İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TÜNEL KALIP SİSTEMİ KULLANILAN BETONARME YÜKSEK YAPILARDA BİNA ÖZELLİKLERİ İLE MALİYET ARASINDAKİ İLİŞKİLER

DOKTORA TEZİ

Enver Burak TÜRKEL

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

ŞUBAT 2016

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TÜNEL KALIP SİSTEMİ KULLANILAN BETONARME YÜKSEK YAPILARDA BİNA ÖZELLİKLERİ İLE MALİYET ARASINDAKİ İLİŞKİLER

DOKTORA TEZİ

Enver Burak TÜRKEL
(501022011)

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Esin ERGEN PEHLEVAN

ŞUBAT 2016

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501022011 numaralı Doktora Öğrencisi Enver Burak TÜRKEL, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "TÜNEL KALIP SİSTEMİ KULLANILAN BETONARME YÜKSEK YAPILARDA BİNA ÖZELLİKLERİ İLE MALİYET ARASINDAKİ İLİŞKİLER" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmustur.

Tez Danışmanı :	**Doç. Dr. Esin ERGEN PEHLEVAN** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
Jüri Üyeleri :	**Prof. Dr. Fatma Heyecan GİRİTLİ** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
	Doç. Dr. Deniz İLTER İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
	Doç. Dr. Ümit DİKMEN Boğaziçi Üniversitesi	.....
	Yrd. Doç. Dr. Zeynep IŞIK Yıldız Teknik Üniversitesi	.....

Teslim Tarihi : 29 Aralık 2015
Savunma Tarihi : 17 Şubat 2016

CAN'larıma…

ÖNSÖZ

Doktora çalışmamın her aşamasında bana kattığı birçok değer ile gösterdiği ilgi, özen ve desteği için kıymetli hocam sayın Doç. Dr. Esin ERGEN PEHLEVAN'a,

Çalışmam süresince tezime katkıda bulunan, görüş ve önerilerini aldığım sayın Prof. Dr. Heyecan GİRİTLİ'ye ve sayın Yrd. Doç. Dr. Zeynep IŞIK'a,

Tezime verdikleri katkılardan dolayı sayın Doç. Dr. Deniz ARTAN İLTER'e ve sayın Doç. Dr. Ümit DİKMEN'e,

Yardımları ve destekleri için adlarını tek tek yazamasam da Ağaoğlu Şirketler Grubu Planlama ve Sözleşme Bölümü'ndeki tüm çalışma arkadaşlarıma ve sayın Murad ACAR'a,

Sonsuz yardımları, çalışmama kattıkları ve emeği için dostum Dr. Ö. Tuğrul TURAN'a,

İhtiyaç duyduğum her an yanımda olan sevgili kardeşim ve meslektaşım Berk TÜRKEL'e,

Bu uzun süreçte sabrı, hoşgörüsü ve yardımları ile her zaman yanımda olan hayat arkadaşım sevgili eşim Gözde TÜRKEL'e,

Yaşamımın her anında yanımda olan, sonsuz sevgi ve desteklerini gördüğüm, bugünlere gelmemi sağlayan çok değerli babam Dr. Ercan TÜRKEL ile canım annem Dr. Zerrin TÜRKEL'e ne kadar teşekkür etsem azdır. İyi ki varsınız.

En büyük moral ve motivasyon kaynaklarım sevgili Can ile Ada; hayat sizden önce ve sizden sonra olarak ikiye ayrıldı…

Hepinize sonsuz sevgi ve saygılarımla…

Şubat 2016

Enver Burak TÜRKEL

İnşaat Yüksek Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **vii**
İÇİNDEKİLER ..... **ix**
KISALTMALAR ..... **xiii**
SEMBOLLER ..... **xv**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **xvii**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xix**
1. GİRİŞ **1**
1.1 Problemin Tanımı 2
1.2 Çalışmanın Kapsamı 6
1.3 Çalışmanın Amacı 7
1.4 Çalışmada İzlenen Yöntem 8
1.5 Tezin Organizasyonu 10
2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI **13**
2.1 Tünel Kalıp Sistemleri ve Çok Katlı Yüksek Yapılar 13
2.1.1 Tünel kalıp nedir? 13
2.1.2 Yüksek yapılar 15
2.2 Literatürde Bina Özellikleri İle Birim Maliyet Arasında Yapılan Çalışmalar . 16
2.2.1 Yapı yüksekliği - Birim maliyet 18
2.2.1.1 Yapı yüksekliği ile birim maliyet arasında yapılan çalışmalar 18
2.2.1.2 Bölüm değerlendirmesi 27
2.2.2 Kat Sayısı - Birim Maliyet 28
2.2.2.1 Kat sayısı ile birim maliyet arasında yapılan çalışmalar 28
2.2.2.2 Değerlendirme 35
2.2.3 Plan Şekli – Birim Maliyet 36
2.2.3.1 Plan şekli ile birim maliyet arasında yapılan çalışmalar 36
2.2.3.2 Değerlendirme 42
2.2.4 Plan Verimliliği – Birim Maliyet 43
2.2.4.1 Plan verimliliği ile birim maliyet arasında yapılan çalışmalar 43
2.2.4.2 Değerlendirme 48
2.2.5 Yapı Büyüklüğü – Birim Maliyet 48
2.2.5.1 Yapı büyüklüğü ile birim maliyet arasında yapılan çalışmalar 48
2.2.5.2 Değerlendirme 51
2.2.6 Kat Yüksekliği – Birim Maliyet 51
2.2.6.1 Kat yüksekliği ile birim maliyet arasında yapılan çalışmalar 51
2.2.6.2 Değerlendirme 53
2.2.7 Daire Büyüklüğü – Birim Maliyet 53
2.2.7.1 Daire büyüklüğü ile birim maliyet arasında yapılan çalışmalar 53
2.2.7.2 Değerlendirme 56
2.2.8 Kat Alanı– Birim Maliyet 56
2.2.8.1 Kat alanı ile birim maliyet arasında yapılan çalışmalar 56
2.2.8.2 Değerlendirme 58
2.2.9 Bodrum Kat Sayısı – Birim Maliyet 59

2.2.9.1 Bodrum kat sayısı ile birim maliyet arasında yapılan çalışmalar 59
2.2.9.2 Değerlendirme 59
2.2.10 Daire Sayısı – Birim Maliyet 59
2.2.10.1 Daire sayısı ile birim maliyet arasında yapılan çalışmalar 59
2.2.10.2 Değerlendirme 60
2.2.11 Saydamlık Oranı – Birim Maliyet 61
2.2.11.1 Saydamlık oranı ile birim maliyet arasında yapılan çalışmalar 61
2.2.11.2 Değerlendirme 62
2.2.12 Standardizasyon – Birim Maliyet 62
2.2.12.1 Standardizasyon ile birim maliyet arasında yapılan çalışmalar 62
2.2.12.2 Değerlendirme 63
2.2.13 Binaları Gruplamak – Birim Maliyet 63
2.2.13.1 Binaları gruplamak ile birim maliyet arasında yapılan çalışmalar 63
2.2.13.2 Değerlendirme 64
2.2.14 Kalite – Birim Maliyet 64
2.2.14.1 Kalite ile birim maliyet arasında yapılan çalışmalar 64
2.2.14.2 Değerlendirme 65
2.2.15 Kat sayısı - Kat Alanı – Toplam Maliyet 66
2.2.15.1 Kat sayısı ve kat alanı ile birim maliyet arasında yapılan çalışmalar 66
2.2.15.2 Değerlendirme 69
3. BİNA VERİLERİNİN ANALİZİ 71
3.1 Binaların Genel Özellikleri 71
3.2 Yöntem 74
3.3 Regresyon Analizleri 77
3.4 Maliyet Çalışmaları 80
3.4.1 Birim fiyatlar 82
3.4.2 İmalat kalemlerine ait ölçüm metotları 84
3.4.2.1 Temel kaba inşaat işleri 85
3.4.2.2 Katlar kaba inşaat işleri 85
3.4.2.3 Duvar işleri 85
3.4.2.4 Şap işleri 85
3.4.2.5 Sıva işleri 86
3.4.2.6 Mekanik işler 86
3.4.2.7 Elektrik işleri 86
3.4.2.8 Asansör işleri 86
3.4.2.9 Kule vinç işleri 86
4. ANALİZLER 87
4.1 Yapı Yüksekliği ve Kat Sayısı ile Birim Maliyet Arasındaki İlişki 87
4.1.1 Yükseklik ve kat sayısı ile birim maliyet arasındaki ilişki 87
4.1.2 Kat taban alanının yükseklik ile birim maliyet arasındaki ilişkiye etkisi .. 90
4.1.3 Yükseklik ile iş gruplarının birim maliyetleri arasındaki ilişki 93
4.1.4 Yükseklik ile iş kalemlerinin birim maliyetleri arasındaki ilişki 98
4.2 Yapı Büyüklüğü ile Birim Maliyet Arasındaki İlişki 99
4.2.1 Yapı büyüklüğü ile birim maliyet arasındaki ilişki 99
4.2.2 Yapı büyüklüğü ile iş gruplarının birim maliyetleri arasındaki ilişki 100
4.2.3 Yapı büyüklüğü ile iş kalemlerinin birim maliyetleri arasındaki ilişki ... 103
4.3 Plan Verimliliği ile Birim Maliyet Arasındaki İlişki 105
4.3.1 Kullanılabilir alan/brüt alan ile toplam birim maliyet arasındaki ilişki ... 105
4.3.2 Bina en/boy oranı ile birim maliyet arasındaki ilişki 107

4.3.3 Plan verimliliği indeks denklemlerinden çıkan sonuçlar ile birim maliyet arasındaki ilişki 108
4.3.4 Kat çevresi/kat alanı ile birim maliyet arasındaki ilişki 114
4.4 Plan Şekli ile Birim Maliyet Arasındaki İlişki 115
4.4.1 Dış duvar alanı/brüt kat alan ile toplam birim maliyet arasındaki ilişki.. 115
4.4.2 Planlama indeksi ile toplam birim maliyet arasındaki ilişki..... 116
4.5 Kat Yüksekliği ile Birim Maliyet Arasındaki İlişki 117
4.6 Kat Alanı ile Birim Maliyet Arasındaki İlişki..... 121
4.7 Daire Büyüklüğü ve Sayısı ile Birim Maliyet Arasındaki İlişki 125
4.7.1 Daire büyüklüğü ile toplam birim maliyet arasındaki ilişki 125
4.7.2 Daire sayısı ile toplam birim maliyet arasındaki ilişki 126
4.8 Bodrum Kat Sayısı ile Birim Maliyet Arasındaki İlişki..... 128
4.9 Yapı Yüksekliğinin ve İnşaat Alanının Değişimleri ile Maliyet Oranlarının Değişimi..... 129
4.9.1 Yükseklik ile kaba inşaat işleri maliyetlerinin toplam maliyete oranı arasındaki ilişki 130
4.9.2 Yükseklik ile kaba inşaat işleri zemin kat altı ve zemin kat üstü kaba inşaat işleri maliyetlerinin toplam maliyete oranı arasındaki ilişki 131
4.9.3 Yükseklik ile demir, kalıp ve beton işleri maliyetlerinin toplam maliyete oranı arasındaki ilişki 131
4.9.4 İnşaat alanı ile kaba inşaat işleri maliyetlerinin toplam maliyete oranı arasındaki ilişki..... 132
4.9.5 İnşaat alanı ile kaba inşaat işleri zemin kat altı ve zemin kat üstü kaba inşaat işleri maliyetlerinin toplam maliyete oranı arasındaki ilişki..... 133
4.9.6 İnşaat alanı ile demir, kalıp ve beton işleri maliyetlerinin toplam maliyete oranı arasındaki ilişki 133
4.10 Kat Alanı ve Kat Sayısı ile Toplam Maliyet İlişkisi 134
5. SONUÇLAR 139
5.1 Çalışmanın Katkıları..... 139
5.2 Çalışmanın Pratik Sonuçları 143
5.3 Gelecek Çalışmalar İçin Öneriler 144
KAYNAKLAR 145
EKLER..... 149
ÖZGEÇMİŞ..... 241

