerindeki statik basınç üst katlara göre daha fazla olmaktadır.

Katlar arasında su basıncında farklılık oluşmaması, sistemdeki işletme problemlerinin ortadan kaldırılması ve ekonomik bir tasarım için tesisat sistemi, düşeyde bölgelenmektedir. Düşey bölgeleme ile yapıda sıhhi tesisatın performansı iyileştirilmektedir. Düşeydeki bu bölgeleme aynı zamanda ısıtma, havalandırma ve klima tesisatı için de gereklidir. Tesisatı düşeyde bölgelemek için her bir bölgeyi beslemek üzere cihazların yerleştirileceği tesisat katları oluşturulmaktadır (Şekil 3.66).



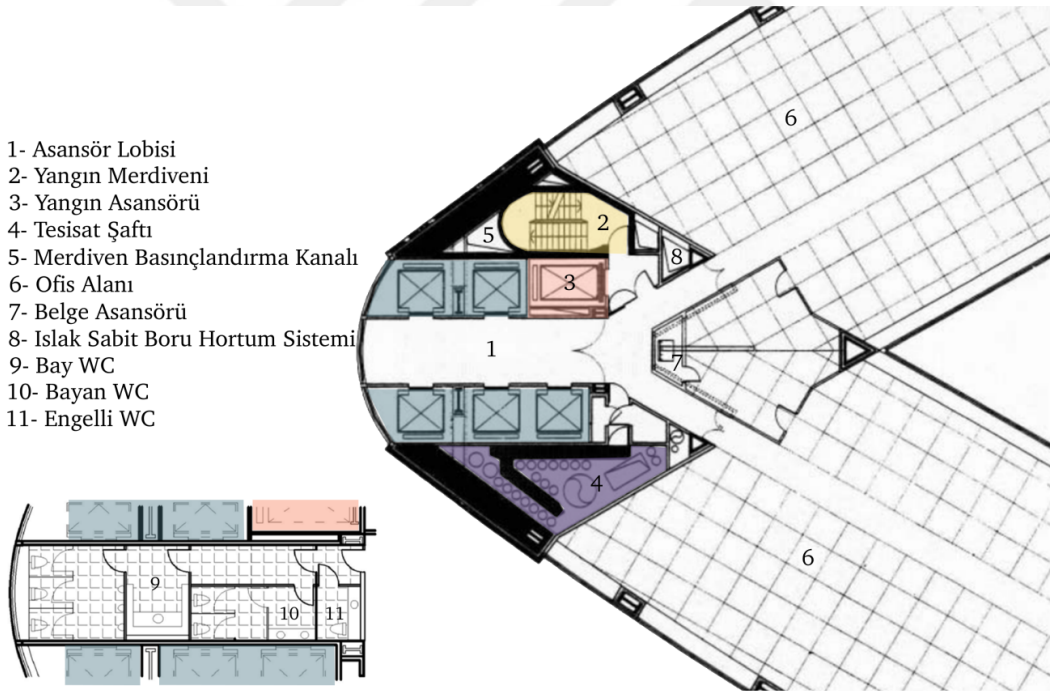
Şekil 3.66 Yüksek yapıda tesisat katları [141]

Yapılarda sıhhi tesisat açısından her 60 m'lik yükseklik (yaklaşık 20 kat) bir basınç bölgesi olarak adlandırılmaktadır [103]. Her bir tesisat katı aşağı ve yukarı yönlü olmak üzere 10'ar kata hizmet vermektedir.

Yüksek yapılarda tuvaletler, tesisat kolaylığının sağlanabilmesi ve kat kullanıcılarının tuvaletlere erişimin kolaylaştırılması için genellikle servis çekirdeklerine yerleştirilmektedir. Bay, bayan, engelli, yönetici tuvaletleri sayı olarak, katın kullanıcı sayısı ve yerel yönetmelikler dikkate alınarak planlanmaktadır [106].

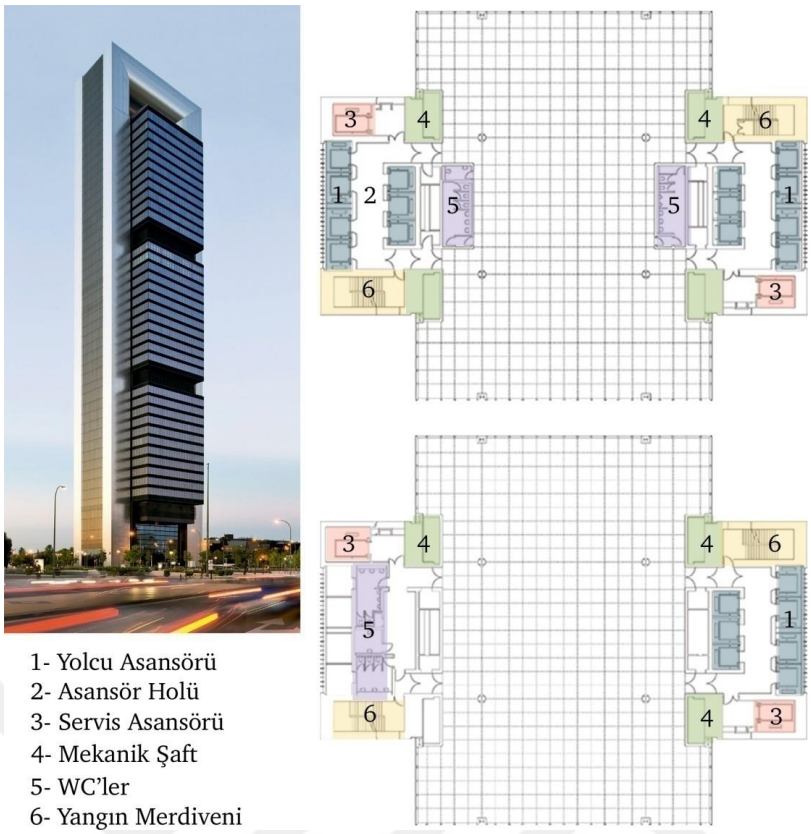
Commerzbank Tower'da tuvaletler, çekirdekte, asansörlerin transit olarak geçtiği katlarda boş kalan asansör hollerinde tasarlanmıştır (Şekil 3.67).

Yüksek yapılarda, bütün asansör gruplarının her kata hizmet vermemesi sebebiyle bu alanlarda tuvalet servisinin planlanması katın net kullanılabilir alanı açısından olumludur.



Şekil 3.67 Commerzbank Tower asansör holünde tuvalet planlaması [106]

(Şekil 3.68) 'de gösterilen 49 katlı 248 m yüksekliğindeki Torre Cepsa'da (Madrid, 2008) iki adet dış çekirdek tasarlanmıştır. Asansörün hizmet vermediği katlardaki asansör holleri tuvalete ayrılmıştır [142].

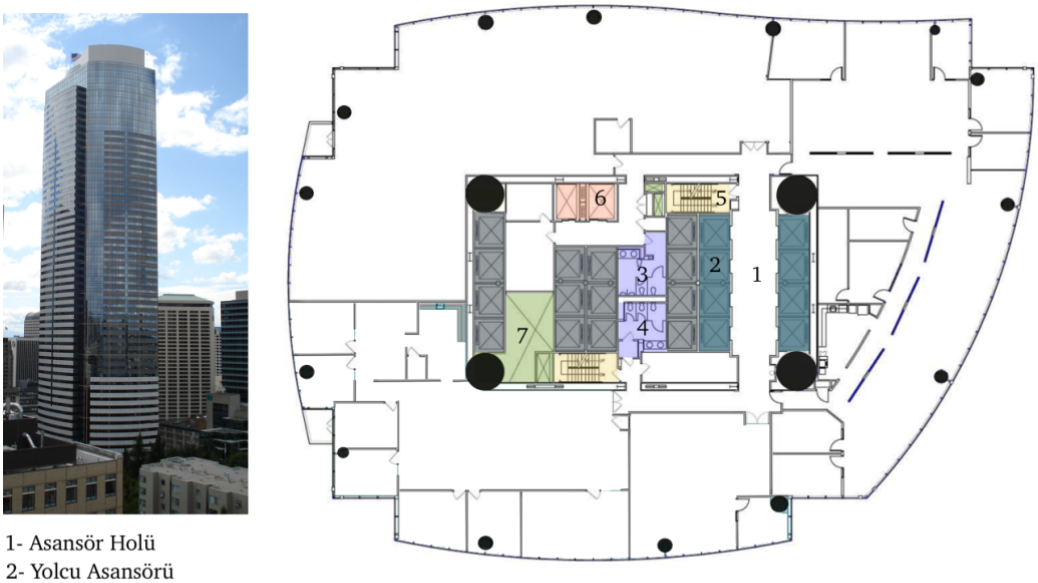


Şekil 3.68 a) Torre Cepsa [143] b) Kat planları [143]

Commerzbank Tower'da olduğu gibi çeper çekirdek tasarımlarında ve Torre Cepsa Binası'nda olduğu gibi dış çekirdek tasarımlarında iç mekan planlama esnekliği merkezi çekirdek tasarımlarına göre daha yüksektir. Taşıyıcı sistem, düşey ulaşım sistemi ve mekanik sistem verimliliğinin artırılması adına ise bu yapılarda olduğu çekirdek tek sayıda tasarlanmamaktadır.

Çekirdek sayısının artması ise yapının hem inşa maliyeti hem de işletme maliyetini artırdığı için uygulanacak tasarımda alınan tasarım kararları ön plandadır.

(Şekil 3.69)'da gösterilen 225 m yüksekliğindeki 56 katlı Two Union Square' de (Seattle, 1989) merkezi çekirdek tasarlanmıştır [144]. Bazı asansör gruplarının hizmet vermediği katlarda asansör holü yerinde; mekanik şaft, havalandırma kanalı ve tuvaletler tasarlanmıştır. Yapıda kullanım alanları çekirdek ile cephe arasında yeraldığından kullanım mekanlarının doğal ışıktan yararlanma oranı yüksektir.



Şekil 3.69 a) Two Union Square [145] b) Kat planı [146]

3.4.2.2 Isıtma-Soğutma-Havalandırma (HVAC) Sistemler

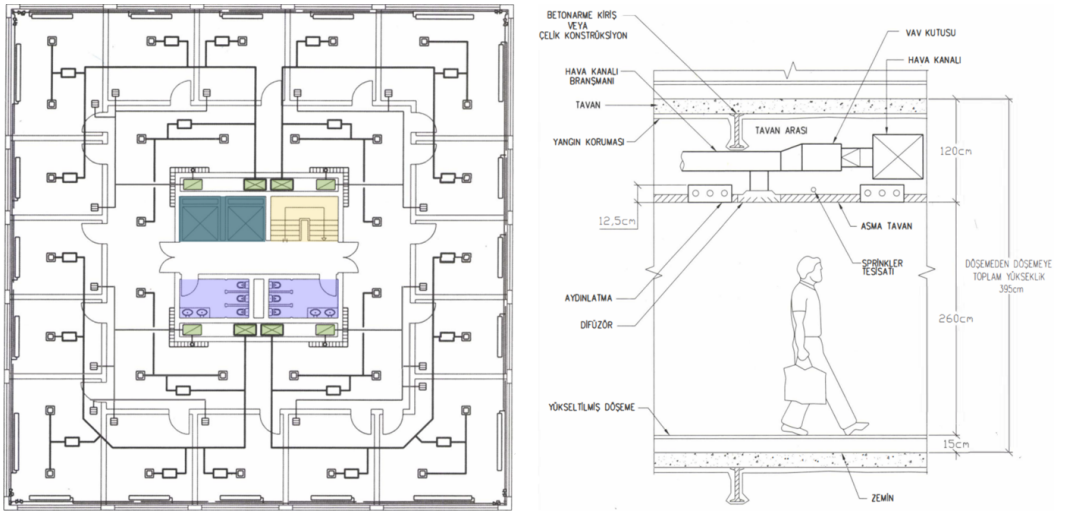
Doğal havalandırma imkanının genellikle sağlanamadığı yüksek yapılarda; doğal havanın dışarıdan alınıp temizlendikten sonra iç mekanlara verilmesi, kirlenen havanın temizlenip ardından tekrar iç mekana kazandırılması, ısısal konforun sağlanması ve hava kalitesinin istenen düzeyde olması için HVAC sistemler kullanılmaktadır [22]. Yüksek yapılarda HVAC sistemlerin tasarımında; yüksek statik basınca, rüzgar ve baca etkisine, yangın gibi acil durumlardaki tahliyeye, depreme yönelik önlemlere ve yapıda düşey zonlama ihtiyacına dikkat edilmelidir. Yüksek yapılarda kullanılacak HVAC sisteminin seçiminde, ekonomik kriterler göz önünde bulundurulmakta, sistemlerin yatırım ve işletme maliyetletleri değerlendirilmektedir.

Yüksek yapıların çevresindeki yapılardan yükseklik yönünden sıyrılması ve çevre yapılar tarafından gölgeleme etkisine maruz kalmaması sebebiyle güneş kaynaklı ısı kazanımları yüksektir. Fakat gün boyunca bu ısı kazancının değeri güneşin konumuna göre değişkenlik göstermektedir. Bir diğer yandan yüksek yapıların rüzgar etkisine daha açık olmasından dolayı, yapının iç mekanına sızan hava oldukça fazla olmaktadır. Bu durum da yapının cephesine yakın olan mekanların,

sızan rüzgar akımından daha çok etkilenmesine sebep olmaktadır. Dolayısıyla yapıdaki çekirdek zonuyla çekirdekten cepheye kadar olan zonun ısıl değerleri farklılık göstermektedir. Çekirdekten cepheye olan serbest mekan, ısıl değişimden ve rüzgardan daha fazla etkilendiği için çevre zonda ısıtma ve soğutma sistemleri birlikte kullanılmaktadır. Çekirdekte ise ısıl değer, çevre zon kadar değişiklik göstermediğinden daha çok soğutma sistemleri tasarlanmaktadır. Dolayısıyla yüksek yapıda ısıtma tesisatı planlanırken çekirdek zonu ve çevre zon ayrı planlanmalıdır. Soğutma ihtiyacı olan çekirdekte genellikle VAV sistem (Variable Air Volume - Değişken hava hacimli sistem) ve ısıtma ihtiyacı olan çevre zonda VAV sistemle birlikte statik ısıtma kulllanılmaktadır [141].

VAV sistem odadaki asma tavana yerleştirilmektedir ve bir kanal yardımıyla çekirdekteki ana besleme hava kanalına bağlanmaktadır. VAV ünitesinden çıkan hava kanallarla difüzerlere taşınmakta ve ortama verilmektedir (Şekil 3.70). VAV sistemde, mekandaki ısı yüküne bağlı olarak hava hacmi ölçülmekte ve soğutma ihtiyacına göre besleme havasının miktarı değiştirilmektedir. Hava akışı ve soğutma miktarı her mekan için ayrı kontrol edilebilmektedir. [147].

Çekirdeğin; dış, çeper ve köşe çekirdeklerde olduğu gibi dış ortamla ilişkili olmasıyla, ısıl yüklerinin azaltılması ve havalandırma imkanı artmaktadır.



Şekil 3.70 a) VAV sistem [141] b) Tipik bir ofis kesitinde sistemin yerleşimi [141]

4
SONUÇ

Yüksek yapılarda çekirdek tasarımları; kullanıcı konforu, taşıyıcı sistem verimliliği, düşey ulaşım sistemi verimliliği ve tesisat sistemi verimliliği yönünden belirlenen kriterler doğrultusunda birbirleriyle karşılaştırılarak değerlendirilmiş, birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları ortaya konmuştur. Yapılan karşılaştırmada tasarımlar 1'den 5'e kadar puanlanmıştır. Puanlamada tasarımlar;

1: Yetersiz, 2: Zayıf, 3: Orta, 4: İyi, 5: İdeal olarak kabul edilmiştir.

Değerlendirmeye alınacak çekirdek tasarımları için, literatürdeki çekirdek tasarımı yaklaşımları bir araya getirilmiş ve tasarımlar; merkezi, çeper, dış, köşe, rastgele ve tüp sistemler olmak üzere gruplandırılmıştır.

Merkezi çekirdek tasarımları; tek sayıda (Şekil 4.1a), ayrık-çok sayıda (Şekil 4.1b) ve atriyumlu (Şekil 4.1c) olmak üzere;

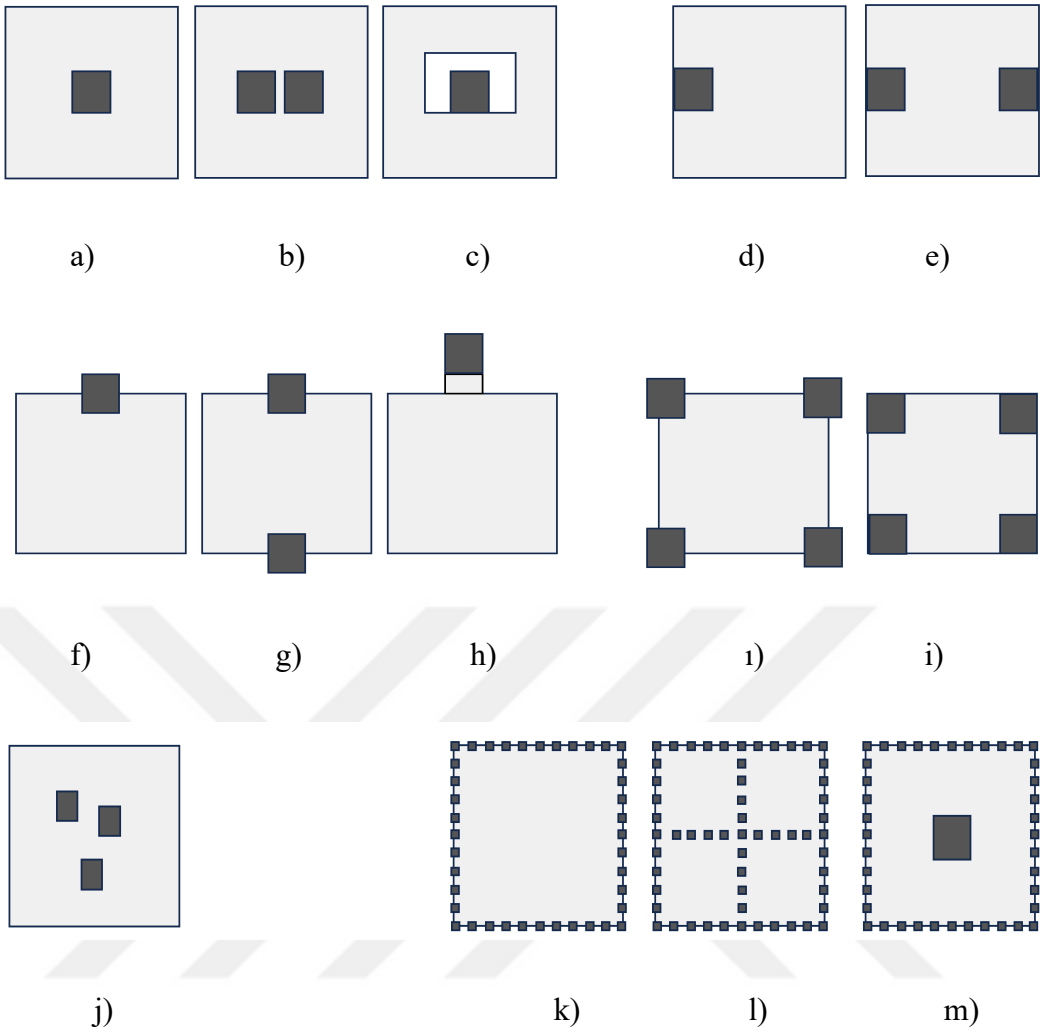
Çeper çekirdek tasarımları: tek sayıda (Şekil 4.1d) ve ayrık-çok sayıda (4.1e) olmak üzere;

Dış çekirdek tasarımları: tek sayıda (Şekil 4.1f), ayrık-çok sayıda (Şekil 4.1g) ve yapıdan bağımsız (Şekil 4.1h) olmak üzere;

Köşe çekirdek tasarımları yapı çeperinden okunabilir (Şekil 4.1ı), yapı çeperinden okunamaz (Şekil 4.1i) olmak üzere;

Rastgele çekirdekler (Şekil 4.1j) kat planına ve birbirlerine göre simetrik olmayan ayrık-çok sayıda çekirdekler olmak üzere;

Tüp sistemler: çerçeve tüp (Şekil 4.1k), demet tüp (Şekil 4.1l) ve tüp içinde tüp (Şekil 4.1m) olmak üzere değerlendirmeye alınmıştır.