KISALTMALAR

CAD : Bilgisayar destekli tasarım
CTBUH : Yüksek binalar ve kentsel habitat konseyi
h_{max} : Binanın maksimum yüksekliği
JC : Cookie plan verimliliği indeksi
KAKS : Kat alanları kat sayısı (emsal)
LBI **:** Uzunluk/Genişlik indeksi
POP **:** Plan yoğunluğu indeksi
PSI : Plan/şekil indeksi
R.S. : Robert Snow
T.C. **:** Türkiye Cumhuriyeti
TAKS : Taban alanı kat sayısı
TL **:** Türk Lirası
TS **:** Türk Standartları
TSE **:** Türk Standartları Enstitüsü
VOLM **:** Hacim sıklığı indeksi

SEMBOLLER

a : Bina kenar uzunluğu
A : Normal kat alanı
C, TM : Toplam maliyet
C_1, C_2, C_3, C_4 : Denklem sabitleri
Ɛ : Düzeltme katsayısı
FP : Kat taban alanı
G : Tüm katların çevresinin toplamının toplam kat sayısına bölümü
H, h : Bina yüksekliği
m : Planlama indeksi
P : Normal kat çevresi
P_s : Kare binanın normal katının çevresi
Q_B : Bina malzeme kalitesi
r : Korelasyon katsayısı
r^2 : Determinasyon katsayısı
R : Toplam kat alanının kat sayısına bölümü
S : Bina temel üstü toplam yüzey alanı
V : Bina hacmi
W : Dış duvar alanı

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Maliyete etki eden bina özellikleri. **17**
Çizelge 2.2 : Picken ve Ilozor'un (2003) çalışmasındaki binalara ait veriler. **22**
Çizelge 2.3 : Kat sayısı birim maliyet ilişkisi (Bostancıoğlu, 1999, 2006). **28**
Çizelge 2.4 : Maliyet dağılımları (Çiracı, 1996). **33**
Çizelge 2.5 : Plan şekline göre dış duvar döşeme alanları (Bathurst ve Butler, 1980). **37**
Çizelge 2.6 : Dış duvar alanı/döşeme alanı – Birim maliyet (Bostancıoğlu, 1999). **41**
Çizelge 2.7 : Plan şekilleri karşılaştırması (Ibrahim, 2007). **42**
Çizelge 2.8 : Kat sayısı – Verimlilik (De Jong ve Wamelink, 2008). **44**
Çizelge 2.9 : Plan tipine göre maliyet karşılaştırması (Bathurst ve Butler; 1980). **52**
Çizelge 2.10 : Kat yüksekliği – Birim maliyet (Bostancıoğlu, 1999). **53**
Çizelge 2.11 : Oda sayılarına göre maliyet değişimi (Seeley, 1996). **55**
Çizelge 2.12 : Daire büyüklüğü – Birim maliyet (Bostancıoğlu, 1999). **56**
Çizelge 2.13 : Bodrum katsız ve bodrum katlı binaların birim maliyetlerinin karşılaştırılması (Bostancıoğlu, 1999). **59**
Çizelge 2.14 : Kattaki daire sayısı ile birim maliyetin değişimi (Bostancıoğlu, 1999). **60**
Çizelge 2.15 : Pencere alanı/dış duvar alanı – Birim maliyet (Bostancıoğlu, 1999). **61**
Çizelge 2.16 : Kalite – Birim maliyet (Bostancıoğlu, 1999). **65**
Çizelge 3.1 : Binaların kat sayıları. **72**
Çizelge 3.2 : Binaların inşaat alanları. **72**
Çizelge 3.3 : Binaların genel özellikleri. **74**
Çizelge 3.4 : Binalara ait iş grupları ve iş kalemleri. **76**
Çizelge 3.5 : Blackman ve Picken (2010) imalat grup ve kalemleri dağılımı. **77**
Çizelge 3.6 : İnşaat işleri birim fiyatları. **83**
Çizelge 3.7 : Mekanik ve elektrik işleri detaylı iş kalemleri. **84**
Çizelge 4.1 : Binalarda kat taban alanı sınıflandırması. **90**
Çizelge 4.2 : Denklem (4.2) değerleri. **136**
Çizelge 4.3 : Denklem (4.3)'e ait istatistiksel veriler. **137**
Çizelge B.1 : Bina kat sayıları ve bina yükseklikleri. **215**
Çizelge B.2 : Binaların inşaat alanları. **217**
Çizelge B.3 : Kat yükseklikleri, kat çevreleri ve en/boy oranları. **219**
Çizelge B.4 : Daire sayıları. **221**
Çizelge B.5 : Binalara ait genel büyüklükler. **223**
Çizelge C.1 : Binalara ait metrajlar. **225**
Çizelge D.1 : İş grupları maliyetleri. **227**
Çizelge D.2 : Mekanik işler maliyetleri. **229**
Çizelge D.3 : Elektrik işleri maliyetleri. **231**
Çizelge D.4 : Asansör işleri maliyetleri. **233**
Çizelge D.5 : Kule vinç maliyetleri. **235**

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Kat sayısı, taban alanı ve inşaat alanı karşılaştırılması. **5**
Şekil 1.2 : Çalışmada izlenen yöntem. **10**
Şekil 2.1 : Toplam maliyet – Yükseklik (Steyert, 1972). **21**
Şekil 2.2 : Yükseklik – Birim maliyet (Picken ve Ilozor, 2003). **23**
Şekil 2.3 : Yükseklik – Birim maliyet (Blackman ve Picken, 2010). **24**
Şekil 2.4 : Yükseklik – Temel ve bodrum katlar inşaat işleri toplam birim maliyeti (Blackman ve Picken, 2010). **25**
Şekil 2.5 : Yükseklik – Normal katlar kaba inşaat işleri birim maliyeti (Blackman ve Picken, 2010). **25**
Şekil 2.6 : Yükseklik – Sıhhi tesisat işleri birim maliyeti (Blackman ve Picken, 2010). **26**
Şekil 2.7 : Yükseklik bazında ortalama imalat kalemi birim maliyeti (Blackman ve Picken, 2010). **27**
Şekil 2.8 : Kat sayısı – Birim alan başına düşen maliyet (Tregenza, 1972). **29**
Şekil 2.9 : Kat sayısı – Birim maliyet (Flanagan ve Norman, 1978). **30**
Şekil 2.10 : Kat sayısı – Birim maliyet (Newton, 1982). **31**
Şekil 2.11 : Kat sayısı – (a) Temel ve bodrum katlar birim maliyeti. (b) Çatı işleri birim maliyeti. (c) Asansör işleri birim maliyeti (Newton, 1982). **32**
Şekil 2.12 : Kat sayısı – Bina toplam birim maliyeti (Çıracı, 1996). **33**
Şekil 2.13 : Kat sayısı – İnşaat işleri birim maliyeti (Çıracı, 1996). **34**
Şekil 2.14 : Kat sayısı – Tesisat işleri birim maliyeti (Çıracı, 1996). **34**
Şekil 2.15 : Kat sayısı – Daire başına düşen maliyet (Harmankaya, 2010). **35**
Şekil 2.16 : Plan şekilleri (Bathurst ve Butler, 1980). **37**
Şekil 2.17 : Dış duvar alanı – Döşeme alanı oranı (Seeley, 1996). **38**
Şekil 2.18 : Plan şekilleri karşılaştırması (Steyert, 1972). **39**
Şekil 2.19 : Plan şekli – Toplam birim maliyet (Çıracı, 1996). **40**
Şekil 2.20 : Plan şekli – İnşaat işleri birim maliyeti (Çıracı, 1996). **40**
Şekil 2.21 : Plan şekilleri karşılaştırması (Ibrahim, 2007). **41**
Şekil 2.22 : Kullanılabilir alan/brüt alan oranı (Ashworth, 2004). **44**
Şekil 2.23 : Plan şekilleri (Seeley, 1996). **45**
Şekil 2.24 : Kare ve dikdörtgen binalarda duvar döşeme oranı karşılaştırması (Seeley, 1996). **49**
Şekil 2.25 : Duvar alanı kat alanı oranının yapı büyüklüğü ile değişimi (Ashworth, 2004). **50**
Şekil 2.26 : Kat planları (Bathurst ve Butler; 1980). **52**
Şekil 2.27 : Daire sayısı başına maliyet - Daire büyüklüğü (Steyert, 1972). **54**
Şekil 2.28 : Daire alanı başına maliyet - Daire büyüklüğü (Steyert, 1972). **55**
Şekil 2.29 : Kat alanı – Birim maliyet (Steyert, 1972). **57**
Şekil 2.30 : Kat alanı – Birim maliyet (Steyert, 1972). **57**
Şekil 2.31 : Kat çevresi/kat alanı oranı (Steyert, 1972). **58**
Şekil 2.32 : Kat alanı – Birim maliyet (Steyert, 1972). **58**

Şekil 2.33 : Kattaki daire sayısı ile birim maliyetin değişimi (Bostancıoğlu, 1999). **60**
Şekil 2.34 : Dış cephe pencere alanı/dış duvar alanı – Birim maliyet (Bostancıoğlu, 1999). **62**
Şekil 2.35 : Kalite sınıfı - Birim maliyet ilişkisi (Durmuş, 1994). **65**
Şekil 2.36 : Maliyet ile kat alanı ve yükseklik ilişkisi (Chau ve diğ., 2007). **68**
Şekil 2.37 : Kat alanı ve kat sayısı ile birim maliyet ilişkisi (De Jong ve Wamelink, 2008). **68**
Şekil 4.1 : Yükseklik – Toplam birim maliyet. **88**
Şekil 4.2 : Kat sayısı – Toplam birim maliyet. **88**
Şekil 4.3 : Yükseklik – Malzeme/işçilik birim maliyetleri. **90**
Şekil 4.4 : Kat taban alanı aralıklarına göre yükseklik ile toplam birim maliyet ilişkisi (a)Tüm veri ile (b)Düzeltilmiş veri ile. **91**
Şekil 4.5 : Yükseklik – Zemin kat altı kaba inşaat işleri birim maliyeti. **94**
Şekil 4.6 : Yükseklik – Zemin kat üstü kaba inşaat işleri birim maliyeti. **94**
Şekil 4.7 : Yükseklik – Kaba inşaat işleri birim maliyeti. **95**
Şekil 4.8 : Yükseklik – Mekanik, elektrik ve asansör işleri birim maliyeti. **96**
Şekil 4.9 : Kat sayısı – İş grupları birim maliyeti. **97**
Şekil 4.10 : Yükseklik - Demir, kalıp ve beton işleri birim maliyeti. **98**
Şekil 4.11 : Yükseklik – Duvar, şap, sıva işleri birim maliyeti. **99**
Şekil 4.12 : Brüt inşaat alanı – Birim maliyet. **100**
Şekil 4.13 : Brüt İnşaat Alanı – Malzeme/işçilik birim maliyetleri. **100**
Şekil 4.14 : Brüt inşaat alanı – Zemin kat altı kaba inşaat işleri birim maliyeti. **101**
Şekil 4.15 : Brüt inşaat alanı - Zemin kat üstü kaba inşaat işleri birim maliyeti. **102**
Şekil 4.16 : Brüt inşaat alanı - Kaba inşaat işleri birim maliyeti. **102**
Şekil 4.17 : Brüt inşaat alanı – Mekanik, elektrik ve asansör işleri birim maliyeti. **103**
Şekil 4.18 : Brüt inşaat alanı - Demir, kalıp ve beton işleri birim maliyeti. **104**
Şekil 4.19 : Brüt inşaat alanı – Duvar, şap, sıva işleri birim maliyeti. **105**
Şekil 4.20 : Net inşaat alanı/brüt inşaat alanı – Birim maliyet. **106**
Şekil 4.21 : Yükseklik - Net inşaat alanı/brüt inşaat alanı. **107**
Şekil 4.22 : Dörtgen plan şekilli binalarda en/boy oranı – Birim maliyet. **107**
Şekil 4.23 : Tüm binalarda en/boy oranı – Birim maliyet. **108**
Şekil 4.24 : Plan Verimliliği – Birim Maliyet. **109**
Şekil 4.25 : Normal kat en/boy oranı - Plan verimliliği. **109**
Şekil 4.26 : Uzunluk/genişlik indeksi – Birim maliyet. **110**
Şekil 4.27 : Plan/şekil indeksi – Birim maliyet. **111**
Şekil 4.28 : Plan Yoğunluğu indeksi – Birim maliyet. **112**
Şekil 4.29 : Cookie plan verimliliği indeksi – Birim maliyet. **112**
Şekil 4.30 : Hacim sıklığı indeksi – Birim maliyet. **113**
Şekil 4.31 : Bina hacmi– Birim maliyet. **113**
Şekil 4.32 : Kat çevresi– Birim maliyet. **114**
Şekil 4.33 : Kat alanı/kat çevresi– Birim maliyet. **115**
Şekil 4.34 : Dış duvarlar yüzey alanı/Döşeme alanı – Birim maliyet. **116**
Şekil 4.35 : Planlama indeksi – Birim maliyet. **116**
Şekil 4.36 : Kat yüksekliği – Toplam birim maliyet. **117**
Şekil 4.37 : Kat yüksekliği – Kaba inşaat işleri birim maliyeti. **118**
Şekil 4.38 : Kat yüksekliği – Zemin kat altı ve zemin kat üstü kaba inşaat işleri birim maliyetleri. **119**
Şekil 4.39 : Kat yüksekliği – Kalıp , demir ve beton işleri birim maliyetleri. **119**
Şekil 4.40 : Kat yüksekliği – Mekanik, elektrik ve asansör işleri birim maliyetleri. **120**

Şekil 4.41 : Kat yüksekliği – Duvar, şap, duvar ve davan kaplama işleri birim maliyetleri. **120**
Şekil 4.42 : Kat alanı – Birim maliyet. **121**
Şekil 4.43 : Kat alanı – Kaba inşaat işleri birim maliyeti. **122**
Şekil 4.44 : Kat alanı – Zemin kat altı ve zemin kat üstü kaba inşaat işleri birim maliyetleri. **122**
Şekil 4.45 : Kat Alanı – Kalıp, demir ve beton işleri birim maliyetleri. **123**
Şekil 4.46 : Kat alanı – Mekanik, elektrik ve asansör işleri birim maliyetleri. **124**
Şekil 4.47 : Kat alanı – Duvar, şap, duvar ve tavan kaplama işleri birim maliyetleri. **125**
Şekil 4.48 : Ortalama daire alanı – Birim maliyet. **126**
Şekil 4.49 : Ortalama daire alanı – Mekanik ve elektik işleri birim maliyetleri. **126**
Şekil 4.50 : Toplam daire sayısı – Birim maliyet. **127**
Şekil 4.51 : Kattaki ortalama daire sayısı – Birim maliyet. **127**
Şekil 4.52 : Kattaki ortalama daire sayısı – Daire ortalama alanı. **128**
Şekil 4.53 : Bodrum kat sayısı – Birim maliyet. **129**
Şekil 4.54 : Yükseklik – Kaba inşaat işleri maliyetinin toplam maliyete oranı. **130**
Şekil 4.55 : Yükseklik – Zemin kat altı ve zemin kat üstü kaba inşaat işleri maliyetlerinin toplam maliyete oranları. **131**
Şekil 4.56 : Yükseklik – Demir, kalıp ve beton işleri maliyetlerinin toplam maliyete oranları. **132**
Şekil 4.57 : İnşaat alanı – Kaba inşaat işleri maliyetinin toplam maliyete oranı. **132**
Şekil 4.58 : İnşaat alanı – Zemin kat altı ve zemin kat üstü kaba inşaat işleri maliyetlerinin toplam maliyete oranları. **133**
Şekil 4.59 : İnşaat alanı– Demir, kalıp ve beton işleri maliyetlerinin toplam maliyete oranları. **134**
Şekil 4.60 : Kat alanı – Kat sayısı ve toplam maliyet yüzeyi. **137**
Şekil 4.61 : Gerçek maliyet – Hesaplanan maliyet korelasyonu. **137**
Şekil A.1: Bina A1-1 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **150**
Şekil A.2: Bina A1-2 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **151**
Şekil A.3: Bina B1-1 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **152**
Şekil A.4: Bina B1-2 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **153**
Şekil A.5: Bina B1-3 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **154**
Şekil A.6: Bina C1-1 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **155**
Şekil A.7: Bina C1-2 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **156**
Şekil A.8: Bina C1-3 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **157**
Şekil A.9: Bina A2-1 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **158**
Şekil A.10: Bina A2-2 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d)Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **159**
Şekil A.11: Bina B2-1 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **160**

Şekil A.12: Bina B2-2 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **161**
Şekil A.13: Bina B2-3 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **162**
Şekil A.14: Bina C2-1 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **163**
Şekil A.15: Bina A3-1 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **164**
Şekil A.16: Bina A3-2 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **165**
Şekil A.17: Bina A3-3 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **166**
Şekil A.18: Bina A3-4 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **167**
Şekil A.19: Bina B3-1 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **168**
Şekil A.20: Bina B3-2 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **169**
Şekil A.21: Bina B3-3 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **170**
Şekil A.22: Bina C3-1 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **171**
Şekil A.23: Bina C3-2 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **172**
Şekil A.24: Bina C3-3 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **173**
Şekil A.25: Bina C3-4 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **174**
Şekil A.26: Bina A4-1 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **175**
Şekil A.27: Bina B4-1 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **176**
Şekil A.28: Bina B5-1 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **177**
Şekil A.29: Bina C5-1 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **178**
Şekil A.30: Bina C5-2 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **179**
Şekil A.31: Bina C5-3 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **180**
Şekil A.32: Bina C5-4 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **181**
Şekil A.33: Bina D5-1 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **182**
Şekil A.34: Bina D5-2 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **183**
Şekil A.35: Bina D5-3 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **184**
Şekil A.36: Bina A6-1 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **185**

Şekil A.37: Bina A6-2 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **186**
Şekil A.38: Bina A6-3 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **187**
Şekil A.39: Bina B6-1 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **188**
Şekil A.40: Bina B6-2 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **189**
Şekil A.41: Bina B6-3 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **190**
Şekil A.42: Bina B6-4 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **191**
Şekil A.43: Bina B6-5 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **192**
Şekil A.44: Bina B6-6 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **193**
Şekil A.45: Bina A7-1 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **194**
Şekil A.46: Bina B7-1 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **195**
Şekil A.47: Bina A8-1 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **196**
Şekil A.48: Bina D9-1 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **197**
Şekil A.49: Bina D9-2 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **198**
Şekil A.50: Bina D9-3 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **199**
Şekil A.51: Bina D9-4 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **200**
Şekil A.52: Bina D9-5 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **201**
Şekil A.53: Bina D9-6 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **202**
Şekil A.54: Bina D9-7 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **203**
Şekil A.55: Bina C9-1 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **204**
Şekil A.56: Bina C9-2 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **205**
Şekil A.57: Bina C9-3 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **206**
Şekil A.58: Bina C9-4 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **207**
Şekil A.59: Bina B9-1 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **208**
Şekil A.60: Bina B9-2 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **209**
Şekil A.61: Bina B9-3 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **210**

Şekil A.62: Bina B9-4 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **211**
Şekil A.63: Bina E9-1 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **212**
Şekil A.64: Bina E9-2 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **213**
Şekil A.65: Bina E9-3 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı. **214**
Şekil E.1 : Histogramlar: (a)İnşaat alanı. (b)Kat alanı. (c)Kat sayısı. (d)Bina yüksekliği. **238**
Şekil E.2 : Histogramlar: (e)Daire sayısı. (f)Normal kat çevre uzunluğu. (g)Kat yüksekliği. (h)Bina hacmi. **239**
Şekil E.3 : Histogramlar: (i)Birim maliyet. (j)Toplam maliyet. (k)Bodrum kat sayısı. (l)Birim hacim maliyet. **240**

TÜNEL KALIP SİSTEMİ KULLANILAN BETONARME YÜKSEK YAPILARDA BİNA ÖZELLİKLERİ İLE MALİYET ARASINDAKİ İLİŞKİLER

ÖZET

Türkiye'deki hızlı kentleşme ve nüfus artışı, büyük kentlerin sayısını ve yoğunluklarındaki artışı da beraberinde getirmiştir. Ancak bu hızlı ve kontrolsüz kentleşme, gecekondulaşmaya ve niteliksiz konut yapımına da neden olmuştur. Şartname ve yönetmeliklere uygun olmayan mevcut konutların yenilenmesi ya da farklı alanlara yeni konutların yapılması sonucu kısa zamanda çok sayıda yeni konutun üretilmesi gerekmektedir. Konut üretiminde, bu denli büyük olan ihtiyaca cevap verebilmek için, inşaat alanında üretkenliğin arttırılmasına olanak sağlayan, endüstrileşmiş yapım sistemlerinden biri olan tünel kalıp sistemi, özellikle toplu konut projelerinde son yıllarda çok yaygın şekilde kullanılmaktadır. Tünel kalıp sistemlerinin ülkemizde bu denli yaygın kullanımına rağmen yapılan araştırmalar sonucunda maliyetlerine yönelik kapsamlı bir çalışmaya ve kaynağa rastlanmamıştır. Fakat bina nihai maliyetlerinden önce tasarım evrelerindeki bina maliyetlerinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Tünel kalıp sistemi ile yapılacak binaların tasarım evrelerinde bina özellikleri çerçevesinde maliyetlerinin doğru olarak belirlenmesi en uygun mimari çözümlerin sağlanarak binaların daha düşük maliyetli yapılmasına olanak sağlayacaktır. Sınırlı kaynaklara sahip olan inşaat projelerinde amaç minimum maliyet ile maksimum faydanın sağlanmasıdır. Bu doğrultuda çalışmanın amacı betonarme taşıyıcı sisteminde tünel kalıp kullanılan çok katlı yüksek binalarda maliyet ile bina özellikleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi ve bu amaç doğrultusunda da bina maliyetlerinin düşürülmesidir. Bu kapsamda binalara ait gerçek maliyet verisini kullanılarak cevaplandırılması amaçlanan belli başlı araştırma soruları şunlardır: (1) Bina toplam birim maliyeti, bina özellikleri ile nasıl değişmektedir? (2) Kat taban alanının yükseklik ile toplam birim maliyet arasındaki ilişkiye etkisi nedir? (3) İş gruplarına ve iş kalemlerine ait birim maliyetler bina özellikleri ile nasıl değişmektedir ve bunlar toplam birim maliyeti nasıl etkilemektedir? (4) İş gruplarının ve iş kalemlerin toplam maliyet içerisindeki oranı bina özellikleri ile nasıl değişmektedir? (5) Malzeme ve işçilik birim maliyetleri bina özelliklerinden nasıl etkilenmektedir? (6) Literatürde verilen indeks denklemlerinden elde edilen değerlere göre toplam birim maliyet nasıl değişmektedir? (7) Kat taban alanı ile birlikte kat sayısı (bina yüksekliği) maliyeti nasıl etkilemektedir?

Bu amaçlara ulaşmak için öncelikle literatürde bina özellikleri ile maliyetin değişimi inceleyen çalışmalar araştırılmıştır. Çalışmalardan bina maliyetine etki eden; yapı yüksekliği, kat sayısı, plan şekli, verimliliği ve büyüklüğü, kat yüksekliği, daire büyüklüğü, kat alanı, bodrum kat sayısı, daire sayısı, gibi bina özellikleri belirlenmiştir. İkinci aşamada 2006 ile 2013 yılları arasında İstanbul'da tünel kalıp sistemi ile betonarmesi yapılmış, yükseklikleri 25 metre ile 142 metre, kat alanları 455 ile 1.075 m^2 arasında değişen 65 adet çok katlı konut binasının projeleri

üzerinden metraj çalışmaları yapılmıştır. Metraj verileri ile 2013 yılı piyasa koşulları birim fiyatları kullanılarak binalara ait maliyetler oluşturulmuştur.

Çalışmanın üçüncü aşamasında maliyetler ile belirlenen bina özellikleri arasında önceki çalışmalar ile karşılaştırılmalı analizler yapılmıştır. Analizlerde Kim ve diğ. (2004) tarafından da belirtildiği gibi hem analitik hem de tahmine dayalı metotlar ile yeni değerlerin araştırılmasında en kuvvetli ve güvenilir istatistiksel yöntem olmasından dolayı regresyon analizi yöntemi kullanılmıştır. Analizler genel olarak dört maliyet grubunda yapılmıştır; (1) toplam birim maliyeti, (2) iş grupları bazında birim maliyet (ör. zemin kat altı kaba inşaat işleri, duvar işleri), (3) bazı iş kalemleri (ör., kalıp, demir, beton) bazında birim maliyet, (4) malzeme ve işçilik bazında birim maliyet.