Şekil 4.1 Değerlendirilen çekirdek tasarımları

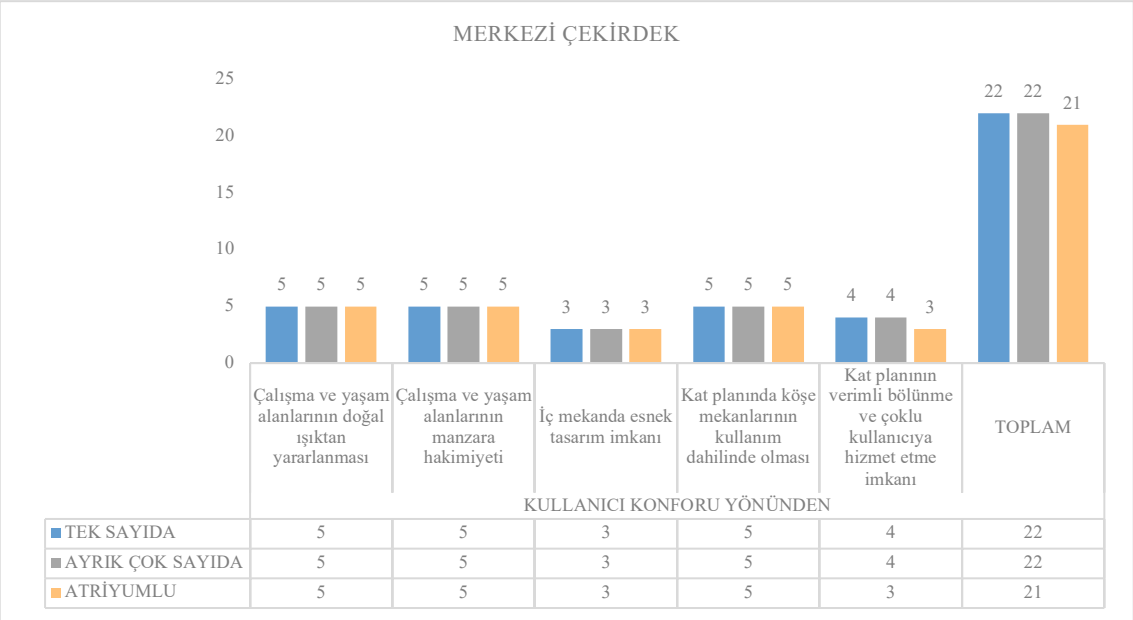
Değerlendirmede ilk olarak çekirdek tasarımları; kullanıcı konforu, taşıyıcı sistem verimliliği, düşey ulaşım sistemi verimliliği, tesisat sistemi verimliliği yönünden belirlenen kriterler doğrultusunda puanlanarak kendi grupları içinde karşılaştırılmıştır.

Ardından tüm çekirdek tasarımları; kullanıcı konforu, taşıyıcı sistem verimliliği, düşey ulaşım sistemi verimliliği, tesisat sistemi verimliliği yönünden belirlenen kriterler doğrultusunda birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

Son olarak çekirdek tasarımlarının tüm kriterler yönünden değerlendirilme puanları toplanarak genel bir değerlendirme yapılmıştır.

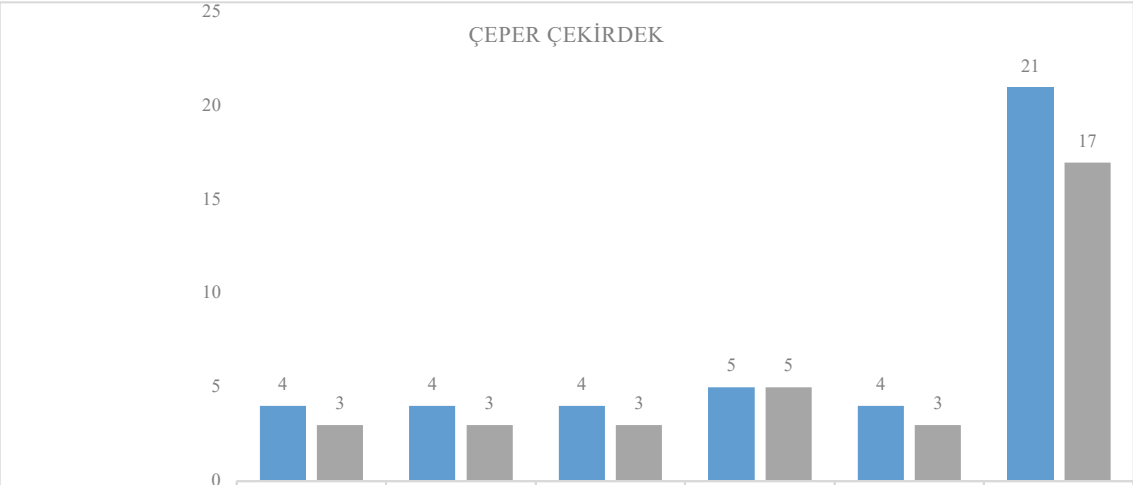
4.1 Çekirdek Tasarımlarının Yapıda Kullanıcı Konforu Kriterlerine Göre Değerlendirilmesi

Tablo 4.1 Merkezi çekirdek tasarımlarının değerlendirilmesi



Çalışma ve yaşam mekanları merkezi çekirdek tasarımlarında çekirdeğin etrafında sıralanacağı için; çalışma ve yaşam alanlarının doğal ışıktan faydalanması, kullanıcıların manzara hakimiyeti, iç mekanda esnek tasarım potansiyeli ve kat planında köşelerin kullanım dahilinde olması, tüm merkezi çekirdek tasarımlarında eşit avantajda olacak şekilde değerlendirilmiştir. Kat planının verimli bir şekilde bölünüp çoklu kullanıcıya hizmet edebilmesi kriterinde atriyumlu tasarımlar katın net kullanım alanını daha çok düşürebileceği için, tek sayıda veya ayrık-çok sayıda merkezi çekirdekli tasarımlara göre dezavantajlı olarak değerlendirilmiştir. Kullanıcı konforu kriterleri genel olarak değerlendirildiğinde, tek sayıda ve ayrık-çok sayıda merkezi çekirdekler, atriyum çekirdek tasarımlarına göre avantajlı bulunmuştur.

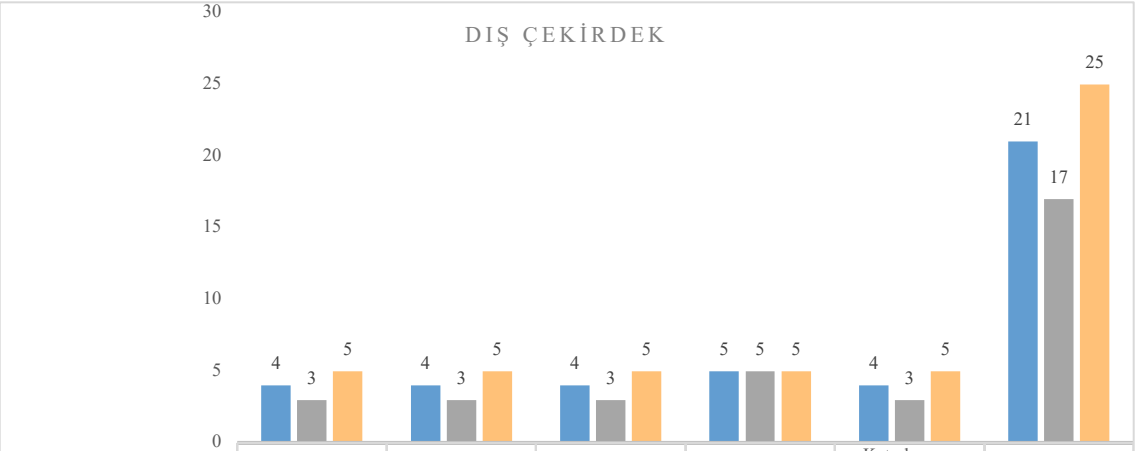
Tablo 4.2 Çeper çekirdek tasarımlarının değerlendirilmesi



	Çalışma ve yaşam alanlarının doğal ışıktan yararlanması	Çalışma ve yaşam alanlarının manzara hakimiyeti	İç mekanda esnek tasarım imkanı	Kat planında köşe mekanlarının kullanım dahilinde olması	Kat planının verimli bölünme ve çoklu kullanıcıya hizmet etme imkanı	TOPLAM
TEK SAYIDA	4	4	4	5	4	21
AYRIK ÇOK SAYIDA	3	3	3	5	3	17

Ayrık-çok sayıda çeper çekirdek tasarlanan yapılarda, çekirdeklerin yapının iki cephesinde de yer alması kullanıcı konforu yönünden dezavantajlı olarak değerlendirilmiştir. Yapının iki cephesinin de çekirdek tarafından kapatılması, çalışma ve yaşam alanlarının doğal ışıktan yararlanma imkanını ve kullanıcıların manzara hakimiyetini düşürecektir. Yine ayrık-çok sayıda çekirdek içeren yapılarda, iç mekanda esnek tasarım imkanı ve kat planının verimli bölünüp çoklu kullanıcıya hizmet etme imkanı tek sayıda çekirdek içeren yapılara göre azalmaktadır. Kat planında köşe noktaların kullanım dahilinde olması kriterine göre hem tek sayıda hem de ayrık-çok sayıda çekirdek tasarımı yapılmış yapılar eşit avantajda değerlendirilmiştir.

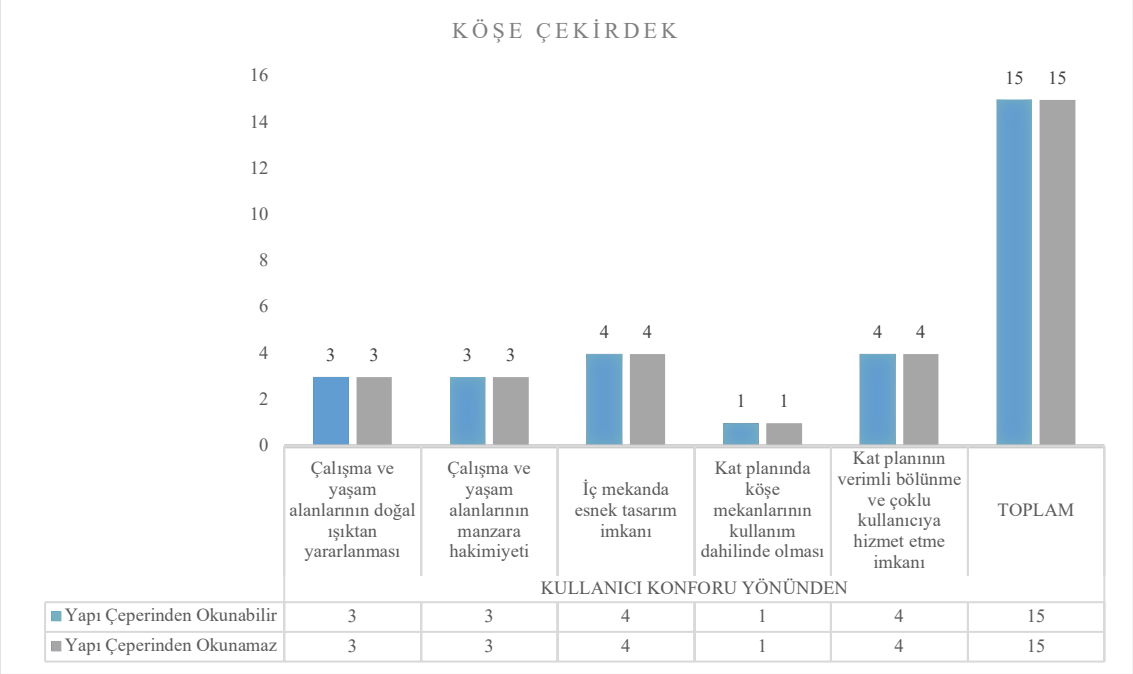
Tablo 4.3 Dış çekirdek tasarımlarının değerlendirilmesi



	KULLANICI KONFORU YÖNÜNDEN					
TEK SAYIDA	4	4	4	5	4	21
AYRIK ÇOK SAYIDA	3	3	3	5	3	17
YAPIDAN BAĞIMSIZ	5	5	5	5	5	25

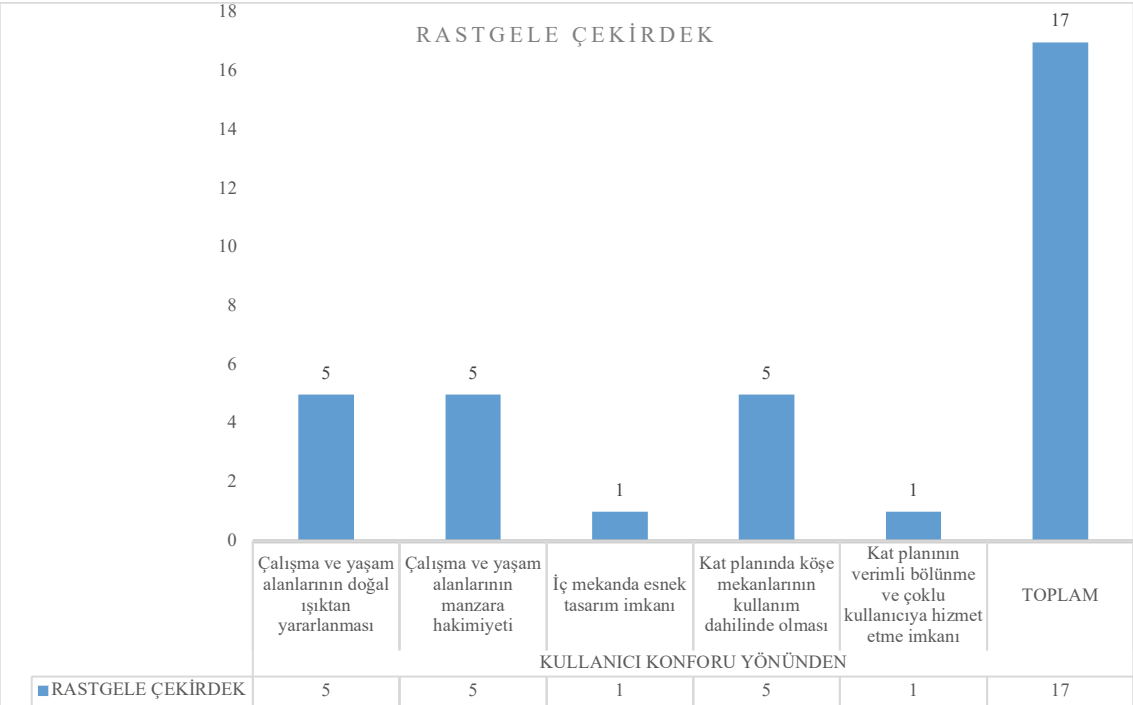
Yapıdan bağımsız çekirdekler, yapıya dıştan eklemlenecek şekilde tasarlandığı ve katın net kullanım alanını azaltmadığı için kullanıcı konforu bakımından tek sayıda ve ayrık-çok sayıda dış çekirdek tasarımlarına göre avantajlı olarak değerlendirilmiştir. Tek sayıda dış çekirdek tasarımları, katın yalnızca bir cephesinde tasarlandığı için çalışma ve yaşam alanlarının doğal ışıktan yararlanması, kullanıcıların manzara hakimiyeti ayrık-çoklu çekirdek tasarımlarına göre avantajlı değerlendirilmiştir. Yine ayrık-çok sayıda çekirdek içeren yapılarda, iç mekanda esnek tasarım imkanı ve kat planının verimli bölünüp çoklu kullanıcıya hizmet etme imkanı, tek sayıda çekirdek içeren yapılara göre dezavantajlı olarak değerlendirilmiştir. Kat alanında köşe noktaların kullanım dahilinde olması kriterine göre dış çekirdek tasarımları eşit avantaja sahiptir.

Tablo 4.4 Köşe çekirdek tasarımlarının değerlendirilmesi



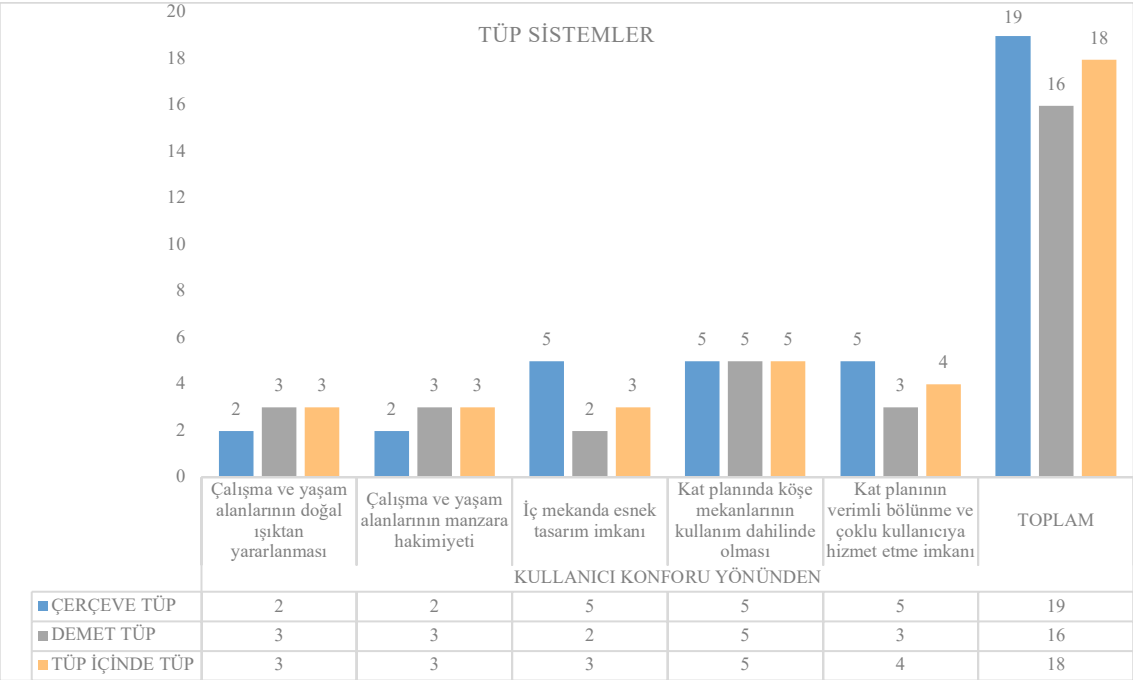
Yapı çeperinden okunabilen ve okunamayan köşe çekirdek tasarımlarınının ikisinde de köşe mekanlar çekirdek hacmi tarafından kapatılmaktadır. Dolayısıyla yapıda köşe mekanların kullanım dahilinde olması iki tasarımda da dezavantajlı olarak değerlendirilmiştir. Çalışma ve yaşam mekanlarının doğal ışıktan yararlanması, kullanıcıların manzara hakimiyeti, iç mekanda esnek tasarım imkanı ve kat planının verimli bölünüp çoklu kullanıcıya hizmet etme imkanı iki tasarımda da eşit avantajda değerlendirilmiştir.