Başlangıçta, belirlenen bina özellikleri ile maliyetler arasındaki ilişkiler analiz edilmiştir. Buna göre bina yüksekliği ile birim maliyet arasında U şeklinde bir eğri elde edilmiştir ve 65 m yüksekliğindeki binalarda maliyetin minimum olduğu görülmüştür. Çalışmadaki binaların ortalama kat yüksekliği 299 cm olup 65 m yüksekliğindeki binaların yaklaşık 22 katlı olduğu hesap edilmiştir. Kat sayısı ile birim maliyet arasında ise bina yüksekliği analizinden elde edilen sonuçla aynı sonuç elde edilmiş olup 22 katlı binalarda maliyetin minimum olduğu görülmüştür. Benzer şekilde brüt inşaat alanı ile birim maliyet arasında yapılan analizde de yaklaşık 14.572 m^2 alanlı binaların minimum maliyetli olduğu görülmüştür. Sonuç olarak 20 ile 22 katlı, 60 ile 65 m yüksekliğinde ve yaklaşık 745 m^2 normal kat alanına sahip binalar minimum maliyetli olmaktadır. Benzer olarak bina kat alanın birim maliyet ile yükseklik arasındaki ilişkiye etkisi incelendiğinde, küçük ve büyük kat alanına sahip binalarda bu ilişkinin yine U eğrisi şeklinde olduğu görülmüştür. Bu iki kat alanı aralığından farklı olarak orta büyüklükte kat alanına sahip binalarda ise birim maliyet yüksekliğin artması ile birlikte doğrudan artmaktadır. Bununla birlikte, orta büyüklükte kat alanın sahip binaların birim maliyetleri, genellikle aynı yükseklikteki daha büyük kat alanına sahip binalardan daha düşük olmaktadır. Bunlara ilaveten binaların enlerinin boylarına oranı ne kadar artarsa, yani binalar ne kadar narin kesitli hale gelirlerse birim maliyetleri de o kadar yüksek olmaktadır. Binanın dış cephesinde mimari kaygılar düşünülerek yapılacak girinti ve çıkıntılar, bina çevre uzunluğunu dolayısıyla dış cephe duvar miktarını arttıracağından birim maliyeti doğrudan arttırmaktadır. Bina çevre uzunluğu ve en/boy oranı dışında kat yüksekliği de birim maliyeti doğrudan etkilemekte ve büyük oranda arttırmaktadır. Tasarım evresinde kullanım amacı dışında kat yüksekliğinin fazla arttırılmaması gerekmektedir. Benzer şekilde bodrum kat sayısının arttırılması da maliyeti doğrudan arttıran özelliklerin başında gelmektedir. Daire alanlarının arttırılması maliyeti düşürürken, aynı kat alanında daha fazla daire yapılması birim maliyeti arttırmaktadır. Çalışmada toplam birim maliyeti oluşturan malzeme ve işçilik birim maliyetleri ile yükseklik ve yapı büyüklüğü arasındaki ilişkiler de incelenmiştir. Yükseklik ve yapı büyüklüğünün artması ile malzeme birim maliyeti U eğrisi şeklinde bir artış gösterirken, her iki değerin artması ile işçilik birim maliyeti hemen hemen sabit kalmaktadır. Buradan çıkarılacak sonuçla, bu iki bina özelliği karşısında toplam birim maliyetteki değişimin malzeme birim maliyetinden kaynaklandığı söylenebilir.

Yapı yüksekliği ve yapı büyüklüğü ile toplam maliyetin alt kırılımları olan iş grupları ve iş kalemlerinin maliyetleri arasında da analizler yapılmıştır. Yüksekliğin ve yapı büyüklüğünün artması ile kaba inşaat işleri, mekanik işler, duvar işleri maliyetleri artmaktadır. Bunlardan farklı olarak elektrik ve asansör işleri maliyetleri U eğrisi

şeklinde bir değişim göstermektedir. İş kalemleri bazında ise beton ve demir işlerinin birim maliyetleri artarken kalıp işlerinin maliyeti azalmaktadır. Sıva işleri ile şap işlerinde ise kayda değer bir değişim olmamaktadır.

Plan verimliliği çerçevesinde yapılan analizlerde ise literatürdeki birim maliyetin değişiminin araştırıldığı indeks değerlerinin ne kadar gerçeği yansıttığı incelenmiştir. Genel anlamda plan verimliliği, plan şekli basitleştikçe artmakta ve bunun neticesinde de birim maliyet azalmaktadır. Buna göre indeks değerlerinin birçoğu ile birim maliyet doğru orantılı olarak atmaktadır. İndeks değerleri arasında farklılık gösteren plan yoğunluğu indeksi ile hacim sıklığı indeksi olmaktadır. Plan yoğunluğu indeks değeri arttıkça birim maliyet azalmaktadır. İndeks değerleri arasında en farklı sonucu ise hacim sıklığı indeksi vermektedir ve hacim sıklığı indeksi ile birim maliyet arasında U şeklinde bir ilişki bulunmaktadır.

Ayrıca çalışmada iş grup ve kalemlerine ait maliyetlerin toplam maliyete oranlarının yükseklik ve brüt inşaat alanı ile değişimleri incelenmiştir. Bu analizlerde kaba inşaat işleri ile alt kırılımları olan zemin kat altı, zemin kat üstü maliyetleri ile kalıp, demir ve beton işlerinin toplam maliyet içerisindeki oranlarının yüksekliğe ve inşaat alanına bağlı olarak nasıl değiştiği araştırılmıştır. Buna göre bina yüksekliğinin ve inşaat alanın artışı ile kaba inşaat işlerinin toplam maliyete oranı ters U eğrisi şeklinde değişmektedir. Buna karşılık, zemin kat altı kaba inşaat işlerinin toplam maliyete oranı artarken zemin kat üstü kaba inşaat işlerinin oranı tam tersine azalmaktadır. Yükseklik ve yapı büyüklüğü arttıkça kalıp, demir ve beton iş kalemlerinin maliyetlerinin toplam maliyet içerisindeki oranlarının; kalıp işleri için azaldığı, demir ve beton işleri için arttığı görülmüştür.

Çalışmanın analiz bölümünün sonunda geliştirilen denklem ile binaların tasarım evrelerinde kat sayısı ve kat alanına bağlı olarak yapılacak maliyet tahminlerinde daha gerçekçi sonuçlar elde edilmesi hedeflenmiştir. Özellikle ülkemizdeki imar planlarındaki TAKS, KAKS ve h_{max} değerleri ile belirli sınırlandırmalar getirildiğinden, elde edilen bu veriler çerçevesinde aynı kullanım amacına hizmet eden daha düşük maliyetli binaların tasarlanması sağlanabilecektir.

Tünel kalıp sistemi kullanılan binaların verileri literatürde maliyet tahmininde kullanılan diğer metotlar ile de incelenerek çalışma kapsamının geliştirilmesinde fayda bulunmaktadır. Ayrıca çalışmada kullanılan binalar dışında fiziksel ve geometrik özelliklere sahip binalarda da benzer çalışmalar yapılarak çalışma kapsamı genişletilebilir. Gelecekte benzer çalışmalar farklı kullanım amacına sahip binalar ile İstanbul dışındaki özellikle farklı deprem bölgelerindeki konut binaları için de yapılabilir. Bu çalışmanın sonuçları, akademisyenler ve inşaat sektörü çalışanları tarafından İstanbul'da tünel kalıp sistemi kullanılarak inşa edilecek binalarda bina özellikleri ile birim maliyet arasındaki ilişkinin daha iyi değerlendirilmesi için kullanılabilir.

RELATIONSHIP BETWEEN THE BUILDING FEATURES WITH COST FOR TUNNEL FORM HIGH-RISE BUILDINGS

SUMMARY

Rapid urbanization and population growth in Turkey increased the number of big cities and the population density. However, this rapid and uncontrolled urbanization has decreased the construction quality and led slum residences that are substandard. New residences should be constructed, and these substandard buildings should be demolished and renewed. In order to supply this demand, new construction techniques such as tunnel form that increases productivity in construction projects has been widely used in recent years in public housing projects. Although tunnel forms have been widely used in the public housing projects, no comprehensive study has been conducted to investigate the effects of the tunnel forms in the total cost estimation. During the predesign and design stage, the total cost estimation of the construing is vital. When tunnel forms are used in the construction, in order to obtain the most appropriate architectural solutions, the total cost of the construction should be precisely estimated. The goal of the construction project, which has limited resources, is to provide maximum benefits at minimum cost. In this context, the aim of this study is to determine the relation between building cost and building features for high-rise buildings constructed with tunnel forms. In this thesis, the following questions are intended to be answered: (1) How does the unit cost of the building change in accordance with the building features? (2) What is the impact of a change in footprint area on to the relation between building height and the unit cost of the construction? (3) How work groups and work items unit cost vary with building characteristics and how they affect the total unit cost? (4) How does the proportion of the work groups and work items unit cost vary the total cost of the construction? (5) How the material and labor unit costs are influenced by the features of a building?(6) How the unit cost changes with respect to the index equations available within the literature? (7) How the number of storey (building height) and foot print area are together affect the cost?

So as to reach the above mentioned aims, the studies that had investigated design criteria and cost within the literature were searched in detail. Among them the physical and geometrical features that has influence over building costs such as; building height, number of storey, plan shape, planning efficiency, plan size, storey height, apartment size, floor area, number of basement floor, number of apartment, window/floor ratio, standardization, groupings of buildings and quality are identified. The ones that may be used for the context of this thesis are selected. The features such as standardization, groupings of buildings, window/floor ratio and quality are not taken into account. In the second phase, 65 tall buildings that were constructed with tunnel form in Istanbul, between 2006 and 2013 are investigated The height of these buildings vary between 25 and 142 meters and their foot print areas vary between 455 and 1.075 m^2. The cost of work items and work groups were determined by taking into actual unit cost of the year 2013 and quantity survey.

During the quantity surveys the features that were determined through literature review such as; number of storeys, building heights (m), gross floor area (m^2), width (m), length (m), building volume (m^3), storey perimeter (m), wall area (m^2), foot print area (m^2), flat area (m^2) and flat numbers were calculated in detail.

Within the third phase of the thesis the relation between cost and these identified building features are analyzed and the results are compared with previous studies. The analyses were done through both analytical and predictive methods; regression method is also occupied since it is the most powerful and reliable statistical method for investigating new values (Kim et al, 2004). The analyses are investigated under four main cost groups. (1) total unit cost, (2) work groups unit cost (substructure works, masonry works), (3) work items (formwork, reinforcement, concrete) unit cost, (4) material and labor unit costs. The relation between cost and building features in high rise buildings were investigated through regression method. By using the calculated cost and building size the relation between cost and building features were investigated thoroughly. The relation between the given building features and cost are analysed. As a result a U curved shape is obtained and it is observed that the cost is minimum at a height of 65 metres. The average building height of the study is 299 cm thus it is anticipated that a 65 metered building has 22 storey. As a result of the analysis that shows the relation between storey number and unit cost once again the same result is obtained; buildings with 22 storey has the lowest cost. Due to the result of the analysis between gross floor area and unit cost it is seen that the buildings reaches to a minimum cost at around 14.572 m^2. In the light of these findings it can be said that the tunnel formed buildings with 20 to 22 storey; 60 to 65 metres height; 745 m^2 normal foot print area have minimum cost. In addition it is found that as the ratio of floor plans` width and length increases, in other words as they become more slander, so do the building cost. When the influence of storey area over the relation between unit cost and height is investigated, a U shaped curve is obtained once again within small and big sized storey areas. In the buildings with mid sized storey area it is found that the unit cost is increasing due to an increase in height. Besides, it is seen that, the unit cost of the buildings with mid sized storey area is lower than that of with same height but more storey area, in most of the cases. Although the results indicate that square building designs have lower costs, the most efficient results would be obtained if rectangular floor planned buildings were preferred that have width/length ratio close the 1:2 due to their advantages of providing clean air and day light. Another finding is that any indent-outdent of the external façade will increase the perimeter of the building and in return the cost. Decreasing the perimeter of the building will automatically decrease the external façade cost. Beside the perimeter and width/length ratio of buildings, the storey height has a direct influence over high cost as well. Since the unit cost increases as the storey height increases; during the design, the storey height should not be increased unless it is necessary since the unit cost is increasing as the storey height. Similarly increasing the number of basement storey will increase the cost. On the other hand, while increasing the flat area in other words increasing the number of rooms within a flat or their areas decreases the cost; building more flats onto the same storey area increases the unit cost.