Tablo 4.5 Rastgele çekirdek tasarımının değerlendirilmesi



Rastgele çekirdek tasarımında, çekirdek kat planında simetrik olmayacak şekilde çoklu olarak tasarlandığı için kat planının verimli bölünmesi ve iç mekanda esnek tasarım imkanı dezavantajlı olarak değerlendirilmiştir. Çalışma ve yaşam mekanları çekirdeğin etrafında sıralanıp çekirdek ile cephe arasında kalacağı için; çalışma ve yaşam alanlarının doğal ışıktan yararlanması, kullanıcıların manzara hakimiyeti, kat planında köşelerin kullanım dahilinde olması kriterlerine göre rastgele çekirdek tasarımları avantajlı olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 4.6 Tüp sistem tasarımlarının değerlendirilmesi

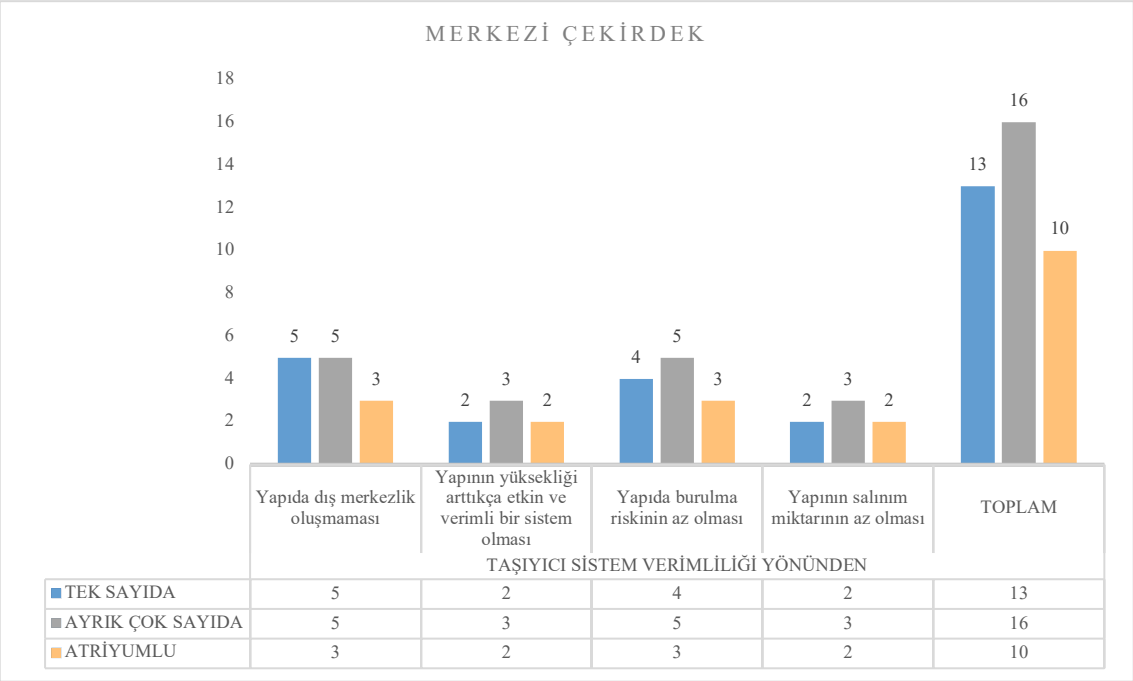


	Çalışma ve yaşam alanlarının doğal ışıktan yararlanması	Çalışma ve yaşam alanlarının manzara hakimiyeti	İç mekanda esnek tasarım imkanı	Kat planında köşe mekanlarının kullanım dahilinde olması	Kat planının verimli bölünme ve çoklu kullanıcıya hizmet etme imkanı	TOPLAM
ÇERÇEVE TÜP	2	2	5	5	5	19
DEMET TÜP	3	3	2	5	3	16
TÜP İÇİNDE TÜP	3	3	3	5	4	18

Çerçeve tüp sistemde kolon aralıkları sık yerleştirildiği için çalışma ve yaşam alanlarının doğal ışıktan yararlanma oranı ve kullanıcıların manzara hakimiyeti, demet tüp ve tüp içinde tüp sisteme göre dezavantajlı olarak değerlendirilmiştir. Kat planında esnek tasarım imkanı ve kat planının verimli bölünüp çoklu kullanıcıya hizmet etme imkanı ise tüp sistemlerde iç mekanda bir çekirdek olduğu için, demet tüp sistemde ise birden çok çerçeve tüp sistem, ilişki içinde planlandığı ve yapı iç mekanında birçok taşıyıcı mevcut olduğu için çerçeve tüp sisteme göre dezavantajlı değerlendirilmiştir. Tüp içinde tüp sistemde çalışma ve yaşam alanları merkezi çekirdeklerde olduğu gibi çekirdek etrafında sıralanmaktadır. Dolayısıyla demet tüple karşılaştırıldığında iç mekanda esnek tasarım imkanı ve kat planının verimli bölünüp çoklu kullanıcıya hizmet etme imkanı tüp içinde tüp sistemde demet tüp sisteme göre daha avantajlı değerlendirilmiştir.

4.2 Çekirdek Tasarımlarının Yapının Taşıyıcı Sistem Verimliliği Kriterlerine Göre Değerlendirilmesi

Tablo 4.7 Merkezi çekirdek tasarımlarının değerlendirilmesi

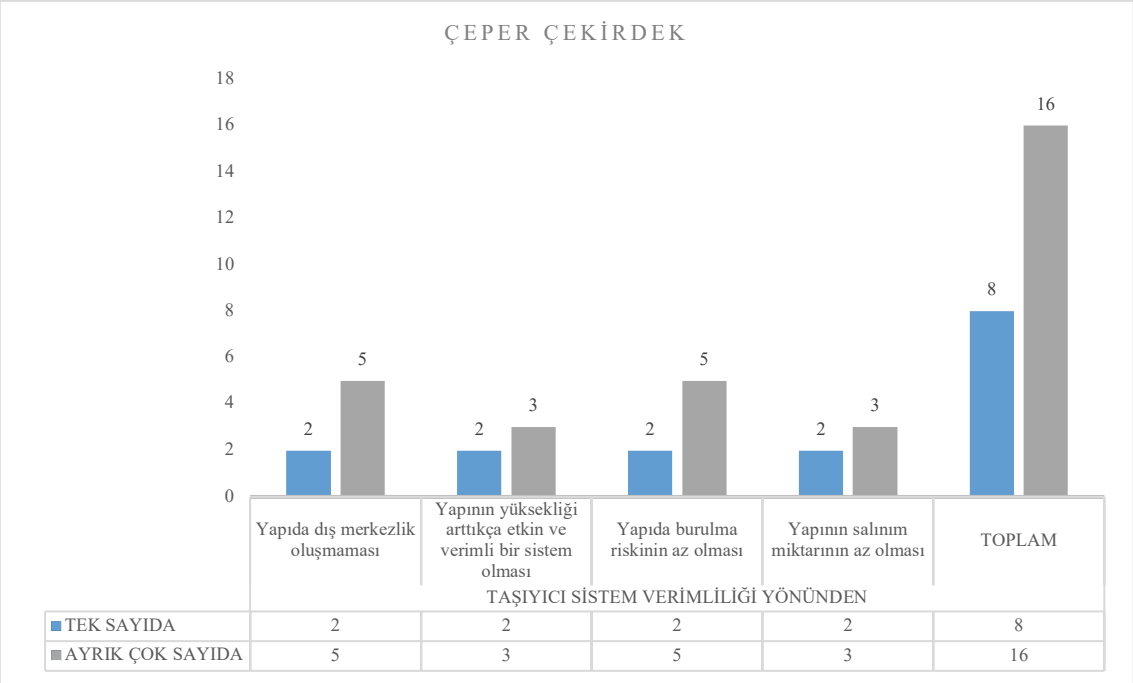


	Yapıda dış merkezlik oluşmaması	Yapının yüksekliği arttıkça etkin ve verimli bir sistem olması	Yapıda burulma riskinin az olması	Yapının salınım miktarının az olması	TOPLAM
TEK SAYIDA	5	2	4	2	13
AYRIK ÇOK SAYIDA	5	3	5	3	16
ATRİYUMLU	3	2	3	2	10

Tek sayıda ve ayrık-çok sayıda merkezi çekirdeklerde, çekirdeklerin ağırlık merkeziyle kat planının geometrik merkezi çakışmakta ve dış merkezlik oluşmamaktadır. Dolayısıyla tek sayıdaki ve ayrık-çok sayıdaki merkezi çekirdekler atriyumlu tasarımlara göre; yapıda dış merkezlik oluşturmama, yapı yüksekliğinin verimli ve etkin bir taşıyıcı sistem tercihiyle artmasına imkan sağlama, yapıda burulma riskinin az olması ve yapının salınım miktarının az olması kriterlerine göre avantajlı olarak değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmede atriyumlu tasarımlar, tasarımlarında döşeme süreksizliği yarattıkları için yapı stabilitesinde dezavantajlı olarak değerlendirilmiştir. Ayrık-çok sayıda merkezi çekirdekler ise yapı yüksekliğinin verimli ve etkin bir taşıyıcı sistem tercihiyle artmasına imkan sağlama, yapıda burulma riskinin az olması ve yapının salınım miktarının az olması kriterlerine göre tek sayıda merkezi çekirdek tasarımlarına göre avantajlı olarak değerlendirilmiştir. Burada ayrık-çok sayıda çekirdek tasarımlarında çekirdekler arasındaki mesafenin artmasıyla birlikte, burulma direncinin artacağı ve yapıda burulma riskinin azalacağı değerlendirmesinde bulunulmuştur. Yine ayrık-çok sayıdaki çekirdek

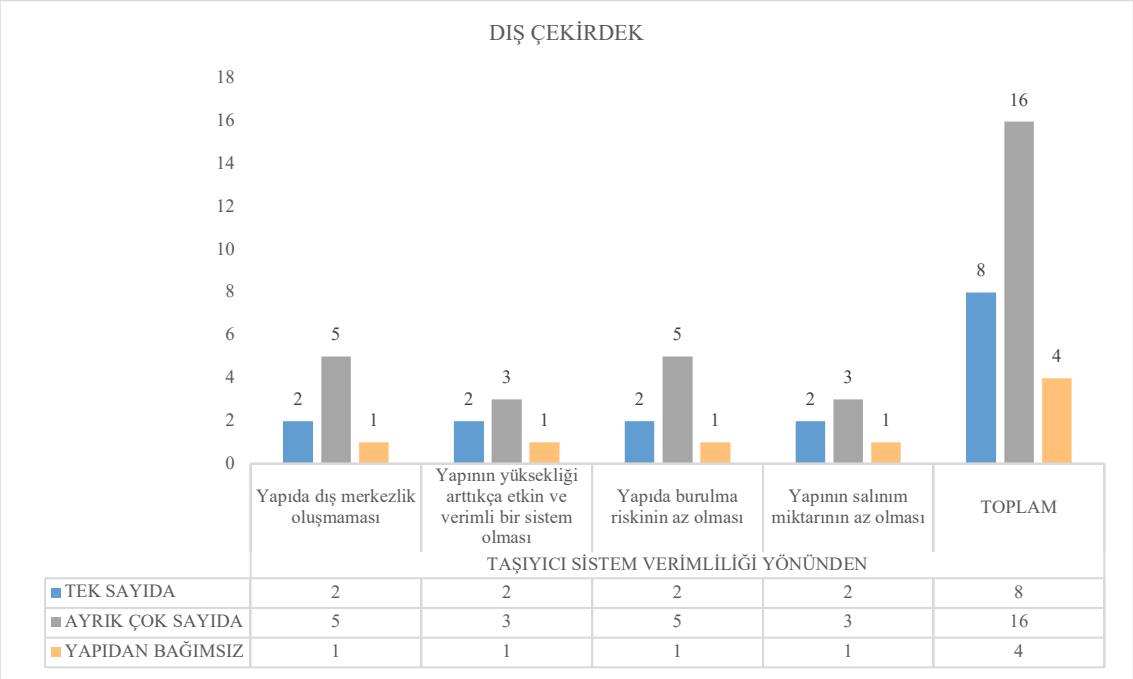
tasarımlarında çekirdek sayısının, tek sayıdaki merkezi çekirdeklere göre çok olmasının yapının salınımını azaltacağı değerlendirmesinde bulunulmuştur.

Tablo 4.8 Çeper çekirdek tasarımlarının değerlendirilmesi



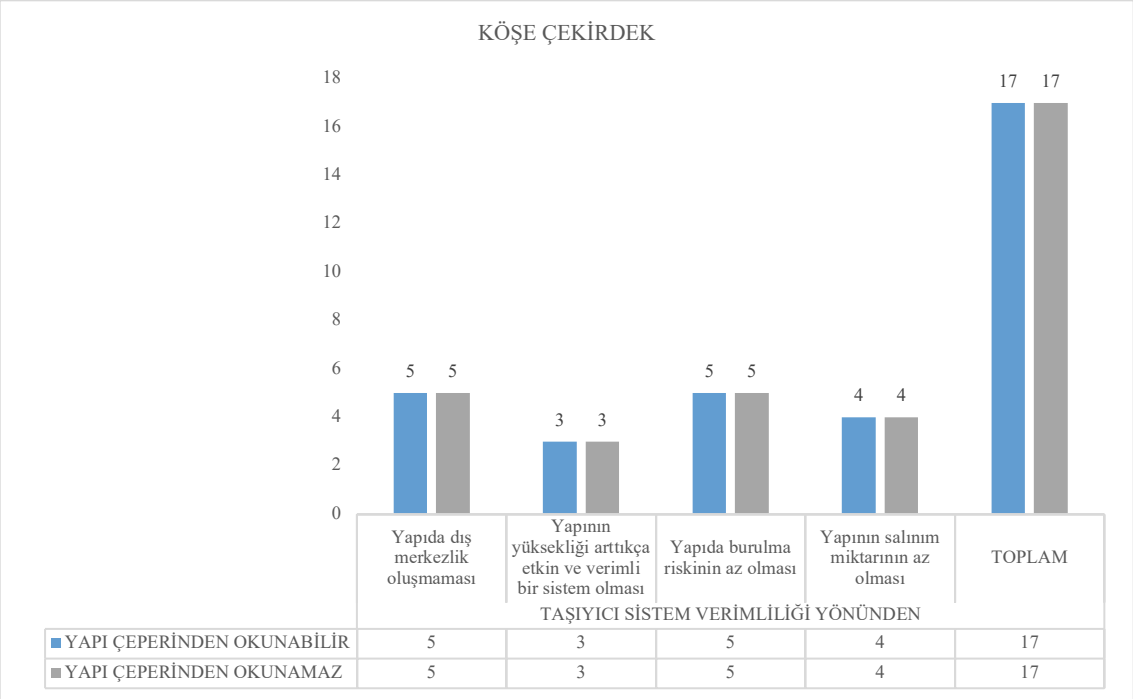
Ayrık-çok sayıda çekirdek tasarımları, yapı stabilitesi bakımından değerlendirildiğinde, çekirdeklerin ağırlık merkezi ile yapının geometrik merkezi çakıştığı ve dış merkezlik oluşmadığı için tek sayıda çeper çekirdeğe göre daha stabil bir tasarım olarak değerlendirilmiştir. Çekirdekler arasındaki mesafenin artırılarak ayrık-çok sayıda çeper çekirdek tasarımı yapılması yapıda burulma riskinin az olması ve yapının salınım miktarının az olması kriterlerine göre tek sayıda çeper çekirdekten avantajlı değerlendirilmişlerdir. Dolayısıyla, yapı yüksekliğinin verimli ve etkin bir taşıyıcı sistem tercihiyle artmasına imkan sağlama, kriterine göre de ayrık-çok sayıda çekirdek tasarımı avantajlıdır.

Tablo 4.9 Dış çekirdek tasarımlarının değerlendirilmesi



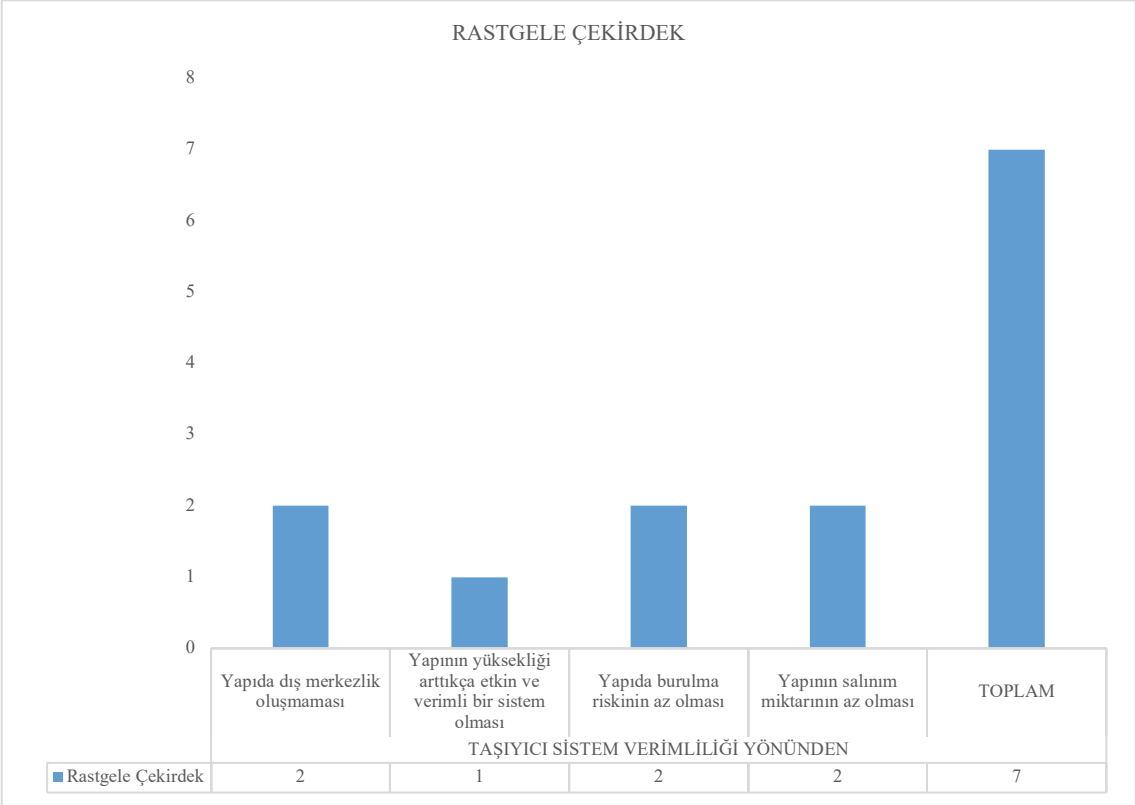
Ayrık-çok sayıda dış çekirdekler, ayrık-çok sayıda çeper çekirdeklerde olduğu gibi; dış merkezlik oluşturmama, yapı yüksekliğinin verimli ve etkin bir taşıyıcı sistem tercihiyle artmasına imkan sağlama, tasarlandığı yapıda burulma riskinin az olması ve tasarlandığı yapının salınım miktarının az olması kriterleri yönünden tek sayıda dış çekirdeğe ve yapıdan bağımsız çekirdeklere göre avantajlı olarak değerlendirilmiştir. Taşıyıcı sistem verimlililiği kriterlerinde dış çekirdek tasarımlarının genel değerlendirmesinde, taşıyıcı sistem verimliliği yönünden yapıdan bağımsız çekirdeklerin en dezavantajlı tasarım olduğu görülmüştür. Çekirdeğin yapıdan bağımsız olması; planın bir kısmının çok daha stabil olması, yük aktarımının dengeli ve eşit olmaması, yatay yük altında yapının eşit stabilitede davranış gösterememesi şeklinde değerlendirilmiştir.