The relation between material and labor cost and building height and gross floor area are investigated as well. As the height and gross floor area increase the increase within the material unit cost reveal a U shaped curve. On the other hand, the labor cost indicates no change due to an increase in both values. As a result, it can be said

that a change in total unit cost is a result of the change in material cost in response to an increase in building height and gross floor area.

The effects of these features over work items and work groups are investigated separately as well. The results reveal that, as the height and gross floor area increases the cost of structural works, mechanical works, masonry works increases too. On the other side, it is seen that the cost of electrical works and elevator works are giving a respond like a U shape. With respect to the work items the results indicate that as the unit cost of concrete and reinforcement works increase, the cost of formwork decreases. No significant change recorded in the unit cost of plastering and screed works.

During the analyses of plan efficiency it is aimed to investigate how realistic are the index values that are provided by the literature, The results indicate that the plan efficiency increases as the plan becomes more simple and in return the unit cost decreases, As a result, most of the index values are increasing with an increase in unit cost, The values that have different tendencies are plan density index and volume frequency index. As the plan density index value increases the unit cost decreases, The most different results are obtained with volume frequency index value, since it reveals a U shaped relation with unit cost. Moreover, a change in the proportion of work groups` and items` cost to total cost in terms of height and gross construction area. With these analyses it is investigated how much the ratio of the cost of the structural works, its breakdowns such as infrastructure and superstructure, formwork, reinforcement and concrete works change within the total cost, in accordance with a change in height and construction area. The results indicate that due to an increase in building height and construction area the ratio of structural works to total cost is changing like a reverse U shape. Besides to these two building features while the ratio of infrastructural works in total cost is increasing the superstructural works` ratio is decreasing. As the height and building size increases it is observed that the cost of formwork within the total cost is decreasing and on the other side increasing for reinforcement and concrete works.

With the equation developed at the end of this study it is aimed to reach an exact result as possible while anticipating cost by depending upon the number and area during the design phase This equation will provide easiness in minimizing the cost by determining the most appropriate storey number and area. As a result, the resources will be used more efficiently, the business plan will be more balanced and cash flow will be predicted better. Especially since the construction plans have some restrictions due to the TAKS, KAKS ve h_{max} values these inputs would help to design buildings with lower costs.

The analyses within this study can be reviewed and improved by comparing the results by using other methodologies available in the literature. In the future similar studies can be done for other building that has different usage purposes. Furthermore, these analyses can be repeated within other cities than Istanbul which have high earthquake risk too. The results of this study can be used by academicians and construction sector members so as to evaluate the relation between building features and unit cost in tunnel form buildings in Istanbul better.

1. GİRİŞ

Türkiye'deki hızlı kentleşme ve nüfus artışı, büyük kentlerin sayısını ve yoğunluklarındaki artışı da beraberinde getirmiştir. Ancak bu hızlı ve kontrolsüz kentleşme, gecekondulaşmaya neden olmuştur ve bu fiili durum halen de devam etmektedir. Şartname ve yönetmeliklere uygun olmayan mevcut konutların yenilenmesi ya da farklı alanlara yeni konutların yapılması ve gecekondu bölgelerinin ıslahı çalışmalarının sonucu kısa zamanda çok sayıda yeni konutun üretilmesi gerekmektedir. Nitelikli ve fazla sayıda konut ihtiyacını karşılayabilmenin kaçınılmaz sonucu olarak inşaat boyutlarının büyümesiyle birlikte inşaatların bitirilmesi için gereken zaman, insan gücü ve maliyet de artmıştır. Bunun neticesinde, nitelikli konut ihtiyacını karşılayabilmek ve yeni yapılar inşa edebilmek için farklı inşaat sistemlerinin uygulanması daha da fazla önem kazanmıştır. Böyle bir ortamda hızlı bir şekilde ekonomik ve kaliteli, yani nitelikli konutların yapılması kaçınılmaz bir gerçektir. Konut üretiminde, bu denli büyük olan ihtiyaca cevap verebilmek için, inşaat alanındaki üretkenliğin çok daha fazla arttırılması gerekmektedir. İnşaat alanında bu üretkenliğin en akılcı şekilde arttırılmasına olanak sağlayan, endüstrileşmiş yapım sistemlerinden biri olan tünel kalıp sistemi, özellikle toplu konut projelerinde olmak üzere son yıllarda çok daha yaygın şekilde kullanılmaya başlanmıştır.

Tünel kalıp sistemlerinin ülkemizde bu denli yaygın kullanımına rağmen yapılan araştırmalar sonucunda tünel kalıp sistemi ile üretilen binaların maliyetlerine yönelik kapsamlı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Özellikle toplu konut projelerinin de sayısının her geçen gün artması ile birlikte bina nihai maliyetlerinden önce tasarım evrelerindeki bina maliyetlerinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Tünel kalıp sistemi ile yapılacak binaların tasarım evrelerinde bina özellikleri çerçevesinde maliyetlerinin doğru olarak belirlenmesi en uygun mimari çözümlerin sağlanarak binaların çok daha düşük maliyetli yapılmasına olanak sağlayacaktır. Bu kapsamda bu çalışma ile binaların tasarım evrelerinde alınacak kararlar ile maliyetlerin en uygun seviyede tutulabilmesi için bina fiziksel ve geometrik özelliklerinin maliyet olan etkileri incelenecektir.

1.1 Problemin Tanımı

İnşaat sektöründen tasarım tüm evreleri için maliyet tahmini, sürecin gerçekleştirilmesi ve devamlılığına yönelik doğru kararların verilmesi ve kaynakların en etkin şekilde kullanılması açısından büyük önem taşımaktadır. Binaların yapı ve detaylarına bağlı olarak tasarım evreleri dört ana başlıkta toplanmıştır;

1. Tasarım öncesi evre: Binaya ait çizimlerin bulunmadığı, ancak bazı bilgilerin mevcut olduğu evredir. Sahip olunan bu bilgilerin detayı açısından tasarım öncesi evre iki kısma ayrılmaktadır:
   a. Tasarım öncesi evre – I
   b. Tasarım öncesi evre – II

   Bu iki evreyi birbirinden ayıran en belirgin özellik I. evrede sadece bina tipi, brüt alan veya fonksiyonel birim sayısı, inşaatın yapılacağı yer ve yıl verileri mevcut iken, II. evrede bunlara ilave olarak toplam kat sayısı, bodrum kat sayısı vb. parametrelerin de biliniyor olmasıdır.
2. Ön tasarım evresi: Tasarımın eskiz niteliğinde olduğu evredir.
3. Kesin proje evresi: Bina ile ilgili yapı elemanlarına ait kararların verilmiş olduğu evredir.
4. Uygulama projesi evresi: Bina ile ilgili tüm çizimlerini teknik ve genel şartnamelerin olduğu evredir (Hasol, 1979).

Bina maliyet tahmini, tasarımın her evresi için farklı yöntemler kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Projelerin başlangıçlarında, özellikle bina dizaynı ile ilgili karar verme süreci olan tasarım evrelerinde erken tahminler son derece önemli rol oynamaktadır. Fakat bu süreçte güvenilir maliyet verisine ulaşmak son derece zordur (Trost ve Oberlender, 2003). Binalara ait maliyetler tasarım evresinde inşaata başlamadan önce genellikle klasik yöntemler ile belirlenmeye çalışılmaktadır (Karshenas, 1984). Tasarım evresinde ki bina maliyetleri genellikle avan projeler üzerinden hesaplanan toplam inşaat alanı ile önceki deneyimlerden elde edilen ya da yapı yaklaşık maliyet (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2015) verilerindeki birim metre kare maliyetleri ile çarpılarak bulunmaktadır. Fakat binaları birbirinden ayıran yükseklik, plan şekli, bodrum kat sayısı, çatı durumu, iç alanlarının yapısı ve büyüklükleri ile tüm bu özelliklerin birbirine oranları olmak üzere birbirinden farklı çok sayıda özellikler vardır ve bu özellikler maliyetleri etkilemektedir. Tasarım

evresinde maliyetler hesaplanırken klasik yöntemler kullanıldığında binaların fiziksel ve geometrik özelliklerinin maliyete olan etkileri değerlendirilmeye alınmamaktadır.

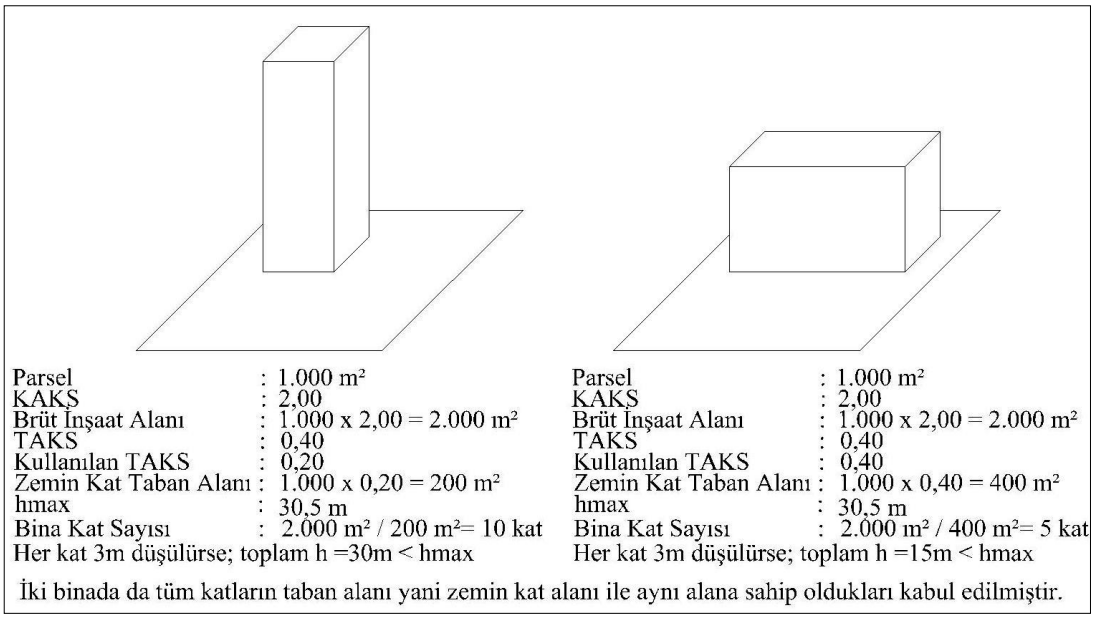
Türkiye'de özellikle tasarım evreleri için bina özelliklerini dikkate alan sağlıklı veri yapısına sahip bir maliyet analiz yöntemi ve metodolojisi yoktur. Bu konuda bulunan başlıca kaynaklardan biri T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2015) tarafından her yıl yayımlanan Yapı Yaklaşık Maliyetleri, bina tiplerine göre oluşturulmuş birim metre kare inşaat maliyetlerini içermektedir. Yapı yaklaşık maliyetleri yayınladığı tarihe kadar inşaatı tamamlamış ve kesin hesapları yapılmış olan projelere ait maliyetlerin ortalamalarının alınması ile elde edilmektedir ve yılda bir kez yayımlanmaktadır. Tasarım öncesi evrede bina inşaat maliyetlerinin tahminine yönelik olarak oluşturulmuş olan Yapı Yaklaşık Maliyetlerinde; binanın boyutları, kat sayısı, kat alanı gibi değerleri göz önünde bulundurulmamaktadır. Bu tip bina fiziksel ve geometrik özelliklerinin dikkate alınmaması durumunda aynı tip ve aynı inşaat alanına sahip binaların maliyeti bu hesaplama sistemine göre aynı olmaktadır. Fakat gerçekte ise kat sayısı, kat alanı, bina yüksekliği, kat yüksekliği gibi faktörler inşaat maliyetini önemli derecede etkileyecek ve aynı inşaat alanına sahip binaların toplam maliyetlerinin farklı olmasına yol açacaktır. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yapı Yaklaşık Maliyet hesapları dışında bir kaç resmi kurum ve kuruluş tarafından hazırlanmış maliyet endeksleri de bulunmaktadır. Fakat bunlarında birçoğu verilerini T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığına ait verilerden almaktadır (Polat, 2004). Bunlara ilaveten maliyet konusu ile ilgili Çıracı (1996) ve Bostancıoğlu (1999) tarafından yapılmış çalışmalar bulunmaktadır. Çıracı (1996) yaptığı çalışmada binalara ait bazı özelliklerin maliyet üzerine etkilerini incelemiş, Bostancıoğlu (1999) ise bina özelliklerine bağlı olarak bir maliyet tahmin sistematiği oluşturmuştur. Fakat her iki çalışmada betonarmesi konvansiyonel kalıp sistemi ile yapılmış az katlı binalar için yapılmıştır. Çıracı (1996) tarafından yapılan çalışma, toplu konut projelerindeki az katlı binalarda yapılmıştır. Bostancıoğlu (1999) tarafından yapılmış çalışmadaki bina verileri ise çalışma kapsamı için oluşturulmuş ve gerçekte uygulanmamıştır. Konuyla ilgili dünyada ise çeşitli yöntemler ve bu yöntemlerin kullandığı veri tabanları geliştirilmiştir. Türkiye dışında, özellikle Amerika Birleşik Devletleri ve İngiltere'de kullanılan farklı yöntemler bulunmaktadır: R.S. Means, Marshall & Swift ve Saylor, BCIS. Bu yöntemlerin çoğunda bina tipi, kalitesi, brüt inşaat alanı, inşaatın yapıldığı yer ve yılı, kat sayısı, dış duvar tipi, kat yüksekliği, bina çevresi, bodrum kat sayısı