Tablo 4.10 Köşe çekirdek tasarımlarının değerlendirilmesi



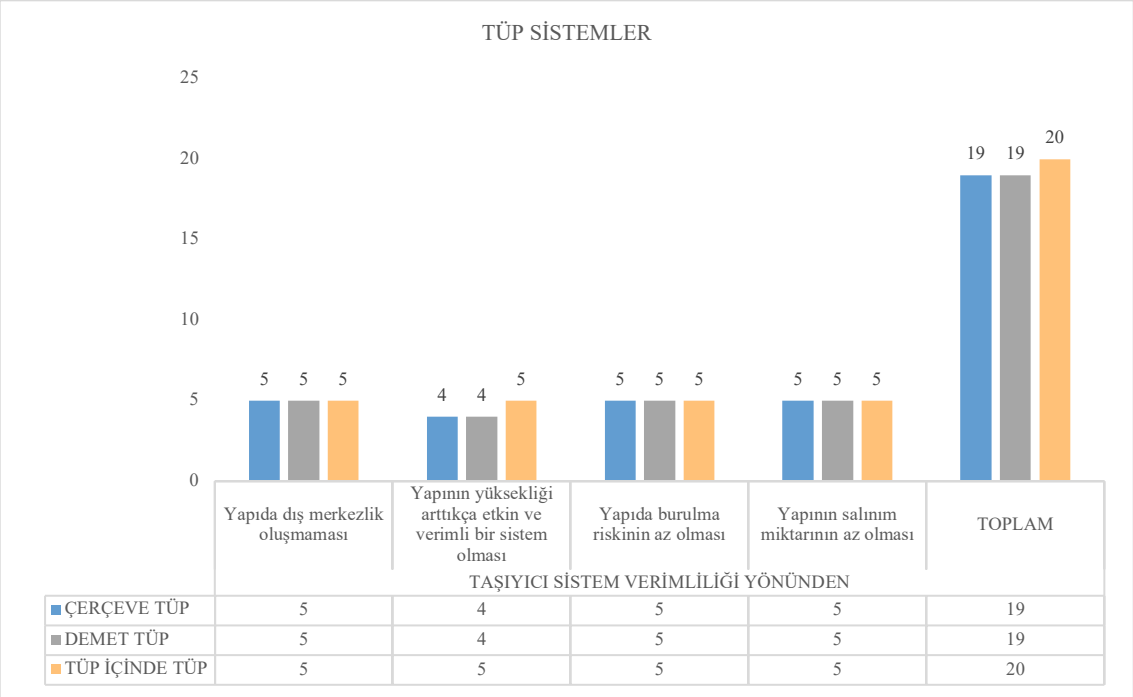
Yapı çeperinden okunabilen köşe çekirdek tasarımları ve yapı çeperinden okunamayan köşe çekirdek tasarımları; dış merkezlik oluşturmama, yapı yüksekliğinin verimli ve etkin bir taşıyıcı sistem tercihiyle artmasına imkan sağlama, tasarlandığı yapıda burulma riskinin az olması ve tasarlandığı yapının salınım miktarının az olması kriterleri yönünden eşit avantajda değerlendirilmiştir. İki köşe çekirdek tasarımında da çekirdekler simetrik biçimde olacak şekilde ayrık ve sayıca çok oldukları için yapının burulma riski düşmekte ve salınım miktarı az olmaktadır.

Tablo 4.11 Rastgele çekirdek tasarımının değerlendirilmesi



Rastgele çekirdek tasarımında çekirdekler, hem birbirlerine göre ve hem de kat planına göre simetrik yerleştirilmediği için çekirdeklerin ağırlık merkezleri, kat planının geometrik merkeziyle çakışmamakta ve yapıda dış merkezlik oluşmaktadır. Dolayısıyla, yapı yüksekliğinin verimli ve etkin bir taşıyıcı sistem tercihiyle artmasına imkan sağlama, tasarlandığı yapıda burulma riskinin az olması ve tasarlandığı yapının salınım miktarının az olması kriterleri yönünden dezavantajlı olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 4.12 Tüp sistem tasarımlarının değerlendirilmesi

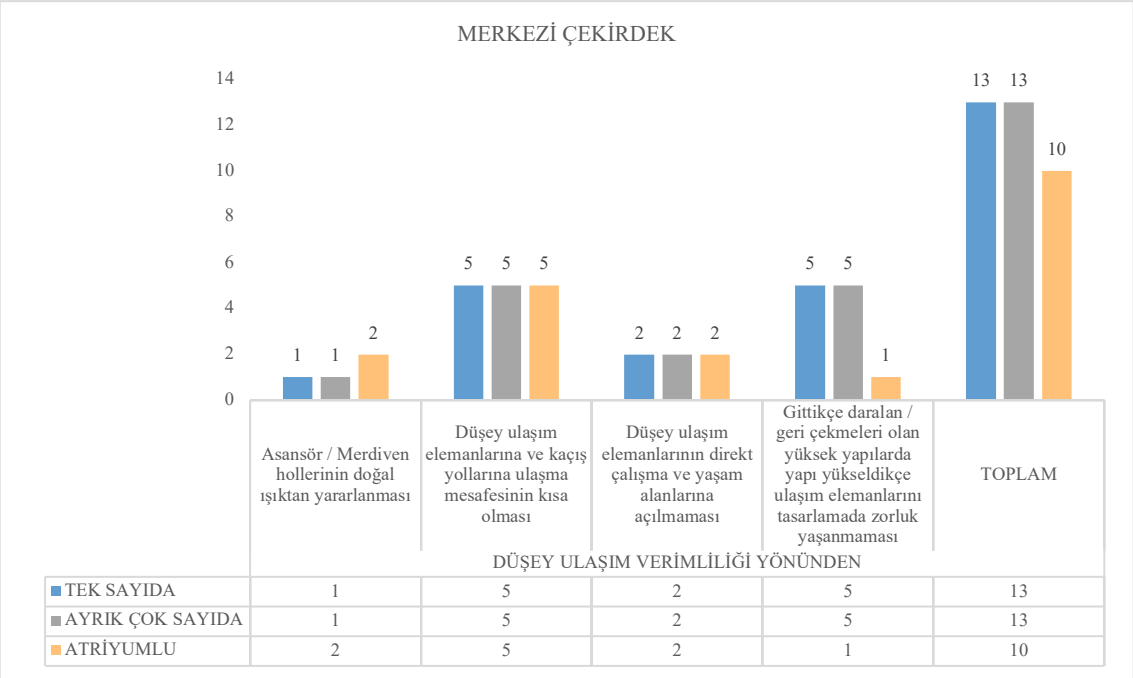


Tablo 4.12 Tüp sistem tasarımlarının değerlendirilmesi

Çerçeve tüp sistemler, demet tüp sistemler ve tüp içinde tüp sistemler; yapıda dış merkezlik oluşmaması, yapıda burulma riskinin az olması ve yapının salınım miktarının az olması kriterlerine göre oldukça avantajlı olarak değerlendirilmiştir. Tüp içinde tüp sistem, çerçeve ve demet tüp sisteme göre yapının yüksekliğinin artmasında daha etkin ve verimli bir sistem olarak değerlendirilmiştir. Çünkü tüp içinde tüp sistemde kabuğun taşıyıcılığının yanında iç mekanda bir çekirdek tasarımı daha vardır ve yapı stabilitesinde avantaj yaratmaktadır.

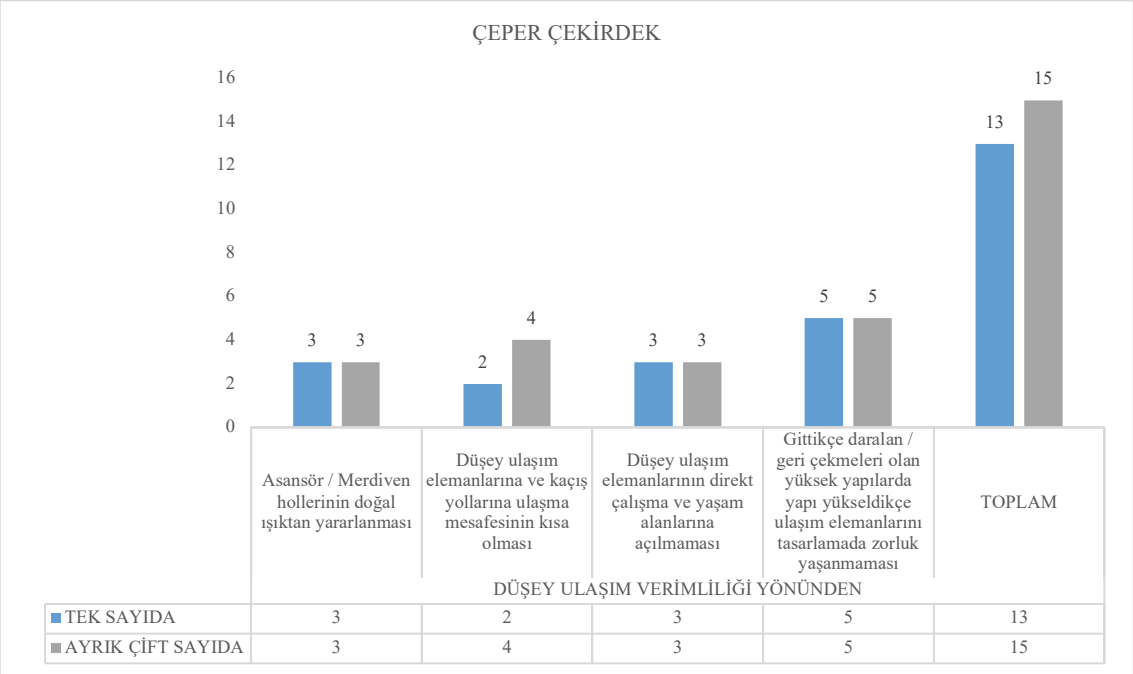
4.3 Çekirdek Tasarımlarının Yapının Düşey Ulaşım Sistemi Verimliliği Kriterlerine Göre Değerlendirilmesi

Tablo 4.13 Merkezi çekirdek tasarımlarının değerlendirilmesi



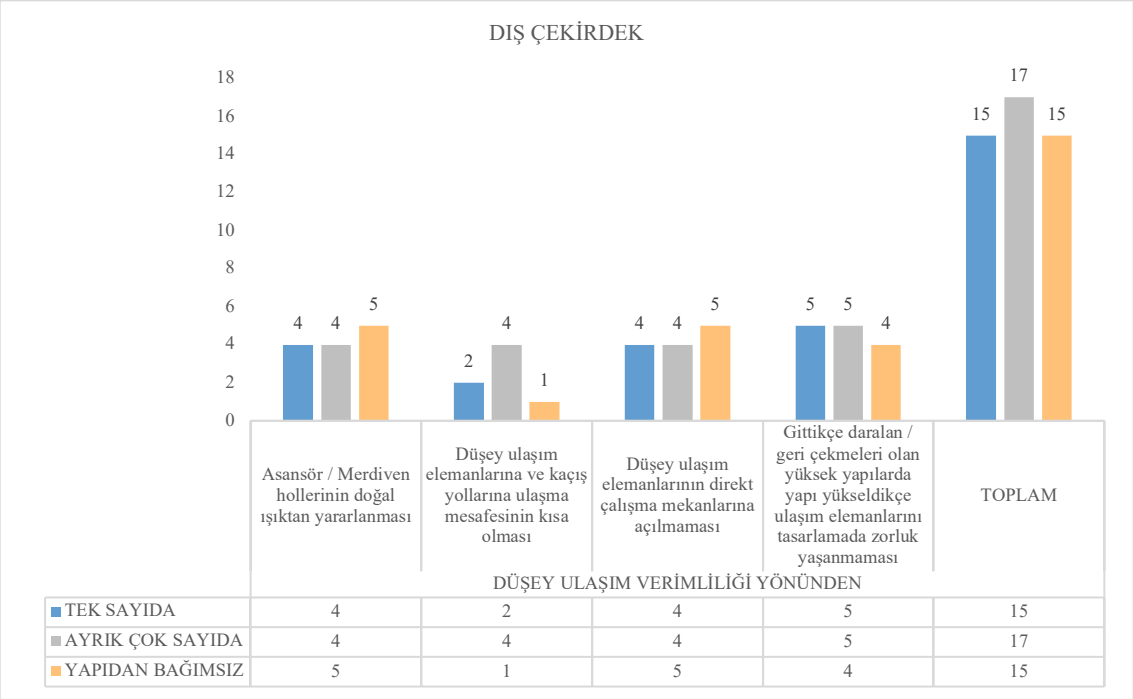
Tek sayıda ya da ayrık-çok sayıda merkezi çekirdekler, düşey ulaşım elemanlarının hollerinin doğal ışıktan yararlanması kriterine göre atriyumlu tasarımlardan dezavantajlı olarak değerlendirilmiştir. Merkezi çekirdek tasarımlarının hepsi, kullanıcıların düşey ulaşım elemanlarına ve kaçış yollarına ulaşma mesafelerinin kısa olması yönünden avantajlı olarak değerlendirilmiştir. Düşey ulaşım elemanlarının direkt çalışma ve yaşam alanlarına açılması ise bu tasarımlarda dezavantajlıdır. Çünkü çekirdek hacminin etrafındaki sirkülasyon holünden sonra direkt olarak çalışma ve yaşam alanları başlamaktadır. Gittikçe daralan ve geri çekmelerin olduğu tasarımlarda düşey ulaşım elemanlarının verimli bir şekilde tasarlanması kriterine göre atriyumlu tasarımlar tek sayıda veya ayrık-çok sayıda merkezi çekirdeklere göre dezavantajlı olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 4.14 Çeper çekirdek tasarımlarının değerlendirilmesi



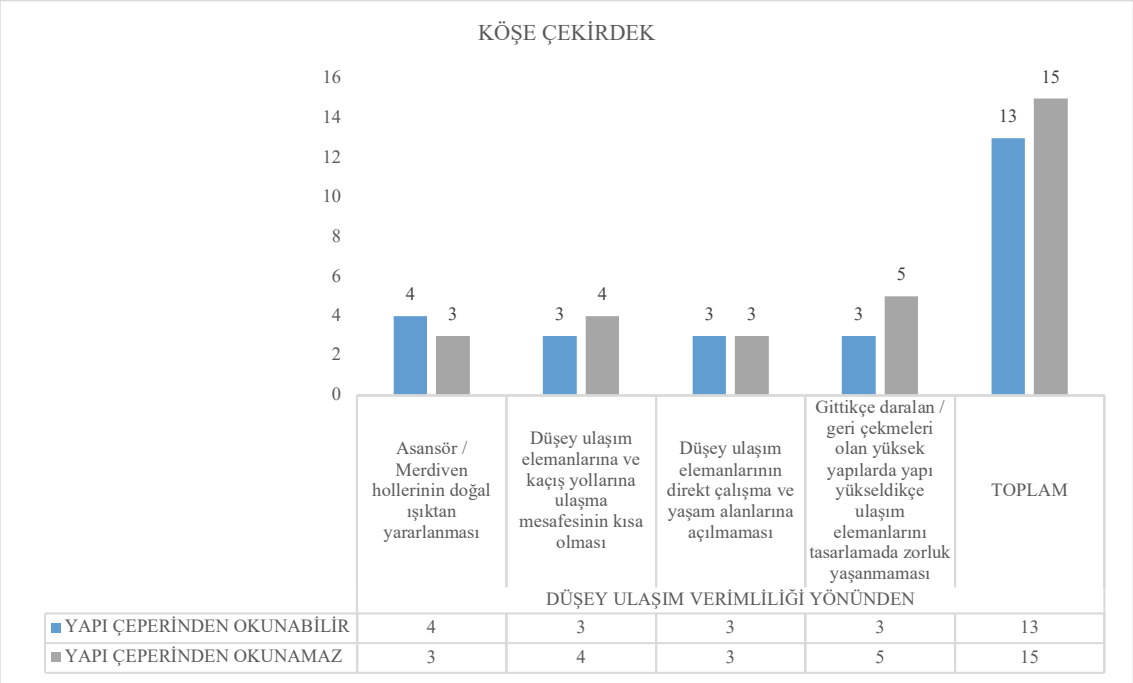
Ayrık-çok sayıda tasarlanan çeper çekirdeklerde kullanıcıların düşey ulaşım elemanlarına ve acil kaçış yollarına ulaşma mesafesi daha az olacağından ayrık-çok sayıda çeper çekirdek tasarımları, tek sayıda çeper çekirdek tasarımlarına göre avantajlı değerlendirilmiştir. Düşey ulaşım elemanlarının hollerinin doğal ışıktan yararlanması, düşey ulaşım elemanlarının direkt çalışma ve yaşam alanlarına açılması, gittikçe daralan ve geri çekmelerin olduğu tasarımlarda düşey ulaşım elemanlarının verimli bir şekilde tasarlanması kriterlerine göre tek sayıda veya ayrık-çok sayıda çeper çekirdek tasarımları eşit avantajda değerlendirilmiştir.

Tablo 4.15 Dış çekirdek tasarımlarının değerlendirilmesi



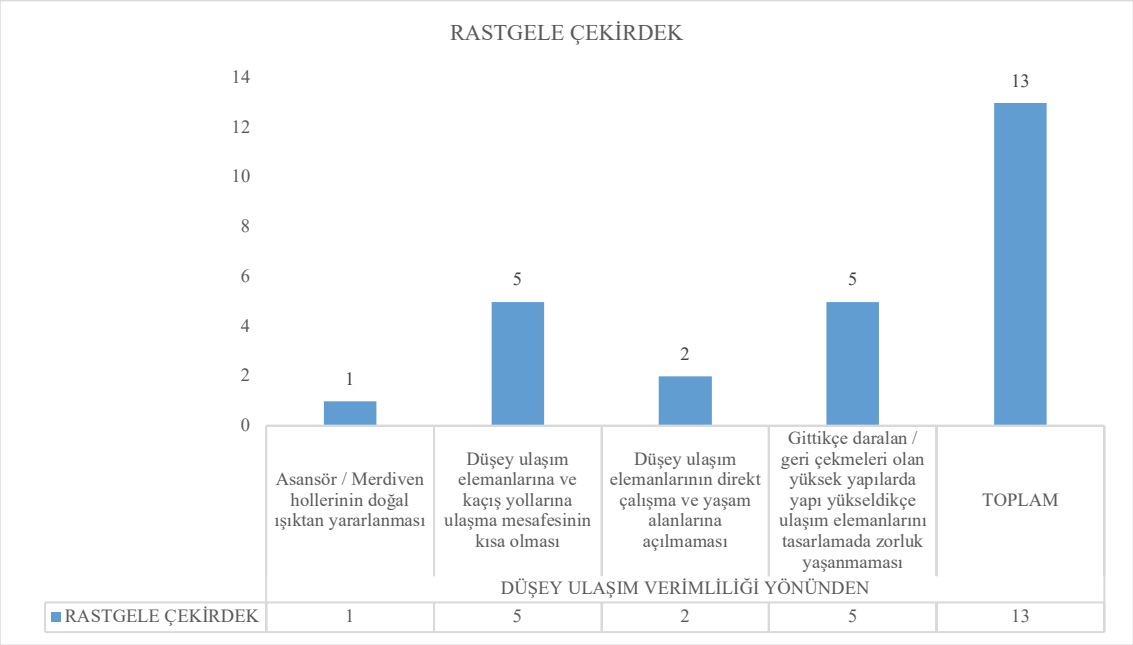
Yapıdan bağımsız dış çekirdekler, düşey ulaşım elemanlarının hollerinin doğal ışıktan yararlanması kriterine göre tek sayıda ve ayrık-çok sayıda dış çekirdeğe göre avantajlı olarak değerlendirilmiştir. Yine düşey ulaşım elemanlarının direkt çalışma ve yaşam alanlarına açılmaması kriterine göre yapıdan bağımsız çekirdeklerin avantajlı olduğu görülmüştür. Düşey ulaşım elemanları ve acil kaçış yolları, yapıdan bağımsız çekirdeklerde kat kullanıcılarına oldukça uzakta tasarlandığı için bu elemanlara ulaşma mesafesinin kısa olması kriterine göre dış çekirdek tasarımları dezavantajlı olarak değerlendirilmiştir. Yine gittikçe daralan ve geri çekmelerin olduğu tasarımlarda düşey ulaşım elemanlarının verimli bir şekilde tasarlanması kriterlerine göre yapıdan bağımsız çekirdekler tek sayıda ve ayrık-çok sayıda dış çekirdeğe göre dezavantajlı olarak değerlendirilmiştir. Çekirdek içindeki elemanların boyut ve tasarımlarının katlar arasında değişmesinin yapıdan bağımsız çekirdeklerde daha zor tasarım kararları aldırabileceği öngörülmüştür.

Tablo 4.16 Köşe çekirdek tasarımlarının değerlendirilmesi



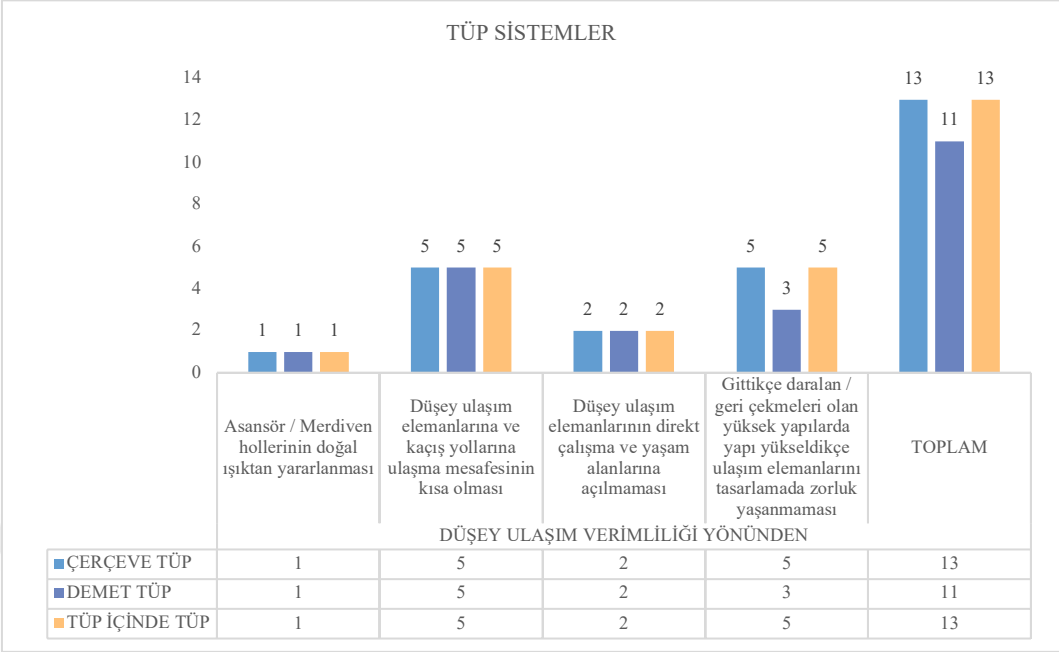
Yapı çeperinden okunabilir köşe çekirdekler, kat planının köşelerinde ve çeperleri yapı dışında olacak şekilde tasarlandığı için düşey ulaşım elemanlarının hollerinin doğal ışıktan yararlanması kriterine göre avantajlı değerlendirilmiştir. Yapı çeperinden okunamayan köşe çekirdekler ise yapı çeperinin içinde tasarlandığı için kullanıcıların düşey ulaşım elemanlarına ve acil kaçış yollarına ulaşma mesafesinin az olması kriterine göre daha avantajlı değerlendirilmiştir. Düşey ulaşım elemanlarının direkt çalışma mekanlarına açılmaması kriterine göre ise her iki dış çekirdek tasarımı da eşit avantajda değerlendirilmiştir. Gittikçe daralan ve geri çekmelerin olduğu yapılarda düşey ulaşım elemanlarının tasarlanmasında zorluk yaşanmaması kriterine göre yapı çeperinden okunamayan tasarımlar, okunabilen tasarımların cephe planlamasının tasarımı daha çok etkileyeceği öngörüsüyle daha avantajlı değerlendirilmiştir.

Tablo 4.17 Rastgele çekirdek tasarımının değerlendirilmesi



Rastgele çekirdek tasarımları, düşey ulaşım araçlarının hollerinin doğal ışıktan yararlanması ve düşey ulaşım araçlarının direkt çalışma mekanlarına açılmaması kriterlerine göre dezavantajlı olarak değerlendirilmiştir. Rastgele çekirdek tasarımında çekirdek, iç mekanda ve çok sayıda tasarlandığı için acil kaçış yollarına ulaşma mesafesinin kısa olması kriterine göre ve gittikçe daralan ve geri çekmelerin olduğu yapılarda ulaşım elemanlarının tasarlanmasında zorluk yaşanmaması kriterine göre avantajlı olarak değerlendirilmiştir.

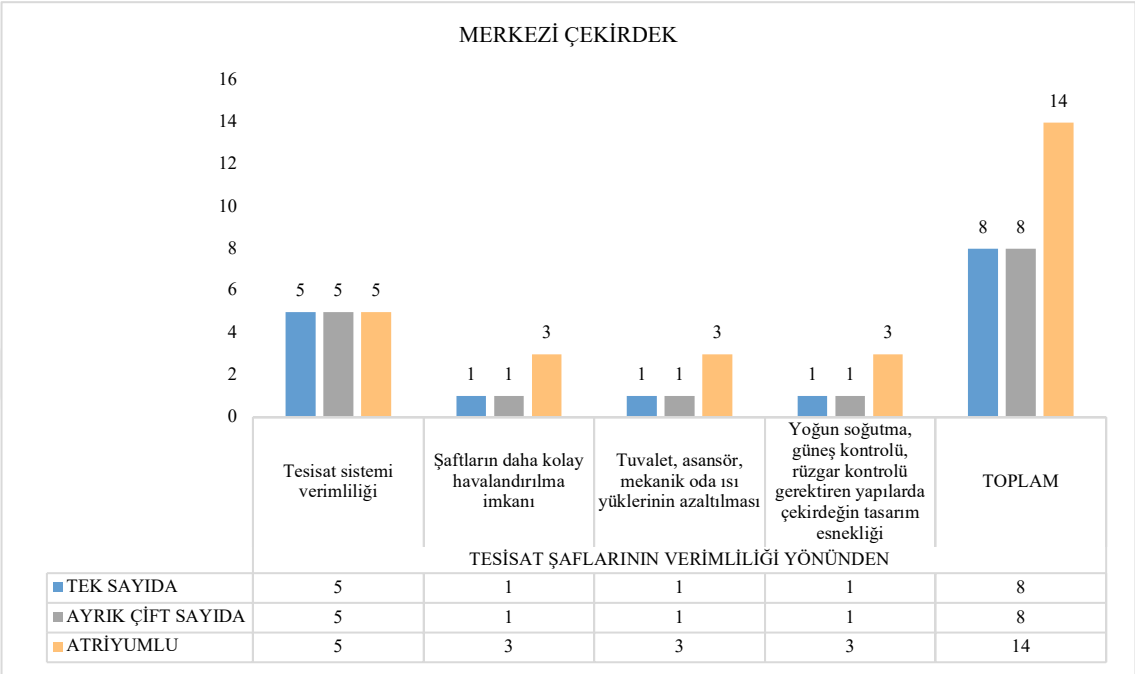
Tablo 4.18 Tüp sistem tasarımlarının değerlendirilmesi



Çerçeve tüp, demet tüp ve tüp içinde tüp sistemlerde düşey ulaşım elemanlarının hollerinin doğal ışıktan yararlanması, kullanıcıların düşey ulaşım ve kaçış yollarına ulaşma mesafesinin kısa olması ve düşey ulaşım elemanlarının direkt çalışma ve yaşam alanlarına açılmaması kriterleri eşit avantajda değerlendirilmiştir. Gittikçe daralan ve geri çekmelerin olduğu tasarımlarda düşey ulaşım elemanlarının verimli bir şekilde tasarlanması kriterine göre, içerde bir çekirdek hacmi olmadığı için çerçeve tüp sistem en avantajlı tasarım olarak, içeride tasarlanan taşıyıcı sayısı fazla olduğu için demet tüp sistem en dezavantajlı tasarım olarak değerlendirilmiştir.

4.4 Çekirdek Tasarımlarının Yapının Tesisat Şaftları Verimliliği Kriterlerine Göre Değerlendirilmesi

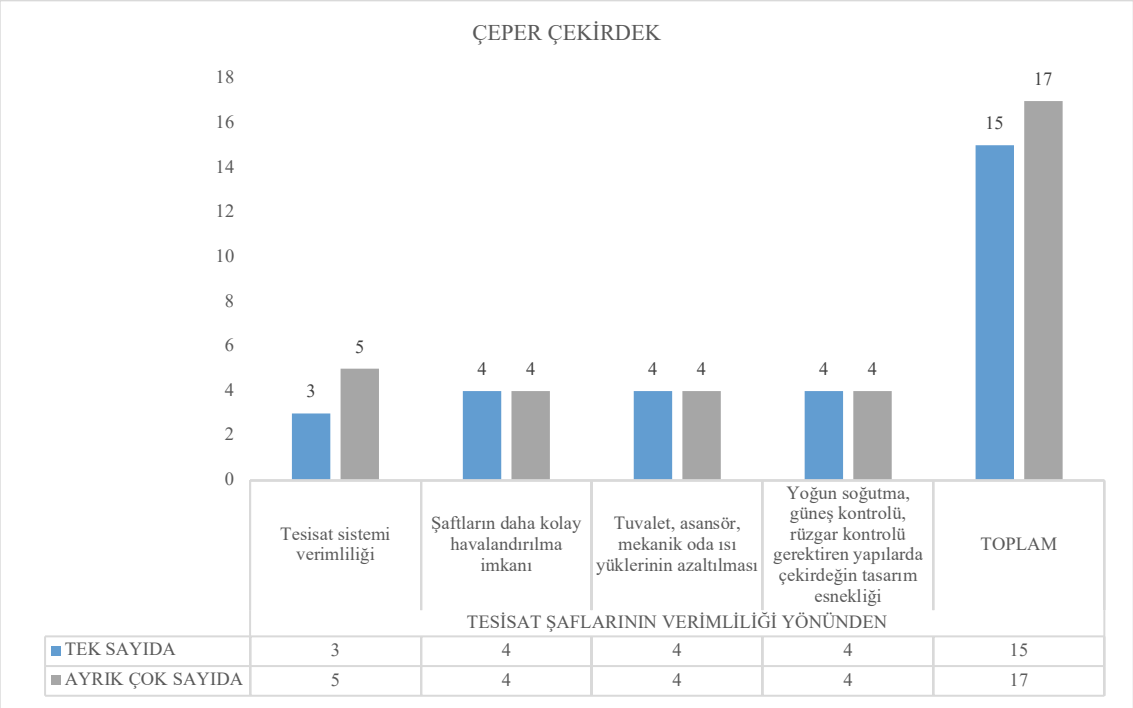
Tablo 4.19 Merkezi çekirdek tasarımının değerlendirilmesi



	Tesisat sistemi verimliliği	Şaftların daha kolay havalandırılma imkanı	Tuvalet, asansör, mekanik oda ısı yüklerinin azaltılması	Yoğun soğutma, güneş kontrolü, rüzgar kontrolü gerektiren yapılarda çekirdeğin tasarım esnekliği	TOPLAM
TEK SAYIDA	5	1	1	1	8
AYRIK ÇİFT SAYIDA	5	1	1	1	8
ATRİYUMLU	5	3	3	3	14

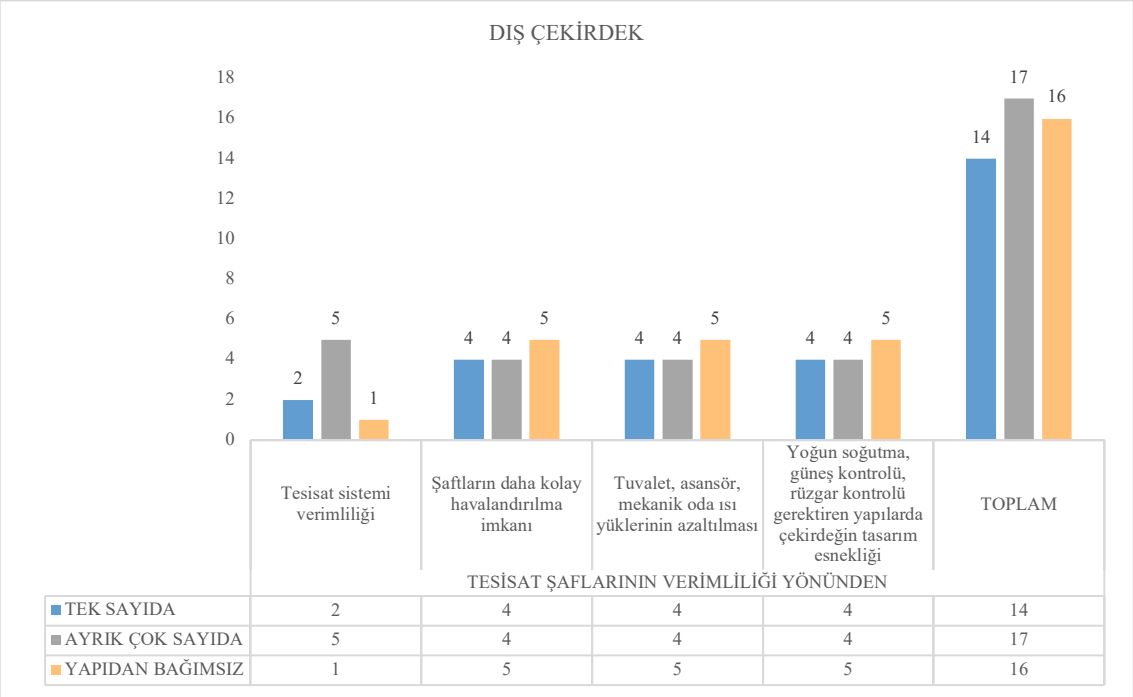
Merkezi tasarlanan çekirdeklerin tesisat sistemi verimliliği, tesisat sisteminin kata dağıtımı merkezi olduğu için ve katın tesisat sisteminden yararlanması eşit ve dengeli olacağı için avantajlı olarak değerlendirilmiştir. Atriyum çekirdekler ise havalandırılma imkanı daha yüksek olan atriyumda tasarlandığı için; şaftların havalandırılma imkanı kriterine göre; tuvalet, asansör, mekanik odaların ısıl yüklerinin azaltılması imkanı kriterine göre, fiziksel çevreye karşı tasarım esnekliği imkanı kriterlerine göre olarak avantajlı değerlendirilmiştir.

Tablo 4.20 Çeper çekirdek tasarımının değerlendirilmesi



Ayrık-çok sayıda çeper çekirdeğin tesisat verimliliği, tesisat sisteminin kata dağılımı daha eşit ve dengeli olacağından tek sayıda çeper çekirdeğe göre avantajlı olarak değerlendirilmiştir. Şaftların havalandırılma imkanı kriterine göre; tuvalet, asansör ve mekanik odaların ısıl yüklerinin azaltılması imkanı kriterine göre, fiziksel çevreye karşı tasarım esnekliği imkanı kriterine göre iki çekirdek tasarımı da yapının cephesinde yer aldığı için eşit avantajda olacak şekilde değerlendirilmiştir.