gibi parametreler birim maliyet hesaplamalarının içerisine dahil edilmiştir. Ancak bunlardan herhangi birinin Türkiye'de kullanılması, ülkelerin koşulları arasındaki farklılıklardan dolayı mümkün olmamaktadır (Polat, 2004).

İnşaat sektörünün diğer sektörlerden en önemli farkı ortaya çıkan ürünün yüksek maliyetli ve bir defaya mahsus olmasıdır. Bu nedenle işin sonundaki doğru maliyetin işe başlanmadan önce tahmin edilmesi, sürecin gerçekleştirilmesi ve devamlılığı açısından büyük önem taşımaktadır. Bu şekilde doğru maliyetin önceden belirlenebiliyor olması maliyet açısından en verimli tasarımın oluşturulması ve inşaat ile ilgili finansal sistemin doğru şekilde kurulmasını sağlanmış olacaktır. Doğru maliyetin tahmin edilebilmesi için binalara ait özelliklerin, tasarım evrelerinde maliyet hesapları yapılırken dikkate alınması ile gerçekleşebilecektir. Özellikle kat alanı, yapı yüksekliği, kat yüksekliği ve sayısı gibi bina özellikleri tasarım evresinde belirlenirken bunların maliyet üzerine olan etkileri bilinirse, daha düşük maliyetli binalar üretilebilecektir. Son yıllarda sayıları artan yüksek binalarda da tasarım evrelerinde maliyetlerin doğru olarak belirlenebilmesi, aynı amaca hizmet edecek daha düşük maliyetli binaların yapılmasına olanak sağlayacak ve bu şekilde ülke ekonomisine de katkı sağlanacaktır. Tüm bu sıralanan nedenlerden ötürü özellikle tasarım evrelerinden bina fiziksel ve geometrik özelliklerine bağlı olarak maliyetin tahmin edilmesi büyük önem taşımaktadır.

Ülkemizde inşaata başlamadan önce arazi koşullarına uygun olarak binanın tasarım evresi başlamaktadır. Bu çalışma kapsamında elde edilen veriler özellikle tasarım evrelerinde olmak üzere mimari projelendirme evresinde başta binaların brüt alanı, taban alanı ve yükseklik değerleri ile diğer fiziksel ve geometrik özelliklerinin optimum maliyeti sağlayacak şekilde düzenlenmesinde kullanılabilir. Şöyle ki, inşaatı yapılacak binaya ait brüt inşaat alan, taban alanı ve yükseklik değerlerinin imar yönetmeliği ve planları ile hem kat alanı kat sayısı (KAKS - yapılacak inşaatın toplam inşaat alanının arsa alanına oranı) bir başka deyişle emsal hem taban alanı kat sayısı (TAKS - yapılacak inşaatın taban oturum alanının arsa alanına oranı) hem de h_{max} (binanın maksimum yüksekliği yani gabarisi) değerleri ile sınırlandırılıyor olması bu değerler arasındaki ilişkinin çok daha iyi kurulmasını gerektirmektedir. Bu nedenle mimari projeler yapılırken inşaatın yapılacağı yere ait KAKS, TAKS ve h_{max} değerleri kullanılarak binanın brüt inşaat alanı, taban alanı ve yüksekliği belirlenir. Brüt inşaat alanı belirlenirken KAKS değeri kullanılır. Bir başka deyişle yapılacak

binanın kat alanlarının toplamı olan brüt inşaat alanı, arsa alanın KAKS değeri ile çarpılması ile bulunur. Bunun yanı sıra binanın oturacağı taban alanı bir başka ifade ile zemin kat oturum alanı, arsa alanının TAKS değeri ile çarpılması ile bulunur. h_{max} değeri ise taban kotundan son kata kadar binanın yapılabileceği maksimum yüksekliğini belirtmektedir. KAKS, TAKS ve h_{max} değerleri sınırları içerisinde kalmak koşuluyla aşağıda verilen Şekil 1.1'deki gibi, aynı brüt inşaat alanına sahip daha küçük taban alanlı yüksek bina yapılabileceği gibi daha büyük taban alanlı daha alçak bina da tasarlanabilir. Brüt inşaat alanları aynı, taban alanları ve yükseklikleri farklı bu iki binaya ait maliyetleri birbirinden farklı olacaktır.



Şekil 1.1 : Kat sayısı, taban alanı ve inşaat alanı karşılaştırılması.

Bu çerçevede çalışma ile cevaplandırılması amaçlanan araştırma soruları şunlardır: (1) Bina toplam birim maliyeti, bina fiziksel ve geometrik özellikleri ile nasıl değişmektedir? (2) Kat taban alanının değişiminin yükseklik ile toplam birim maliyet arasındaki ilişkiye etkisi nedir? (3) İş gruplarına ve iş kalemlerine ait birim maliyetler bina fiziksel ve geometrik özellikleri ile nasıl değişmektedir ve bunlar toplam birim maliyeti nasıl etkilemektedir? (4) İş gruplarının ve iş kalemlerin toplam maliyet içerisindeki oranı bina fiziksel ve geometrik özellikleri ile nasıl değişmektedir? (5) Malzeme ve işçilik birim maliyetleri bina fiziksel ve geometrik özelliklerinden nasıl etkilenmektedir? (6) Literatürde verilen indeks denklemlerinden çıkan değerlere göre birim maliyet nasıl değişmektedir? (7) Kat taban alanı ile birlikte kat sayısı (bina yüksekliği) maliyeti nasıl etkilemektedir?

1.2 Çalışmanın Kapsamı

Ülkemizde tasarım evreleri için maliyet tahminlerinin yapılması, bina fiziksel ve geometrik özelliklerinin maliyet üzerindeki etkilerinin belirlenmesi ile ilgili yapılmış çalışmalar son derece kısıtlıdır. Özellikle tasarım evrelerinde bina fiziksel özelliklerinin maliyet üzerindeki etkileri araştırılmamakta, hatta düşünülmemektedir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2015). Oysaki bu özellikler binaların nihai maliyetlerini doğrudan etkilemektedir. Literatürde bina maliyetini etkileme şansının ya da bina maliyetini düşürme şansının en yüksek olduğu evre olarak tasarım evreleri gösterilmekte ve ilerleyen safhalarda bu şansın gitgide azaldığı belirtilmektedir (Çıracı, 1996). Bu nedenle bina tasarımı yapılırken maliyete etki edebilecek faktörler üzerinde de ciddiyetle durulması gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında bina maliyetini en çok etkileme şansının olduğu inşaat süreci öncesindeki tasarım evrelerinde bina fiziksel ve geometrik özelliklerine bağlı olarak alınacak kararlar ile maliyetin düşürülmesi sağlanmaya çalışılacaktır. Bir başka deyişle binaların tasarım ile ilgili alternatiflerin maliyet üzerinde etkileri belirlenecek ve bu sayede bina maliyetinin düşürülmesi hedeflenecektir.

Bina maliyeti yatırım ve kullanım maliyetlerden oluşmaktadır. Yatırım maliyeti ise arsa maliyetleri, tasarım maliyetleri ve inşaat maliyetlerini kapsamaktadır. Bu çalışmada bahsedilen maliyet yatırım maliyeti içerisindeki inşaat işlerine ait maliyetlerdir. Bir başka ifade ile inşaat, mekanik, elektrik, asansör işlerinin maliyetlerinin toplamıdır. Binanın yeri, yapım teknolojisi, bölgesel ve yerel özellikler, zemin koşulları gibi bahsedilen bu maliyetleri etkileyen birçok koşul bulunmaktadır (Flanagan ve Norman, 1978). Bu çalışmada sadece binanın fiziksel yapısına ve geometrisine bağlı özellikler incelenecek olup diğer tüm faktörlerin sabit olduğu kabul edilecektir. Bu kapsamda çalışmada 2006 ile 2013 yılları arasında İstanbul'da tünel kalıp sistemi ile betonarmesi yapılmış ve tamamlanmış, yükseklikleri 25 metre ile 142 metre arasında değişen 65 adet çok katlı konut binası incelenmiştir. Warszawski (2003) literatürde maliyet ile ilgili yapılan çalışmaları; (1) Tregenza (1972), Flanagan ve Norman (1978), Newton (1982) ve Picken (1992) tarafından örnek binalar üzerinden yapılan istatistik metotlar, (2) Steyert (1972) ve Warszawski (1983) tarafından deneysel olarak oluşturulan model binalar üzerinden yapılan çalışmalar olarak iki gruba ayırmıştır. İlk metodun zorluğunun gerçek doğru veriye ulaşmanın güç olması ve özellikle özel sektörde yapılan binalarda bu bilgiye

ulaşmanın daha da zorlaşması olarak açıklamıştır (Warszawski, 2003). Bu çalışmada literatürdeki birçok çalışmadan farklı olarak gerçek metraj ve maliyet verileri kullanılmıştır. Bu binalara ait mimari, statik, elektrik ve mekanik projeler inşaatları yapan firmadan alınmıştır

Çalışmada incelenen binaların projeleri üzerinden hesaplanan yapı yüksekliği, kat alanı, kat çevresi, kat yüksekliği, kat en/boy oranı, toplam inşaat alanı, daire alanı ve sayısı gibi fiziksel ve geometrik özelliklerin maliyet üzerine etkileri detaylı şekilde araştırılmıştır. Maliyet hesaplarında ise binalara ait kaliteden bağımsız, standartları belli ve büyük oranda şartnameler ile belirlenmiş kaba inşaat işleri, duvar işleri, duvar ve tavan sıva işleri, mekanik işler, elektrik işleri ve asansör işlerine ait imalatların maliyetleri kullanılmıştır. İnce işler ile bitirme imalatlarının geçerli standartlarının olmayışı ve kalite seçimlerine göre maliyetlerinin çok değişken olmasından dolayı çalışma kapsamına alınmamıştır.

1.3 Çalışmanın Amacı

Sınırlı kaynaklara sahip olan inşaat projelerinde amaç minimum maliyet ile maksimum faydanın sağlanmasıdır. Bu doğrultuda çalışmanın amacı, betonarme sistemi tünel kalıp ile yapılmış çok katlı yüksek binalarda birim maliyet ile bina fiziksel ve geometrik özellikleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi ve bu amaç doğrultusunda da bina maliyetlerinin düşürülmesidir.

Bu amacı gerçekleştirebilmenin, yani toplam maliyeti düşürebilmenin en kolay yolu tasarım evreleridir. Bu evrelerde binalara ait projelerde yapılacak değişiklikler ve farklı tasarım alternatifleri ile maliyetler çok daha kolay şekilde düşürülebilecektir. Bu nedenle de binalara ait fiziksel ve geometrik özelliklerin maliyeti nasıl etkilediğinin bilinmesi çok daha fazla önem kazanmaktadır. Binaya ait hangi özelliğin maliyeti nasıl etkilediği bilindiği takdirde tasarım süreçlerinde bu özellikler üzerinde yapılacak değişiklikler ile maliyetin düşürülmesi sağlanacaktır. Ayrıca bu süreçlerde yapılacak değişiklikler geri dönüşleri azaltacak, zaman ve iş gücü kayıplarını da en aza indirecektir. Fakat Türkiye'de bu kapsamda yapılmış çalışmalar çok sınırlı olmakla birlikte tünel kalıp sistemi içeren herhangi bir çalışmaya da rastlanmamıştır. Oysaki ülkemizde nitelikli konuta ihtiyacın fazla olması ve ülke çapında bu açığın kapatılması için tünel kalıp sistemin yoğun şekilde kullanılıyor olmasından dolayı, bu sisteme ait maliyet verilerinin özellikle de tasarım evrelerinde

belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Tünel kalıp sistemi ile betonarmesi yapılmış binaların seçilmesindeki bir diğer sebepte, literatürde yapılmış benzer çalışmaların taşıyıcı sistemlerin konvansiyonel kalıp ile yapılmış betonarme ya da kompozit yapı olmaları (Tregenza, 1972; Flangan ve Norman, 1978; Bathurst ve Butler, 1980; Newton, 1982; Çıracı, 1996; Seeley, 1996; Bostancıoğlu, 1999; Ashworth, 2004; De Jong ve Wamelink, 2008) ve bu kalıp sistemi ile yapılmış çalışma eksikliğinin olmasıdır. Tünel kalıp sistemini diğer sistemlerden ayıran en önemli özelliklerden biri olan betonarme perde imalatlarının fazlalığı, bu sistemle betonarmesi yapılmış binaların maliyetlerinin de diğerlerine göre farklı olmasına neden olmaktadır.

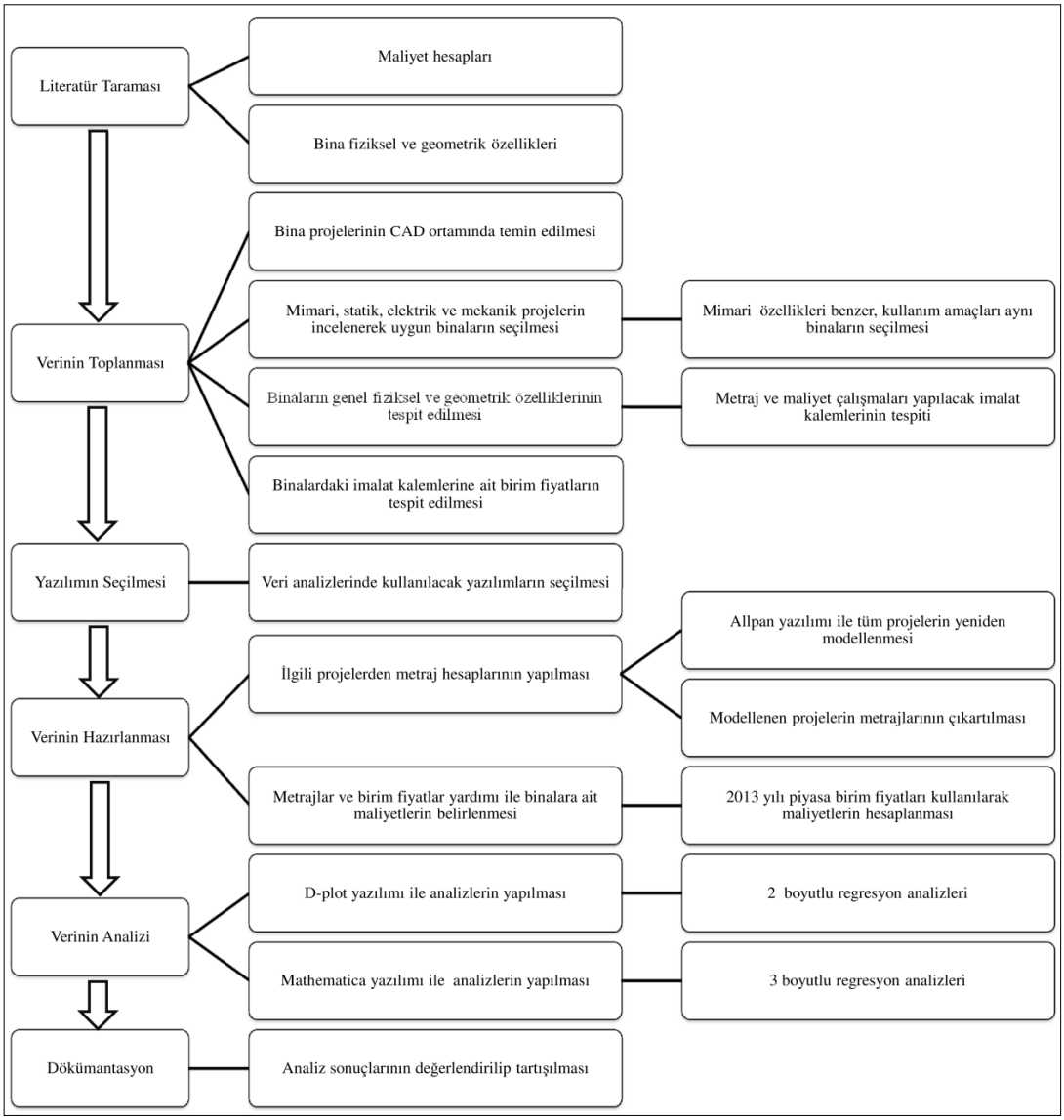
Çalışma ile ülkemizde tasarım evrelerinde tünel kalıp sistemi ile betonarmesi imal edilen çok katlı yüksek binaların maliyetlerinin belirlenebilmesine yönelik bu açığın kapatılması hedeflenmektedir. Bu hedef doğrultusunda binalara ait gerçek maliyet verisini kullanarak literatürde belirtilen boşlukları tamamlamak ve yüksek binalara ait bina özellikleri-maliyet ilişkisini analiz ederek, en düşük maliyetli tasarımın seçilmesine yardımcı olmaktır.

1.4 Çalışmada İzlenen Yöntem

Çalışma kapsamında bina tasarım alternatifleri ile maliyet arasında ilişkinin araştırılması ve bina maliyetlerinin daha doğru tahmin edilebilmesi için ülkemizde son yıllarda üretimi ciddi oranda artış gösteren betonarme sistemi tünel kalıp ile yapılmış çok katlı yüksek binalar seçilmiştir. Çalışmanın genel hatları Şekil 1.2'de detaylandırılmıştır. Bu süreçte öncelikle literatür araştırması yapılmıştır. Daha önce yapılmış çalışmalar incelenerek literatürde bu konudaki boşluklar ile maliyete etki eden bina özellikleri belirlenmiştir. Daha sonra analizlerde kullanılacak maliyet detaylarına uygun olarak mimari, statik, elektrik ve mekanik projeler üzerinden metraj çalışmaları yapılmıştır. Metraj çalışmalarının yanı sıra mimari projeler üzerinden literatür çalışması ile belirlenen binaların fiziksel ve geometrik özelliklerine ait değerler hesaplanmıştır. Metraj çalışması sonucunda çıkan değerler ile piyasa koşullarından alınan birim fiyatlar çarpılarak binalara ait detaylı maliyetler oluşturulmuştur. Çalışma kapsamındaki tüm projeler ve birim fiyatlar özel sektörde faaliyet gösteren bir firmanın kayıtları baz alınarak elde edilmiştir.

Daha sonra bina özelliklerinin maliyet üzerine etkilerini belirleyebilmek için bina fiziksel ve geometrik özelliklerine ait değerler ile maliyet verileri kullanılarak

istatistiksel analizler yapılmıştır. Bina özellikleri ile birim maliyet arasındaki ilişkiyi incelemek için, bundan önce birçok çalışmada kullanılan (Flanagan ve Norman, 1978; Çıracı, 1996; Picken ve Ilozor, 2003; Blackman ve Picken, 2010) ve maliyet tahmininde en yaygın başvurulan yöntem olan istatistiksel regresyon analizi yöntemi kullanılmıştır (Lowe ve diğ., 2006). Çalışmada bina fiziksel ve geometrik özellikleri ile birim maliyet arasında yapılan analizler genel olarak dört grupta incelenmiştir, (1) toplam bina birim maliyeti, (2) iş grupları bazında birim maliyet (ör. zemin kat altı kaba inşaat işleri, duvar işleri), (3) belirli iş kalemleri (ör., kalıp, demir, beton) bazında birim maliyet, (4) malzeme ve işçilik bazında birim maliyet. Ayrıca kat taban alanının yükseklik ile birim maliyet ilişkisini nasıl etkilediği ile literatürde verilen maliyet indeks denklemlerinden elde edilen değerlere göre maliyetin değişimi incelenmiştir. Bunlara ilaveten de kat taban alanı ile kat sayısının toplam maliyeti nasıl etkilediği araştırılmıştır.



Şekil 1.2 : Çalışmada izlenen yöntem.

1.5 Tezin Organizasyonu

Çalışma kapsamı beş ana bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın birinci bölümünde üzerinde çalışılan problem ile çalışmanın amacı ve hedefleri açıklanmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde yapılan literatür çalışması sonucunda ortaya çıkan durum ortaya konulmuştur.

Çalışmanın üçüncü bölümünde tez kapsamında üzerinde çalışılan binaların fiziksel ve geometrik büyüklüklerine ait veriler ile metraj ve hesap yöntemleri ile maliyetleri ortaya konulmuştur. Ayrıca metrajların nasıl bir sistematik ile yapıldığı ve bu metraj değerleri neticesinde maliyetlerin nasıl oluşturulduğu açıklanmıştır.

Çalışmanın dördüncü bölümünde binalar ait fiziksel ve geometrik değerler ile maliyetlerin değişiminin karşılaştırılması ve bu değerlerin analizi yapılmıştır. Bunlara ilaveten maliyete etki eden faktörlerden bazılarının birlikte değerlendirildiğinde maliyeti nasıl etkilediği tespit edilmiştir.

Çalışmanın beşinci bölümünde dördüncü bölüm de yapılmış analizlerin sonuçları değerlendirilmiştir.

2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI

Çalışmanın bu bölümünde, literatürde Türkiye'de ve dünyada bina maliyetlerini etkileyen bina fiziksel ve geometrik özellikleri ile ilgili yapılmış çalışmalar incelenecektir. Buna ilaveten bina kat sayısı ile kat taban alanının maliyet üzerine etkilerini araştıran çalışmalar değerlendirilecektir. Bina özellikleri ile ilgili literatürde yapılmış çalışmalar hakkında bilgi verilmeden önce çalışmada kullanılan binaların tünel kalıp sistemi kullanılmış yüksek yapılar olmasından dolayı, tünel kalıp sistemleri ve yüksek yapılar hakkında bilgi verilecektir.

2.1 Tünel Kalıp Sistemleri ve Çok Katlı Yüksek Yapılar

Çalışmadaki binaların tamamının betonarmesinin tünel kalıp ile yapılmış çok katlı yüksek yapılar olmasından dolayı öncelikle bu iki kavram yani tünel kalıp sistemleri ve yüksek yapılar açıklanacaktır.