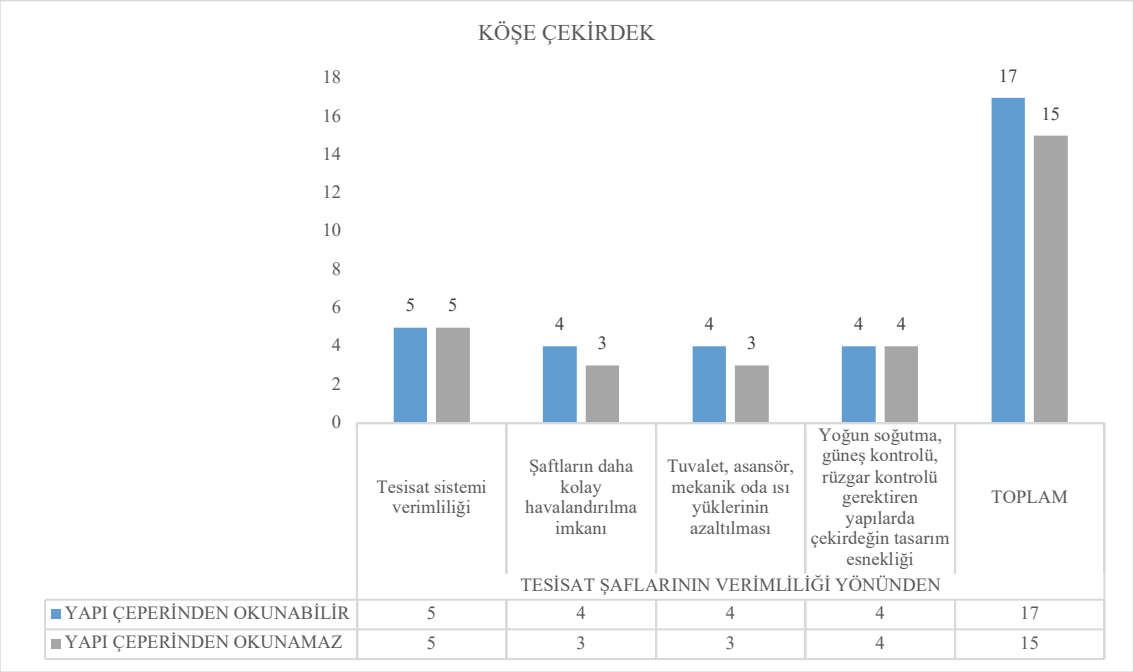
Tablo 4.21 Dış çekirdek tasarımlarının değerlendirilmesi



TEK SAYIDA	2	4	4	4	14
AYRIK ÇOK SAYIDA	5	4	4	4	17
YAPIDAN BAĞIMSIZ	1	5	5	5	16

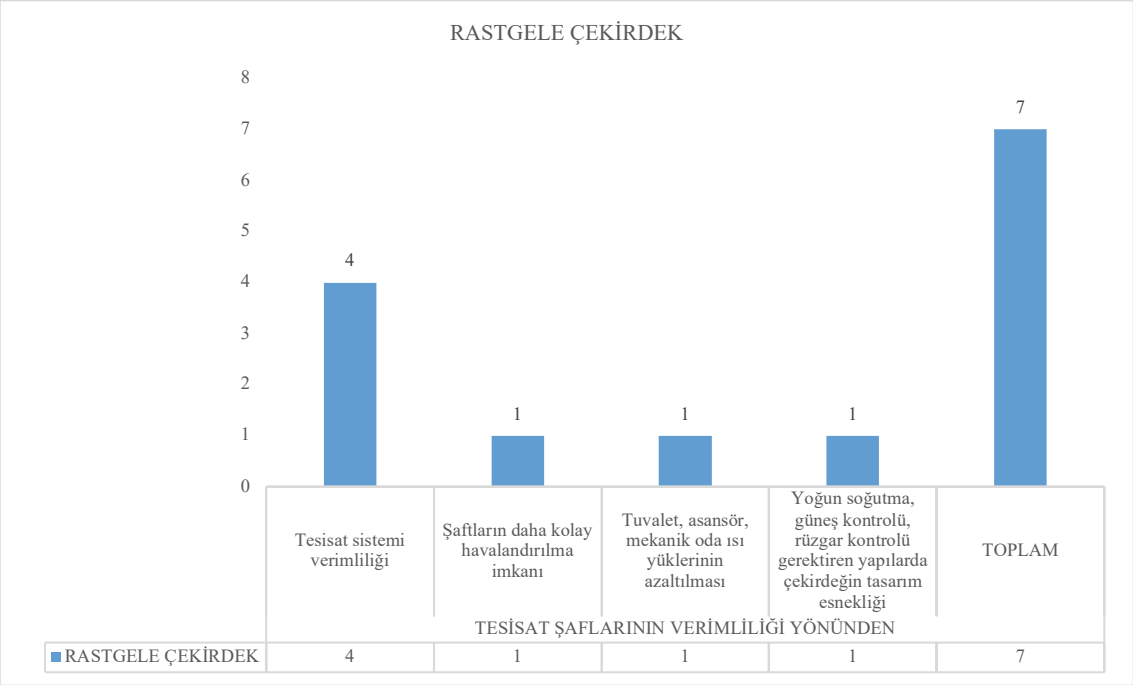
Bağımsız dış çekirdeklerde tesisat sistemi, bağımsız tek bir hacimde tasarlanmakta ve tüm kata dağıtımı tek bir noktadan yapılmaktadır. Dolayısıyla yapıdan bağımsız çekirdek tasarımı yapılmış yapılarda tesisat sistem verimliliği dezavatajlı olarak değerlendirilmiştir. Ayrık-çok sayıda dış çekirdek tasarımı ise yine ayrık-çok sayıda çeper çekirdek tasarımında olduğu gibi tesisat verimliliği kriterine göre tek sayıda dış çekirdek tasarımından avantajlı değerlendirilmiştir. Bağımsız çekirdek tasarımında çekirdeğin çeperleri tamamen dış çevre ile ilişki içinde olduğu için, çekirdeğin havalandırılma imkanı kriterine göre; tuvalet, asansör ve mekanik odaların ısıl yüklerinin azaltılması imkanı kriterine göre, fiziksel çevreye karşı tasarım esnekliği imkanı kriterine göre tek sayıda ve ayrık-çok sayıda çekirdeğe göre avantajlı olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 4.22 Köşe çekirdek tasarımlarının değerlendirilmesi



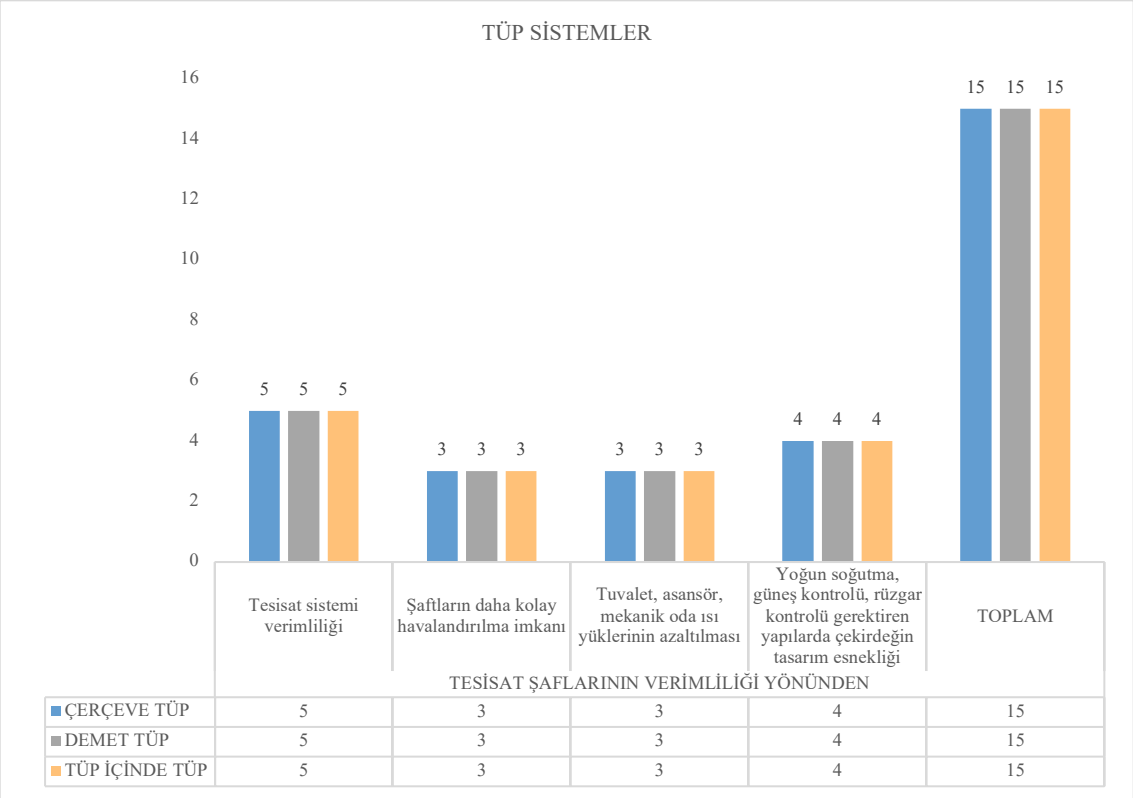
Dış çekirdekler, yapı çeperinden okunabilir şekilde tasarlandıklarında dış ortamla temas eden çeper yüzeyi daha fazla olacağından, şaftların havalandırılma imkanı kriterine göre ve tuvalet, asansör ve mekanik odaların ısıl yüklerinin azaltılması imkanı kriterine göre yapı çeperinden okunmayan köşe çekirdeklere göre daha avantajlı değerlendirilmiştir. Köşe çekirdekler kat planının köşelerinde yer aldığı ve tesisat sisteminin kata eşit ve dengeli biçimde ulaşmasını sağladığı için tesisat verimlilikleri iki çekirdek tasarımında da eşit ve avantajlı olarak değerlendirilmiştir. Yine çekirdeklerin kat planında tasarlandığı yer dolayısıyla köşe çekirdeklerin fiziksel çevreye karşı tasarım esnekliği de eşit ve avantajlı olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 4.23 Rastgele çekirdek tasarımının değerlendirilmesi



Rastgele çekirdek tasarımlarında çekirdek, iç mekanda ve çok sayıda tasarlandığı için tesisat sistemi verimliliği olarak avantajlı değerlendirilmiştir. Fakat şaftların havalandırılma imkanı kriterine göre; tuvalet, asansör, mekanik odaların ısıl yüklerinin azaltılması imkanı kriterine göre, fiziksel çevreye karşı tasarım esnekliği kriterine göre dezavantajlı değerlendirilmiştir.

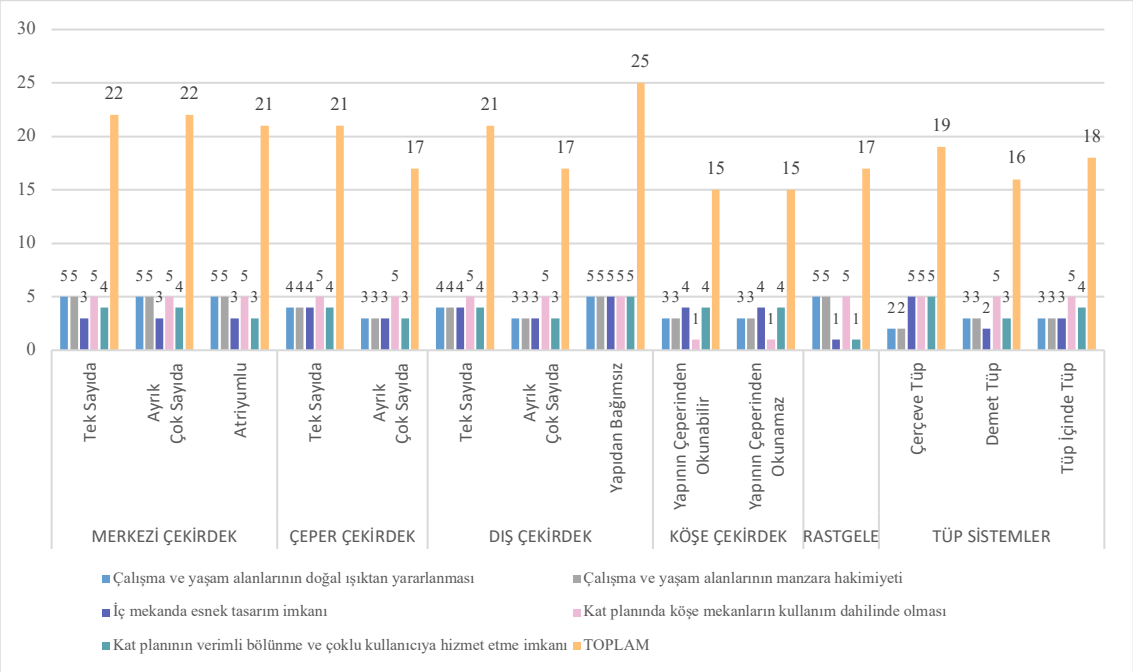
Tablo 4.24 Tüp sistem tasarımlarının değerlendirilmesi



Tüp sistemlerde tesisat şaftları; iç mekanda, kata eşit ve dengeli bir sistem sağlayacak şekilde tasarlandığı için avantajlı olarak değerlendirilmiştir. Fakat şaftların tüp sistemlerde iç mekanda kaldığı ve dış çevreyle bağlantısı olmadığı için havalandırılma imkanı kriterine göre; tuvalet, asansör, mekanik odaların ısıl yüklerinin azaltılması imkanı kriterine göre, fiziksel çevreye karşı tasarım esnekliği imkanı kriterine göre dezavantajlı olarak değerlendirilmiştir.

4.5 Kullanıcı Konforu Kriterlerine Göre Tüm Çekirdek Tasarımlarının Karşılaştırılması

Tablo 4.25 Çekirdeklerin kullanıcı konforu yönünden karşılaştırılması

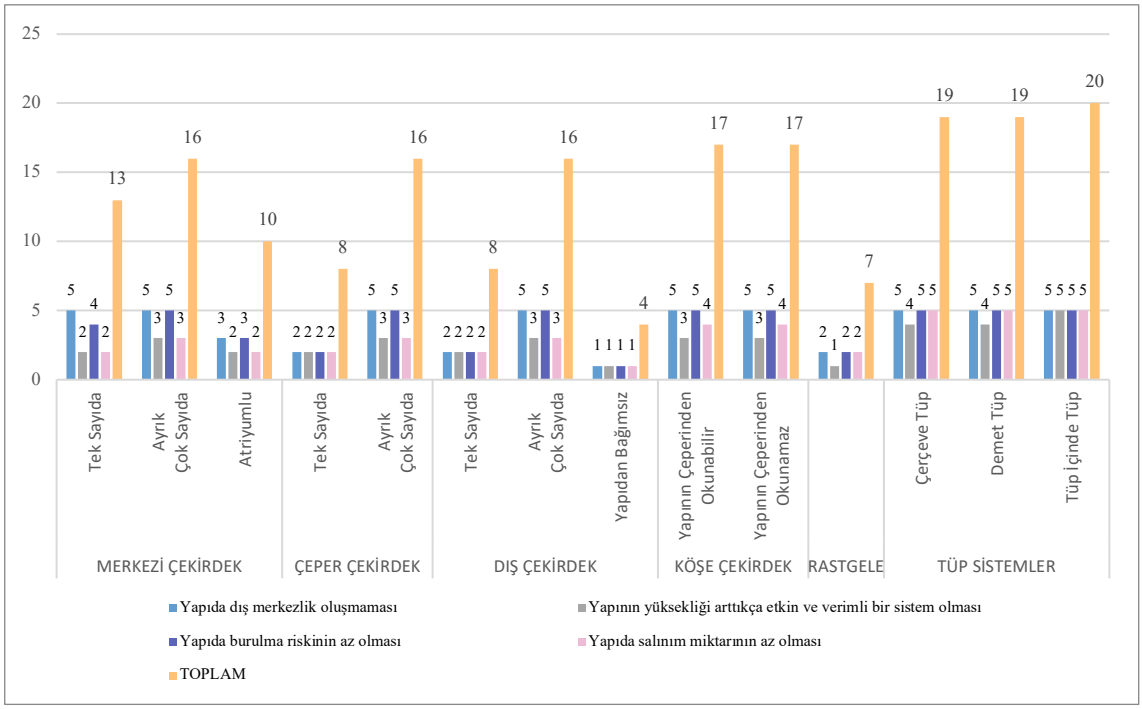


Çekirdek tasarımları kullanıcı konforu kriterlerine göre değerlendirildiğinde, bağımsız dış çekirdek tasarımının en avantajlı tasarım olduğu görülmüştür. Kat planında çekirdek hacminin olmaması, katın net kullanılan alanını artırmakta ve kat kullanıcılarının çalışma, yaşam konforunu belirlenen kriterlere göre avantajlı hale getirmektedir. Merkezi tek sayıda çekirdek tasarımı yine kullanıcı konforu yönünden diğer çekirdek tasarımlarına göre avantajlı bulunmuştur. Çekirdeğin; tek sayıda merkezi, tek sayıda çeper ve tek sayıda dış çekirdek tasarımlarında olduğu gibi tek bir hacim şeklinde tasarlanmasının kullanıcı konforunu arttırdığı değerlendirmesinde bulunulmuştur. Özellikle çalışma ve yaşam alanlarının doğal ışıktan yararlanması ve manzara hakimiyeti bu değerlendirmede etkili olmuştur. Yine atriyum çekirdekli tasarımlar da kullanıcı konforu yönünden tek sayıdaki çekirdek tasarımlarının avantajında değerlendirilmiştir. Tüp sistemler içinde kullanıcı konforu yönünden en dezavantajlı bulunan sistem, demet tüp sistem olmuştur. Demet tüp sistemde iç mekanda esnek tasarım imkanının dezavantajlı olması bu değerlendirmede etkili olmuştur. Demet tüp sistemi, tüp içinde tüp ardından çerçeve tüp sistem takip etmektedir. Köşe çekirdek tasarımları ise, özellikle kat planında köşe mekanların

kullanım dışı kalması, iç mekanlarda doğal aydınlanma imkanının azalması, kullanıcıların manzara hakimiyetlerinin azalması sebepleriyle en dezavantajlı tasarım olarak değerlendirilmiştir.

4.6 Taşıyıcı Sistem Verimliliği Kriterlerine Göre Tüm Çekirdek Tasarımlarının Karşılaştırılması

Tablo 4.26 Çekirdeklerin Taşıyıcı Sistem Verimliliği Yönünden Karşılaştırılması

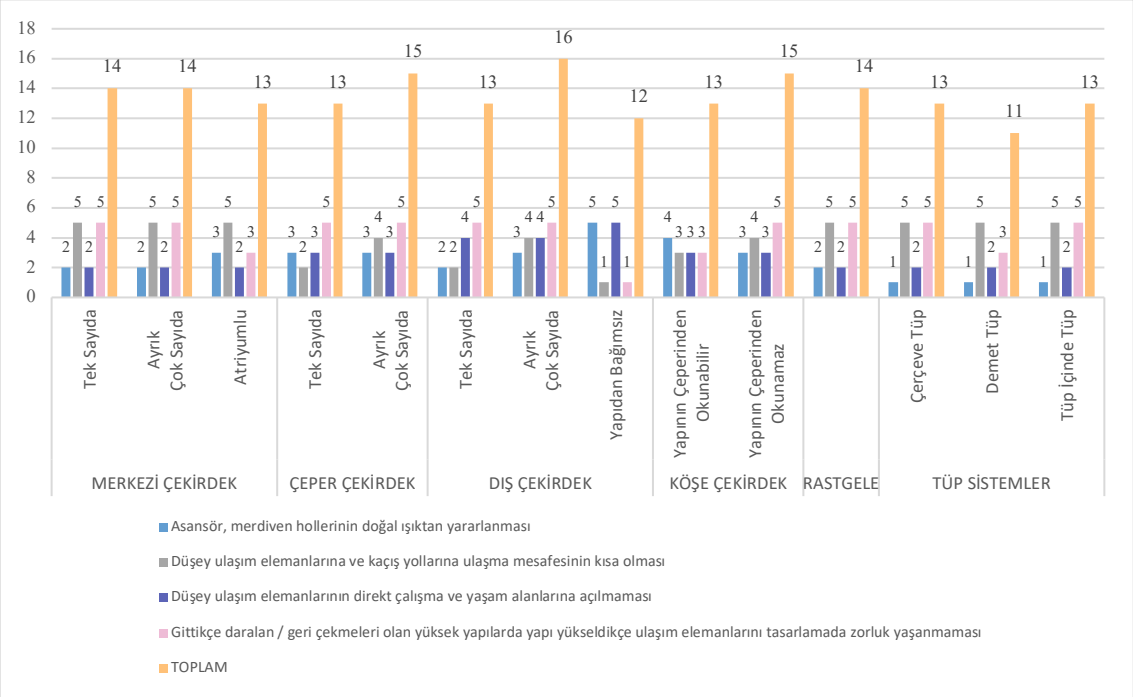


Çekirdek tasarımları taşıyıcı sistem verimliliği kriterlerine göre değerlendirildiğinde, en avantajlı tasarımların tüp sistemler olduğu görülmüştür. Tüp içinde tüp sistem, yapının yüksekliğinin etkin ve verimli bir taşıyıcı sistem tercihiyle artması kriterine göre en avantajlı tasarımdır. Ardından köşe çekirdekler, yapıda burulma riskinin az olması ve salınım miktarının az olması kriterlerine yönünden öne çıkarak avantajlı olarak değerlendirilmiştir. Ayrık-çok sayıda merkezi, çeper ve dış çekirdekler, taşıyıcı sistem verimliliği yönünden tek sayıda merkezi, tek sayıda çeper, tek sayıda dış çekirdeklere göre avantajlı değerlendirilmiştir. Değerlendirmede, ayrık-çok sayıda çekirdek tasarımlarında; yapıda dış merkezlik oluşmaması, yapının yüksekliğinin etkin ve verimli bir taşıyıcı sistem tercihiyle artması, yapıda burulma riskinin ve salınım miktarının az olması kriterlerinin hepsi etkili olmuştur. Rastgele çekirdek tasarımında çekirdekler, iç

mekanda birbirlerine ve kat planına göre simetrik yerleştirilmediği için verimli bir taşıyıcı sistem tercihi olarak değerlendirilmemiştir. Yapıdan bağımsız çekirdek tasarımı ise, taşıyıcı sistem verimliliği kriterlerine göre en dezavantajlı tasarım olarak değerlendirilmiştir. Çekirdeğin yapıdan bağımsız olmasıyla yapıda yük dağılımı, aktarımı eşit ve dengeli olmamaktadır.

4.7 Düşey Ulaşım Sistemi Verimliliği Kriterlerine Göre Tüm Çekirdek Tasarımlarının Karşılaştırılması

Tablo 4.27 Çekirdeklerin Düşey Ulaşım Sistemi Verimliliği Yönünden Karşılaştırılması

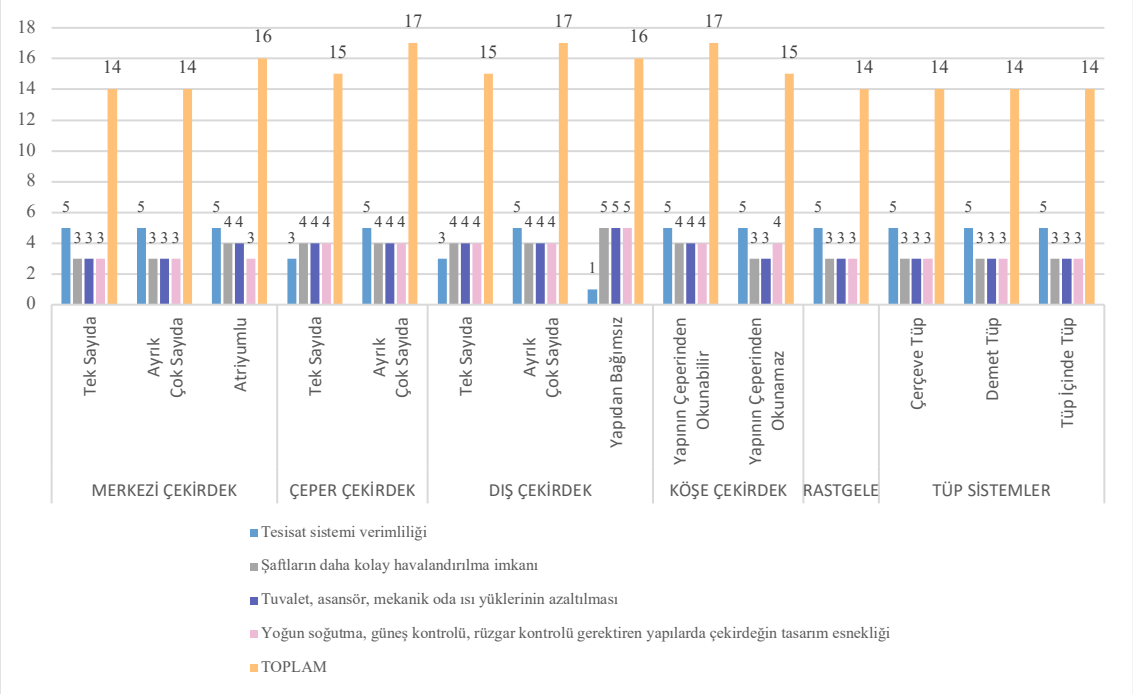


Çekirdek tasarımları düşey ulaşım sistemi verimliliği kriterlerine göre değerlendirildiğinde, ayrık-çok sayıda dış çekirdek tasarımı en avantajlı olarak değerlendirilmiştir. Ardından ayrık-çok sayıda çeper çekirdekler, yapı çeperinden okunamayan köşe çekirdekler düşey ulaşım yönünden avantajlı olarak değerlendirilmiştir. Yapıda düşey ulaşım sisteminin verimliliği için çekirdek sayısının artmasının ve kat planına simetrik yerleştirilmesinin tasarımda avantajlı olduğu görülmüştür. Çerçeve tüp ve tüp içinde tüp sistemler de tek sayıda çeper ve tek sayıda dış çekirdek avantajında olacak şekilde değerlendirilmiştir. Demet tüp ve tüp içinde tüp

sistemde düşey ulaşım elemanları genellikle merkezi tasarlanmasına rağmen ulaşım elemanlarının hollerinin doğal ışıktan minimum yararlanması, değerlendirmede dezavantaj yaratmıştır. Gittikçe daralan ve geri çekmelerin olduğu yapılarda atriyum ve yapıdan bağımsız çekirdek tasarımı, düşey ulaşım elemanlarının tasarlanmasında ve verimliliğinde dezavantajlı olarak değerlendirilmiştir. Yine bağımsız çekirdeklerde, düşey ulaşım elemanlarına ve kaçış yollarına olan mesafe fazladır. Dolayısıyla düşey ulaşım verimliliği kriterlerine göre dezavantajlı olarak değerlendirilmiştir. Demet tüp sistem ise, ulaşım elemanlarının hollerinin doğal ışıktan minimum yararlanması, gittikçe daralan ve geri çekmelerin olduğu yapılarda düşey ulaşım elemanlarının tasarlanmasındaki zorluk sebebiyle ve düşey ulaşım elemanlarının direkt çalışma ve yaşam mekanlarına açılması sebebiyle en dezavantajlı tasarım olarak değerlendirilmiştir.

4.8 Tesisat Şaftlarının Verimliliği Kriterlerine Göre Tüm Çekirdek Tasarımlarının Karşılaştırılması

Tablo 4.28 Çekirdeklerin Tesisat Şaftlarının Verimliliği Yönünden Karşılaştırılması

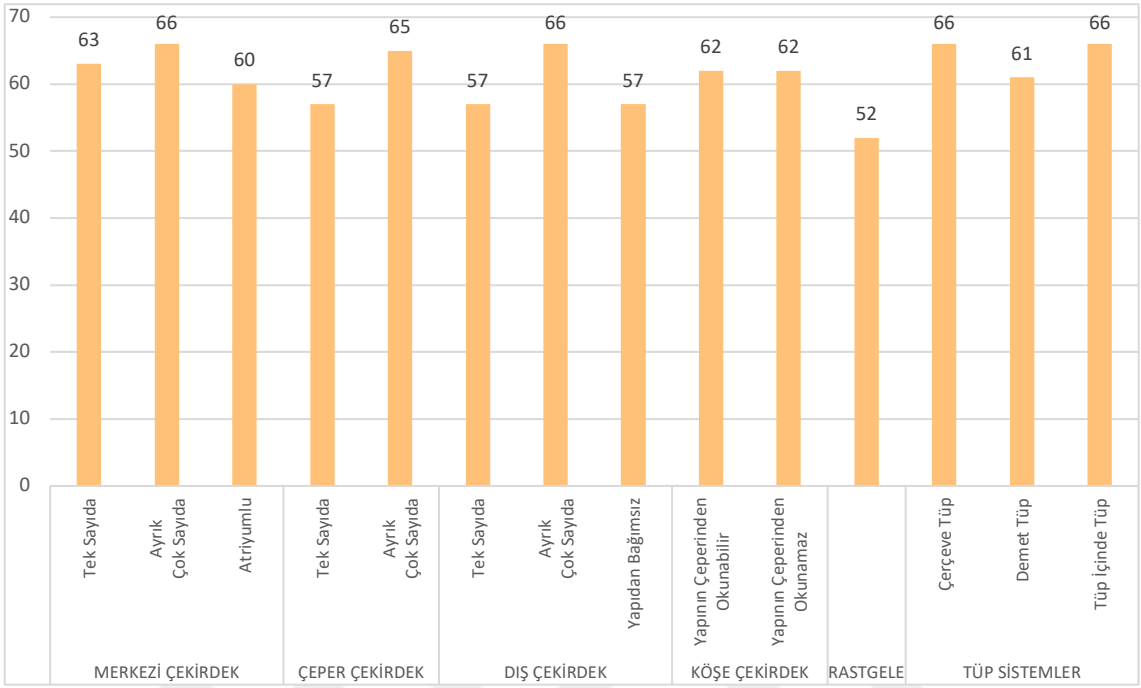


Çekirdek tasarımları tesisat şaflarının verimliliği kriterlerine göre değerlendirildiğinde, ayrık-çok sayıda çeper çekirdek, ayrık çok sayıda dış çekirdek ve yapı çeperinden okunabilir dış çekirdek tasarımları en avantajlı olarak değerlendirilmiştir. Yapı

çeperinden okunamayan tasarımlar ise şaftların kolay havalandırılma imkanı, tuvalet, asansör ve mekanik odaların ısıl yüklerinin azaltılması imkanına göre yapı çeperinden okunabilir tasarımlara göre daha dezavantajlı değerlendirilmiştir. Yapıda tesisat sisteminin verimliliği için çekirdek sayısının artmasının tasarımda avantajlı olduğu görülmüştür. Yapıdan bağımsız çekirdek tasarımlarında tesisat dağıtım noktası yapıdan bağımsız ve tek noktada olduğu için dezavantajlı olarak değerlendirilse de genel değerlendirmelerinde, şaftların kolay havalandırılma imkanı, tuvalet, asansör ve mekanik odaların ısıl yüklerinin azaltılması imkanı ve fiziksel çevreye göre tasarım esnekliği imkanı kriterlerine göre avantajlı olarak değerlendirilmiştir. Atriyum çekirdek tasarımları ise iç mekanda atriyum içinde yeraldığı için şaftların kolay havalandırılma imkanı, tuvalet, asansör ve mekanik odaların ısıl yüklerinin azaltılması imkanı ve fiziksel çevreye göre tasarım esnekliği imkanı kriterlerine göre bağımsız çekirdeğe göre dezavantajlı olsa da merkezi olması sebebiyle tesisatın kata eşit ve dengeli dağıtılması verimliliği sebebiyle avantajlı değerlendirilmiştir. Tek sayıdaki çeper ve dış çekirdekler ise tesisatın kata eşit ve dengeli dağıtılması yönünden daha dezavantajlı değerlendirilmiştir. Rastgele çekirdekler ve tüp sistemler ise tesisat verimliliği yönünden avantajlı, şaftların kolay havalandırılma imkanı, tuvalet, asansör ve mekanik odaların ısıl yüklerinin azaltılması imkanı ve fiziksel çevreye göre tasarım esnekliği imkanı kriterlerine göre ise diğer çekirdek tasarımlarına göre dezavantajlı olarak değerlendirilmiştir.

4.9 Çekirdek Tasarımlarının Tüm Kriterlere Göre Genel Karşılaştırması

Tablo 4.29 Çekirdek tasarımlarının genel karşılaştırması



Yüksek yapılarda çekirdek tasarımlarının genel değerlendirmesinde; çerçeve tüp, tüp içinde tüp, ayrık-çok sayıda dış çekirdek, ayrık-çok sayıda merkezi çekirdek tasarımları avantajlı bulunmuştur. Ardından, köşe çekirdek tasarımları, tek sayıda merkezi çekirdek ve demet tüp sistemleri avantajlı olarak değerlendirilmiştir. Rastgele, tek sayıda dış çekirdek, tek sayıda çeper çekirdek ve yapıdan bağımsız çekirdekler en dezavantajlı tasarımlar olarak değerlendirilmiştir.

Yüksek yapılarda çekirdek tasarımları belirlenen kriterler yönünden bütüncül olarak değerlendirildiğinde, her çekirdek tasarımının belli kriterler yönünden öne çıktığı ve avantajlı değerlendirildiği görülmüştür. Belirlenen kriterlerin; değerlendirmeyi yapan kişi tarafından değiştirilmesi; çekirdek tasarımlarının değerlendirilmesinde, birbirleriyle karşılaştırılmasında, birbirlerine göre avantaj ve dezavantajların ortaya konulmasında farklılıklar yaratacaktır. Bu çalışmada belirlenen kriterler doğrultusunda yapılan değerlendirme, yüksek yapıların tasarım ve uygulamaları çerçevesinde verilecek kararlarda etkili olacaktır.

KAYNAKÇA

[1] M. H. Günel ve H. E. Ilgin, Tall buildings: structural systems and aerodynamic form, 2014, doi: https://doi.org/10.4324/9781315776521.

[2] C. Pelli, "Yale University, School of Architecture", The MIT Press, 1982, pp. 134-151, http://www.jstor.org/stable/1567040.

[3] D. Hasol, "Yüksek daha yüksek en yüksek!", Mimarist, c. 24, ss. 44-45, 2007.

[4] A. Öke, "Yüksek binalar ve problemleri", Tesisat Mühendisliği, c. 1, sy. 6, 1993, http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/b6dd7db9af49e67_ek.pdf?dergi=14.

[5] D. W. Falconer, L. S. Beedle, "Earthquake resistance of high-rise systems. Classification of tall building systems", Department of Civil Engineering, Fritz Engineering Laboratory, LeHigh University, 1984.

[6] H. S. Kırkan, "Çok katlı yüksek yapıların tasarımına etki eden faktörlerin irdelenmesi", Dokuz Eylül Üniversitesi, 2005.

[7] G. Peet, "The origin of the skyscraper", CTBUH Journal, no. 1, pp. 18-23, 2011.

[8] Emporis, Yüksek yapı tanımının alındığı internet sitesi, https://www.emporis.com/building/standard/75/skyscraper.

[9] P. Simmonds, ASHRAE Design Guide for Tall, Supertall, and Megatall Building Systems, 2015.

[10] Yönetmelik, İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği, İstanbul Büyükşehir Belediyesi İmar Müdürlüğü, 2008.

[11] Yönetmelik, Yüksek Yapı Yönetmeliği, İzmir Büyükşehir Belediyesi, 2013.

[12] CTBUH, "Yüksek yapı kriterlerinin alındığı internet sitesi, https://www.ctbuh.org, 20.06.2023.

[13] S. Hemeda, A. Sonbol, "Sustainability problems of the Giza pyramids", Herit Sci, pp. 1-28, 2020, doi: 10.1186/s40494-020-0356-9.

[14] Wikipedia, Keops Piramidi görselinin alındığı internet sitesi, https://tr.wikipedia.org/wiki/Keops_Piramidi#/media/Dosya:Kheops-Pyramid.jpg, 20.06.2023.

[15] W. S. Wong, "Stupa, pagoda and chorten", ATINER's Conference Paper Series, ARC2014-1094, 2014.

[16] K. Panyalertsinpaisarn, "Study on the Sanchi Stupa ruins", in Presentation to the Master Degree in Buddhist Studies, 2020.

[17] Encyclopedia Britannica, Büyük Stupa görsel ve bilgisinin alındığı internet sitesi, https://www.britannica.com/place/Great-Stupa-Buddhist-monument-Sanchi-India, 20.06.2023.

[18] Encyclopedia Britannica, Ziggurat hakkında bilginin alındığı internet sitesi, https://www.britannica.com/technology/ziggurat, 20.06.2023.

[19] E. Kapogianni, “Geotechnical structures in the ancient world. The case of the Ziggurat of Ur”, in 12th International Conference on Structural Analysis of Historical Constructions SAHC, 2020.

[20] Mozaweb, Ur Zigguratı görselinin alındığı internet sitesi, https://www.mozaweb.com/tr/Extra-3B_goruntuler-Ziggurat_Ur_MO_3_binyil-12042, 20.06.2023.

[21] M. Yasuhara, T. Sakiyama, and K. Libuchi, “Characterization of space around Japanese traditional buildings: ‘Visible Music’ on the approach to Horyuji Temple, Saiin (West Compound)”, WIT Transactions on the Built Environment, vol. 95, pp. 53-60, 2007, doi: 10.2495/STR070061.

[22] A. Sev, “Türkiye’deki ve Dünya’daki yüksek binaların mimari tasarım ve taşıyıcı sistem açısından analizi”, Mimar Sinan Üniversitesi, 2001.

[23] D. Hasol, “Chicago’ dan Mimari İzlenimler”, Yapı, 1997.

[24] Encyclopedia, Chicago nüfus bilgilerinin alındığı internet sitesi, http://www.encyclopedia.chicagohistory.org/pages/962.html, 20.06.2023.

[25] D. Parker ve A. Wood, The tall buildings reference book, Routledge, 2013.

[26] Arkitektuel, Büyük Chicago yangını görselinin alındığı internet sitesi, https://www.arkitektuel.com/chicago-okulu/, 20.06.2023.

[27] J. J. Pauly, “The Great Chicago fire as a national event”, vol. 36, no. 5, ss. 668-683, 1984.

[28] M. M. Ali, K. S. Moon, “Structural developments in tall buildings: current trends and future prospects”, Archit Sci Rev, vol. 50, no 3, pp. 205-223, 2007.

[29] Emporis, En çok yüksek yapıya sahip şehirler bilgisinin alındığı internet sitesi, https://www.emporis.com/statistics/most-skyscraper-cities-worldwide.

[30] A. Sev, “Typology for the aesthetics and top design of tall buildings”, vol. 22, no. 4, pp. 371-381, 2009.

[31] B. Demirtaş, “Yüksek binalarda servis çekirdekleri ve düşey sirkülasyon sistemleri tasarımı”, Gazi Üniversitesi, 2007.

[32] K. S. Moon, “Dynamic interrelationship between the evolution of structural systems and façade design in tall buildings: From the Home Insurance Building in Chicago to the present”, IJHRB, vol. 7, no. 1, pp. 1-16, 2018.

[33] T. Leslie, “Buildings Without Walls:” A Tectonic Case for Two “First” Skyscrapers, IJHRB, vol. 9, no. 1, pp. 53-60, 2020.

[34] WikiArquitectura, Tacoma Building bilgisinin, görselinin ve kat planının alındığı internet sitesi, https://en.wikiarquitectura.com/building/tacoma-building/, 09.05.2023.

[35] Wikipedia, Monadnock Binası görselinin alındığı internet sitesi, https://en.wikipedia.org/wiki/Monadnock_Building, 20.06.2023.

[36] T. Leslie, “The Monadnock Building, technically reconsidered”, CTBUH Journal, no. 4, 2013.

[37] Chicago Architecture Center, Monadnock Building cephe görselinin alındığı internet sitesi, https://www.architecture.org/learn/resources/buildings-of-chicago/building/monadnock-building/, 20.06.2023.

[38] Skyscraper Center, Reliance Building hakkında bilgilerin alındığı internet sitesi, https://www.skyscrapercenter.com/building/wd/9072, 20.06.2023.

[39] Wikipedia, Reliance Building görselinin alındığı internet sitesi, https://en.wikipedia.org/wiki/Reliance_Building, 20.06.23.

[40] Architecture Farm, Reliance Building inşaat aşaması görselinin alındığı internet sitesi, https://architecturefarm.wordpress.com/2010/05/17/old-chicago-skyscraper-of-the-week-reliance/, 20.06.23.

[41] History, Asansör tarihçesi hakkında bilgilerin alındığı internet sitesi, https://www.history.com/news/who-invented-the-elevator, 20.06.2023.

[42] Wikiwand, Equitable Life Assurance Building hakkında bilgilerin alındığı internet sitesi, https://www.wikiwand.com/en/Equitable_Life_Building_(Manhattan), 20.06.2023.

[43] NYC-Architecture, Equitable Building hakkında bilgilerin alındığı internet sitesi, http://nyc-architecture.com/LM/LM059.htm, 20.06.2023.

[44] NYC-Architecture, Equitable Life Assurance Building görsellerinin alındığı internet sitesi,

https://www.nyc-architecture.com/GON/GON079.htm, 20.06.2023.

[45] Skyscraper Center, Equitable Building görselinin alındığı internet sitesi, https://www.skyscrapercenter.com/building/equitable-building/2993, 20.06.2023.

[46] Wikipedia, Metropolitan Life Tower görselinin alındığı internet sitesi, https://en.wikipedia.org/wiki/Metropolitan_Life_Insurance_Company_Tower, 20.06.2023.

[47] Wikipedia, Woolworth Building görselinin alındığı internet sitesi, https://tr.wikipedia.org/wiki/Woolworth_Building, 20.06.2023.

[48] Wikipedia, Flatiron Building görselinin alındığı internet sitesi, https://tr.wikipedia.org/wiki/Flatiron_Binası, 20.06.2023.

[49] Wikipedia, Chrsyler Building görselinin alındığı internet sitesi, https://tr.wikipedia.org/wiki/Chrysler_Binası, 20.06.2023.

[50] Wikipedia, Empire State Building görselinin alındığı internet sitesi, https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Empire_State_Building_from_the_Top_of_the_Rock.jpg, 20.06.2023.

[51] Wikipedia, Rockfeller Building görselinin alındığı internet sitesi, https://tr.wikipedia.org/wiki/Rockefeller_Center, 20.06.2023.

[52] Arkitektuel, Lake Shore Drive Apartments görselinin ve kat planının alındığı internet sitesi, https://www.arkitektuel.com/lake-shore-drive/, 20.06.2023.

[53] Archdaily, Lake Shore Drive Apartments inşaat aşaması görselinin alındığı internet sitesi, https://www.archdaily.com/497433/mies-the-modernist-man-of-letters/534e6b0ec07a8067e2000085-mies-the-modernist-man-of-letters-image, 19.05.2023.

[54] Wikipedia, John Hancock Center görselinin alındığı internet sitesi, https://en.wikipedia.org/wiki/John_Hancock_Center, 20.06.2023.

[55] Wikipedia, World Trade Center görselinin alındığı internet sitesi, https://en.wikipedia.org/wiki/World_Trade_Center_%281973–2001%29, 20.06.2023.

[56] Skyscraper Center, Transmerica Pyramid görselinin alındığı internet sitesi, https://www.skyscrapercenter.com/building/transamerica-pyramid-center/772, 20.06.2023.

[57] Wikipedia, Jin Mao Building görselinin alındığı internet sitesi, https://tr.wikipedia.org/wiki/Jin_Mao_Kulesi, 20.06.2023.

[58] Wikipedia, Taipei 101 Building görselinin alındığı internet sitesi, https://tr.wikipedia.org/wiki/Taipei_101, 20.06.2023.

[59] Britannica, Shangai World Trade Center görselinin alındığı internet sitesi, https://www.britannica.com/topic/Shanghai-World-Financial-Center, 20.06.2023.

[60] History, Swiss Re Building görselinin alındığı internet sitesi, https://history.swissre.com/item_detail.php?id=54, 19.05.2023.

[61] Design Buildings, Bank of China görselinin alındığı internet sitesi, https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Bank_of_China_Tower, 19.05.2023.

[62] Wikipedia, Petronas Tower görselinin alındığı internet sitesi, https://tr.m.wikipedia.org/wiki/Dosya:The_Petronas_Twin_Towers_in_Kuala_Lumpur_%28Malaysia%29.JPG, 19.05.2023.

[63] T. S. Enstitüsü, “TS 500 Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları”, Ankara, Türkiye, 2000.

[64] A. S. of C. Engineers, “Minimum design loads and associated criteria for buildings and other structures”, American Society of Civil Engineers, 2017.

[65] B. S. Taranath, Structural analysis and design of tall buildings: Steel and composite construction. CRC press, 2016.

[66] A. R. Özuygur ve Z. Celep, “Yüksek Binaların Yapisal Tasarımı”, İMO Bursa Bülten, 2017.

[67] B. S. Taranath, Wind and earthquake resistant buildings: Structural analysis and design. CRC press, 2004.

[68] S. Güner, “Tüp Taşıyıcı Sistemlerin Yatay Yükler Etkisindeki Davranışı Ve 60 Katlı Betonarme Tüp Sistem Bir Yapının Statik Ve Dinamik Analiz, Tasarım Ve İncelenmesi”, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2004.

[69] B. S. Taranath, Reinforced concrete design of tall buildings, CRC press, 2009.

[70] M. Yücel, “Yüksek Binaların Yakın Çevre Bina Yüzeylerindeki Hava Akışına Etkileri-four Winds Örneği”. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2010.

[71] H. M. Tuncer, “Yüksek Yapılarda Yapı Rüzgar Etkileşimi”, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2015.

[72] I. Gaetani, “Energy saving potential of night natural ventilation in the urban environment: the effect of wind shielding and solar shading”, Milan (Lombardy): Politecnico di Milano, 2013.

[73] F. Rafeiner, “Planung: Nutzungsformen, Kosten, Lösungen”, Bauverlag, 1976.

[74] H. E. Ilgin, B. Ö. Ay, ve M. H. Gunel, “A study on main architectural and structural design considerations of contemporary supertall buildings”, Archit Sci Rev, vol. 64, no. 3, pp. 212-224, 2021.

[75] A. G. Kwok, & Walter T. Grondzik, Mechanical and Electrical Equipment for Buildings, John Wiley & Sons, 2010.

[76] S. Paltun, A. B. Gültekin, ve G. Çelebi, “Binaların aerodinamik biçimsel yapısının irdelenmesi: bina formu ve rüzgar ilişkisi”, II. International Sustainable Buildings Symposium, ss. 431-439, 2015.

[77] B. T. Dat, A. Traykov, ve M. Traykova, “Shear-lag effect and its effect on the design of high-rise buildings”, in E3S Web of Conferences, EDP Sciences, vol. 33, 2018.

[78] T. Öztürk, “Betonarme binalarda deprem perdelerinin yerleşimi ve tasarımı”, İMO İstanbul Şubesi, Meslekiçi Eğitim Kursları, 2005.

[79] E. Özer, “Depreme dayanıklı çelik bina tasarımının temel ilkeleri ve yeni Türk deprem yönetmeliği”, 6. Çelik Yapılar Sempozyumu, ss. 277-289, 2015.

[80] B. S. Smith and A. Coull, “Tall Building structures: analysis and design”, Wiley, 1991.

[81] M. M. Ali ve K. S. Moon, “Advances in structural systems for tall buildings: emerging developments for contemporary urban giants”, Buildings, vol. 8, no 8, 104, 2018.

[82] Skyscraper Center, Huntington Center hakkında bilgilerin alındığı internet sitesi, https://www.skyscrapercenter.com/building/huntington-center/3613, 06.07.2023.

[83] Hines, Huntington Center görselinin alındığı internet sitesi, https://www.hines.com/properties/huntington-center-columbus, 20.06.2023.

[84] T. B. D. Yönetmeliği, “Deprem Etkisi Altındaki Binaların Tasarımı için Esaslar”, Ankara, Türkiye, 2018.

[85] A. Özkan, “Düşey taşıyıcı elemanlarda betonarme perde davranışının incelenmesi”, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2005.

[86] Pinterest, Jin Mao Tower otel atriyum görselinin alındığı internet sitesi, https://tr.pinterest.com/pin/468796642441233999/, 20.05.2023.

[87] The Constructor, Tüp sistemlerin şekillerinin alındığı internet sitesi, https://theconstructor.org/architecture/tube-structural-system-types-features/560166/, 20.05.2023.

[88] SOM, De-Witt Chestnut Apartment hakkında bilgilerin alındığı internet sitesi, https://www.som.com/projects/dewitt-chestnut-apartments/, 20.06.2023.

[89] Skyscraper Center, De-Witt Chestnut Apartment görselinin alındığı internet sitesi, https://www.skyscrapercenter.com/building/the-plaza-on-dewitt/10739, 20.06.2023.

[90] Architecture Farm, De-Witt Chestnut Apartment perspektif kesit görselinin alındığı internet sitesi, https://architecturefarm.wordpress.com/2021/09/, 20.06.2023.

[91] Wikipedia, World Trade Center görselinin alındığı internet sitesi, https://de.wikipedia.org/wiki/World_Trade_Center, 20.06.2023.

[92] "Structural Madness, World Trade Center tipik kat planının ve taşıyıcı sistem perspektifinin alındığı internet sitesi, https://www.thestructuralmadness.com/2014/10/911-remembering-world-trade-centers.html, 20.06.2023.

[93] S. Shyam-Sunder *et. al*, "Federal building and fire safety investigation of the world trade center disaster: final report of the national construction safety team on the collapses of the world trade center towers (NIST NCSTAR 1)", 2005.

[94] Quora, Demet tüp sistem perspektifinin alındığı internet sitesi, https://www.quora.com/If-the-Sears-Tower-in-Chicago-were-hit-on-9-11-would-it-have-collapsed, 06.07.2023.

[95] Wikipedia, Sears Tower görselinin alındığı internet sitesi, https://tr.wikipedia.org/wiki/Willis_Kulesi, 20.06.2023.

[96] Wikiarquitectura, Sears Tower strüktür şemasının ve kat planlarının alındığı internet sitesi, https://en.wikiarquitectura.com/building/sears-tower-willis-tower/, 07.07.2023.

[97] S. Balakrishnan, R. M. James, "Comparative study on tube in tube and tubed mega frames on different building geometry using ETABS", International Journal of Applied Engineering Research, 2019.

[98] Khan, One Shell Plaza hakkında bilgilerin alındığı internet sitesi, http://khan.princeton.edu/khan/khanOneShell.html, 28.05.2023.

[99] Sah- Archipedia, One Shell Plaza görselinin alındığı internet sitesi, https://sah-archipedia.org/buildings/TX-01-HN7, 20.06.2023.

[100] D. Scaramozzino, G. Lacidogna, and A. Carpinteri, "New trends towards enhanced structural efficiency and aesthetic potential in tall buildings: the case of diagrids", Applied Sciences, vol. 10, no. 11, 2020.

[101] Archdaily, Hearst Tower görselinin alındığı internet sitesi, https://www.archdaily.com/204701/flashback-hearst-tower-foster-and-partners, 20.06.2023.

[102] Wikiarquitectura, Hearst Tower kat planının alındığı internet sitesi, https://en.wikiarquitectura.com/02_oficinas_hearst-2/, 20.05.2023.

[103] D. O. Ersoy, "Yüksek binalarda tasarım ilkeleri", Yıldız Teknik Üniversitesi, 1993.

[104] F. C. Güney, "Yüksek yapılarda düşey sirkülasyon sistemleri ve bu sistemlerden asansörlerin incelenmesi", Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, 2012.

[105] G. Barney ve L. Al-Sharif, Elevator Traffic Handbook: theory and practice, Routledge, 2016.

[106] K. Yeang, Service Cores: Detail in Building, Wiley- Academy, 2000.

[107] M. Siikonen, “Planning and control models for elevators in high-rise buildings”, Espoo: Helsinki University of Technology 1997.

[108] L. Al-Sharif, G. Al Sukkar, A. Hakouz, and N. A. Al-Shamayleh, “Rule-based calculation and simulation design of elevator traffic systems for high-rise office buildings”, Building Services Engineering Research and Technology, vol. 38, no 5, pp. 536-562, 2017, doi: 10.1177/0143624417705070.

[109] G. R. Strakosch, The Vertical Transportation Handbook. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2010.

[110] J. De Jong, “Advances in elevator technology: sustainable and energy implications”, in Proceedings of the CTBUH 8th World Congress, 2008, pp. 212-217.

[111] H. Hakonen, “Simulation of building traffic and evacuation by elevators”, Licentiate thesis, Dept. Eng. Phys. Math., Helsinki Univ., Technol, Helsinki, Finland, 2003.

[112] Emporis, Central Plaza bilgilerinin alındığı internet sitesi, https://www.emporis.com/buildings/120372/central-plaza-hong-kong-china.

[113] Skyscraper Center, Central Plaza görselinin alındığı internet sitesi, http://34.236.216.124/building/central-plaza/277, 20.06.2023.

[114] Shkp-Office, Central Plaza kat planının alındığı internet sitesi. http://www.shkp-office.com/images/network/hk/CP-fp.jpg, 20.06.2023.

[115] A. Kılıç ve K. Beceren, “Mimari tasarımda yangın güvenliği”, IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, İzmir, TMMOB Makine Mühendisleri Odası ss. 737-746.

[116] Yönetmelik, “Binaların yangından korunması hakkında yönetmelik”, Resmî Gazete Sayı: 26735, 2007.

[117] Skyscraper Center, Sapphire Tower bilgisinin alındığı internet sitesi, https://www.skyscrapercenter.com/building/sapphire-tower/748, 20.06.2023.

[118] Volkan Atabey, Sapphire Tower plan ölçülerinin alındığı internet sitesi, https://volkanatabey.com.tr/sapphire-tower-mimari-ve-muhendislik-ozellikleri/, 20.06.2023.

[119] Archdaily, Sapphire Tower görselinin alındığı internet sitesi, https://www.archdaily.com/141615/istanbul-sapphire-tabanlioglu-architects, 20.06.2023.

[120] Archdaily, Sapphire Tower kat planı görselinin alındığı internet sitesi, https://www.archdaily.com/141615/istanbul-sapphire-tabanlioglu-architects/50149b3128ba0d3950000881-istanbul-sapphire-tabanlioglu-architects-plan, 20.06.2023.

[121] P. Kınık, “Yüksek yapılarda yangın kaçış yolları ve ilgili mevzuatın irdelenmesi”, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1995.

[122] Arkiv, Sabancı Center görselinin alındığı internet sitesi, http://www.arkiv.com.tr/proje/sabanci-center/6512, 20.06.2023.

[123] Emporis, Commerzbank Tower hakkında bilgilerin alındığı internet sitesi, https://www.emporis.com/buildings/109691/commerzbank-tower-frankfurt-am-main-germany.

[124] Wikimedia, Commerzbank Tower görselinin alındığı internet sitesi, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Commerzbank_Tower_Frankfurt.jpg, 20.06.2023.

[125] Urban Systems, Commerzbank Tower atriyum görseli ve kesit çizimin alındığı internet sitesi, https://www.urbansystems.design/commerzbank-hq-frankfurt-germany, 20.06.2023

[126] Volkan Atabey, İş Bankası Kuleleri hakkında bilgilerin alındığı internet sitesi, https://volkanatabey.com.tr/is-bankasi-kuleleri-hakkinda-teknik-inceleme/, 07.07.2023.

[127] Salt Research, İş Bankası Kuleleri görselinin alındığı internet sitesi, https://archives.saltresearch.org/handle/123456789/204634?mode=full, 20.06.2023.

[128] Salt Research, İş Bankası Kule I tipik kat plan ve 36. kat plan görsellerinin alındığı internet sitesi, https://archives.saltresearch.org/handle/123456789/204630, 20.06.2023.

[129] Wikipedia, World Trade Center hakkında bilgilerin alındığı internet sitesi, https://sites.google.com/site/911stories/wtcelevatorshafts.

[130] Flickr, World Trade Center seyir terası görselinin alındığı internet sitesi, https://www.flickr.com/photos/stuart166axe/2174526881, 20.06.2023.

[131] Wikipedia, World Trade Center plan ve asansör şemasının alındığı internet sitesi, https://en.wikipedia.org/wiki/World_Trade_Center_%281973–2001%29#/media/File:World_Trade_Center_Building_Design_with_Floor_and_Elevator_Arrangement_m.svg, 01.07.2023.

[132] Commercial Observer, Empire State Building 58. kat planının alındığı internet sitesi, https://commercialobserver.com/2014/10/esb-2-0/, 20.06.2023.

[133] R. Küçükçalı, "Mimarın Tesisat El Kitabı", Isısan Yayınları, İstanbul, 1999.

[134] SOM, John Hancock Center hakkında bilgilerin alındığı internet sitesi, https://www.som.com/projects/875-north-michigan-avenue-formerly-john-hancock-center/, 07.05.2023.

[135] VTS, John Hancock Center 15. kat planı görselinin alındığı internet sitesi, https://app.vts.com/spaces/john-hancock-center-875-n-michigan-avenue-floor-15-space-1562-5ea710ad32, 20.06.2023.

[136] VTS, John Hancock Center 41. kat planı görselinin alındığı internet sitesi, https://app.vts.com/spaces/john-hancock-center-875-n-michigan-avenue-floor-41-space-4100-66e1e8c99f, 20.06.2023.

[137] Wikimedia, John Hancock Center görselinin alındığı internet sitesi, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:John_Hancock_Center_2.jpg, 20.06.2023.

[138] Skyscraper Center, One World Trade Center hakkında bilgilerin alındığı internet sitesi, https://www.skyscrapercenter.com/building/one-world-trade-center/98, 07.07.2023.

[139] Wikipedia, One World Trade Center görselinin alındığı internet sitesi, https://en.wikipedia.org/wiki/One_World_Trade_Center, 20.06.2023.

[140] The Cleverest, One World Trade Center kat planlarının alındığı internet sitesi, https://thecleverest.com/world-trade-center-floorplans/, 16.06.2023.

[141] R. Küçükçalı, Yüksek Yapılarda Tesisat, Isısan yayınları, İstanbul, 2007.

[142] Skyscraper Center, Torre Cepsa hakkında bilgilerin alındığı internet sitesi, https://www.skyscrapercenter.com/building/torre-cepsa/878, 07.07.2023.

[143] Arquitecturaviva, Torre Cepsa görselinin ve kat planlarının alındığı internet sitesi, https://arquitecturaviva.com/works/torre-cepsa-madrid-5, 07.07.2023.

[144] Skyscraper Center, Two Union Square hakkında bilgilerin alındığı internet sitesi, https://www.skyscrapercenter.com/building/two-union-square/1176, 07.07.2023.

[145] Wikipedia, Two Union Square görselinin alındığı internet sitesi, https://en.wikipedia.org/wiki/Union_Square_%28Seattle%29,07.07.2023.

[146] Commercials, Two Union Square kat planı görselinin alındığı internet sitesi, https://www.commercialmls.com/Media/PDF/photos/pdf/fl/623217_1.pdf, 07.07.2023.

[147] Değişken Hava Hacimli (Debili) Sistemler (VAV), Teknik Bülten, sy 47, 2013.

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

Makaleler

1. N. Mamati, A. O. Kuruşcu, and A. R. Parsa, “Examination of The Core as A Rigidity Center in High-Rise Buildings”, *EJRnD*, vol. 2, no. 2, pp. 190–212, Jun. 2022.