2.1.1 Tünel kalıp nedir?

Literatürde, betonarmesi tünel kalıp sistemi ile yapılmış binaların maliyetleri ile ilgili yapılmış çalışmalar son derece kısıtlıdır. Bu konuda Kazaz ve Soyçopur (2009) ile Harmankaya'nın (2011) yaptıkları çalışmalar bulunmaktadır. Bu iki çalışma dışında da tünel kalıp sistemlerinin maliyetlerini inceleyen herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Özellikle hızlı nüfus artışı ile birlikte ortaya çıkan konut açığını ortadan kaldırmak için yapı ölçekleri büyümekte ve inşaatların tamamlanması için gerekli olan zaman, para ve insan gücü de artmaktadır. Hızlı nüfus artışına paralel olarak Türkiye'de nitelikli konut ihtiyacının da artması ile özellikle son yirmi beş yıldır tünel kalıp sistemi ile yapılan toplu konut projelerinin sayısı giderek artmaktadır. İstanbul başta olmak üzere son yıllarda şiddetli depremlerin de yaşandığı bölgelerde bu kalıp sistemi kullanılarak depreme karşı dayanıklı yapılar yapılmıştır. Dünyanın aktif deprem kuşaklarından biri üzerinde bulunan Türkiye'nin %42'si birinci derece deprem bölgesi, % 24'ü ikinci derece deprem bölgesi, %18'i üçüncü derece deprem bölgesi, % 12'si dördüncü derece deprem bölgesi ve %4'ü de beşinci derece deprem bölgesi üzerindedir. Bir başka deyişle topraklarının yaklaşık

%66'sı, her an her büyüklükte depremin olabileceği birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde yer almaktadır. Bu bölgede yaşayan nüfus ise, Türkiye toplam nüfusunun yaklaşık %70'i olup her an deprem riski altındadır (Özmen ve diğ, 1997). Buraya kadar sıralanan bu kriterler ile birlikte zaman, maliyet ve kalitenin daha da önem kazanmasıyla, yeni kalıp sistemlerinin düşünülmesi ve bunların inşaat sektöründe kullanılması kaçınılmaz hale gelmiştir (Kazaz ve Soyçopur, 2009; Sarıçay, 2009). Tüm bu bahsedilen nedenlerden dolayı da özellikle tünel kalıp sistemi ile inşa edilmiş depreme dayanıklı yapıların önemi bir kat daha artmaktadır.

Tünel kalıp sistemi betonarme yapılarda bir katın kolon ve perdeleri ile döşemesinin kesin boyutlu ve düzgün yüzeyli çelik kalıplar kullanılarak çok kısa bir zaman içerisinde tek seferde yerinde beton dökülmesini sağlayan endüstrileşmiş betonarme kalıp sistemleridir. Başka bir deyişle, tünel kalıp sistemleri; bir katın perde ve kolonları ile döşemesinin kısa süre içerisinde tek seferde dökülmesini sağlayan sistemlerdir. Tünel kalıp sistemleri, özellikle kule vinç yardımıyla çok hızlı betonarme inşaat imkanı sağlaması ile öne çıkmaktadır. Bu kalıp sistemleri genellikle; standart ölçülerde fabrikada teşkil edilen saç levhalardan ve çelik profillerden oluşmaktadır (Kıncal, 2006; Öztürk ve Bulgu, 2007; Kasapoğlu, 2008; Mesa, 2015). Döşeme ve perdelerin bir arada betonlarının dökülmesiyle ortaya çıkan monolitik ve rijit yapı çok katlı binaların inşasını da mümkün kılmaktadır ve bu tek parçalı yapı sistemi deprem bölgeleri için elverişli bir taşıyıcı sistem olarak kabul edilmektedir. Deprem etkisiyle meydana gelen kuvvetlerin tamamının betonarme perdelerle taşınması, binaların yatay rijitliğinin çerçeve sistemlere göre çok büyük olmasını sağlamaktadır (Kıncal, 2006; Öztürk ve Bulgu, 2007, Sarıçay, 2009).

Tünel kalıp sistemleri statik projeye göre üretilmiş standart ölçülerdedir ve her kurulumda sahadaki personelin becerisine bağlı kalmaksızın, belirlenmiş yükseklik ve açıklıklarda kolaylıkla kurulup, betonarme imalata hazırlanabilmektedirler. Tünel kalıp sistemlerinin en büyük özelliği, bina inşaatlarını endüstriyel üretim hattı benzeri bir yapıya çevirerek, her gün aynı işlerin bir fabrika düzeninde tekrarlanması sonucu, sahada yüksek verimliliğe ve günlük beton dökümüne olanak sağlamasıdır. Sistemde kürleme yoluyla betona kısa sürede gerekli mukavemet kazandırılabildiğinden, kalıp sökümü ve bir üst kata kurulumu çok daha hızlı olmaktadır (Kıncal, 2006; Kasapoğlu, 2008; Mesa, 2015). Bunların yanı sıra taşıyıcı donatı demirinin büyük çoğunluğunun hasır çelik olması ve demir işlerinin tekrar

eden bir düzen içerisinde önceden hazırlanmış olması ile özellikle belli yükseklik ve kat alanına sahip binalarda kule vinç tercih edilmesi, tünel kalıp sistemlerinin verimliliğini çok daha fazla arttırmaktadır (Mesa, 2015). Kalıp sisteminin boyutlarındaki hassasiyet betonarme inşaat işlerini takip eden süreçteki imalatlarda da kolaylık sağlayarak, inşaat maliyetlerinin azalmasına neden olmaktadır. Tünel kalıp sisteminin şantiyede montajı ve demontajı kolaydır; bu da diğer kalıp sistemlerine göre işçilik maliyetlerinde de ekstra tasarruf sağlamaktadır (Kasapoğlu, 2008).

Buraya kadar bahsedilen özelliklerinin yanı sıra tünel kalıp sistemlerinin kullanılması şu faydaları sağlamaktadır;

1. İnşaat maliyetlerinin düşürülmesi ve sürelerin kısaltılması,
2. İnşaattaki imalat çeşitliliğini en aza indirilerek kalitenin arttırılması,
3. Kullanılmalarının çevreye ve ekolojik sisteme zararları olan orman ürünlerinin kullanımının önlenmesi,
4. Demir, çimento, tuğla, alçı gibi ana inşaat malzemelerinde tasarruf sağlanması,
5. İnşaat projelerinde rekabet şansının daha fazla arttırması,
6. Kullanıldığı projelerde kullanılabilir ve faydalı alanların maksimuma çıkartması,

gibi faydalar sağlamaktadır (Mesa, 2015). Tüm bu bahsedilen nedenlerden dolayı başta İstanbul olmak üzere ülkemizin birçok yerinde tünel kalıp sistemi kullanılan projelerin sayısı her geçen gün hızlı bir şekilde artmaktadır.

2.1.2 Yüksek yapılar

Geçmişten günümüze kadar yüksek yapıların yapılma sebepleri değişmiştir. Günümüzde; şehirlerde konut yapımı için kullanılabilecek arazilerin azalması ve buna paralel olarak kullanabilecek arsa fiyatlarının yüksek oranda artması en büyük etkenlerin başında gelmektedir. Ülkelerin gelişmesine paralel olarak hızlı kentleşme sonucu yapılaşma için uygun alanların azaldığı günümüzde, şehirlerin yayılma sınırlarının zorlanması ile birlikte düşey yerleşim için binaların yüksekliğinde ki artış kaçınılmaz olmaktadır. Öte yandan büyük kentlerde önemli iş ve ticaret merkezlerinin bulunduğu yerlerde arsa bedellerinin çok yüksek oluşu, teknolojinin gelişmesiyle de gelişen yapı malzeme ve teknikleri, yüksek yapıların inşasını daha kolay ve ekonomik kılmaktadır (Gündüz ve Hasgür, 1996; Özkan, 2010). İstanbul

genelinde 2.390 tane tamamlanmış 171 tane yapımı devam yüksek yapı (100 metre'den yüksek) ile 182 tane gökdelen bulunmaktadır (Emporis, 2015) ve sayıları her geçen yılı artmaktadır.

Warszawski'nin (2003) de belirttiği gibi yüksek yapılar ile ilgili kesin bir tanımlama yoktur. Özgen ve Sev (2000) yüksek yapıları; iç mekan da kullanım alanları oluşturmak amacıyla döşemelerin dikey yönde üst üste istiflendiği, cephesinde yer yer boşlukların bırakıldığı tüp olarak tanımlanmaktadır. Warszawski (2003) ise yüksek yapıları; "yüksekliği özellikle binanın tasarımını, inşaatını ve kullanımını çeşitli yönlerden etkileyen binalardır" diye tanımlamıştır. Emporis (2015) yüksek yapıları yükseklikleri 35 ile 100 metre arası olan yani yaklaşık 12 ile 39 katlı, gökdelenleri ise 100 metreden yüksek binalar olarak tanımlanmaktadır. The Council of Tall Buildings and Urban Habitat (CTBUH) (2015) ise yüksek yapıları genellikle 14 katın veya 50 metrenin üzerindeki binalar olarak tanımlamaktadır. Bunların yanı sıra Türkiye'de üç büyük ilin imar yönetmeliklerinde yüksek yapılar tanımlanmıştır. İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği (2008) yüksek yapıları, "tamamı yer altında olan ve binayı tümü ile kuşatan yüksek yatay rijitlikli çevre perdelerine sahip bodrum katları hariç olmak üzere, en düşük yer seviyesinden itibaren yüksekliği en az 60 metre olan binalardır" (s. 6) diye tanımlamaktadır. Ankara İmar Yönetmeliği (2010) yüksek yapıları; "bina yüksekliği 21,50 metreden veya yapı yüksekliği 30,50 metreden fazla olan binalar yüksek yapı olarak kabul edilir" (s. 19) diye tanımlamaktadır. Bunlara ilaveten İzmir Büyükşehir Belediyesi Yüksek Yapılar Yönetmeliği (2013) ise; "yüksek yapılar genel olarak yakın ve uzak çevresini, fiziksel çevre, kent dokusu ve her türlü kentsel altyapı yönünden etkileyen bir yapı (bina) türüdür. Son kat tavan döşeme kotu 30.80 metreyi ve/veya bodrum kat dahil olmak üzere toplam kat adedi 13'ü aşan (13. kat hariç) yapılar yüksek yapı olarak kabul edilir." (s. 2) diye tanımlamaktadır. Tüm bu tanımlamalarda görüldüğü gibi yüksek yapılar ile ilgili ortak bir tanımlama bulunmamaktadır. Bu çalışmada da yüksekliği 25 metre ile 142 metre (9 ile 47 kat) arasında değişen binalar yüksek yapı olarak kabul edilmiş ve incelenmiştir.

2.2 Literatürde Bina Özellikleri İle Birim Maliyet Arasında Yapılan Çalışmalar

Çalışma kapsamında amaç, binalara ait fiziksel ve geometrik özelliklerin maliyet üzerine etkilerinin incelenmesidir. Bu amaç doğrultusunda öncelikle literatürde daha

önce yapılmış çalışmalarda binalara ait özelliklerin maliyetlere nasıl etki ettiği ortaya konulmaya çalışılacaktır. Çizelge 2.1'de literatürde maliyeti etkileyen bina özellikleri ile ilgili yapılmış çalışmalar ve bu çalışmaların görülme sıklıkları verilmiştir.

Çizelge 2.1 : Maliyete etki eden bina özellikleri.

Sıra	Bölüm	Bina Özelliği	Referans	Yapılan Çalışma Sayısı
1	2.2.1	Yapı Yüksekliği	Steyert (1972), Tregenza (1972), Seeley (1996), Çıracı (1996), Tan (1999), Warszawski (2003), Picken ve Ilozor (2003), Ashworth (2004), Kirkham (2007), De Jong ve Wamelink (2008), Blackman ve Picken (2010).	11
2	2.2.2	Kat Sayısı	Ferry (1970), Tregenza (1972), Flanagan ve Norman (1978), Bathurst ve Butler (1980), Newton (1982), Ferry ve Brandon (1984), Çıracı (1996), Bostancıoğlu (1999, 2006), De Jong ve Wamelink (2008), Harmankaya (2010), Harmankaya ve Tuna (2011).	11
3	2.2.3	Plan Şekli	Steyert (1972), Bathurst ve Butler (1980), Çıracı (1996), Seeley (1996), Wing (1999), Bostancıoğlu (1999, 2006), Ashworth (2004), Kirkham (2007), Ibrahim (2007), Belniak ve diğ. (2013).	10
4	2.2.4	Plan Verimliliği	Steyert (1972), Seeley (1996), Wing (1999), Ashworth (2004), Kirkham (2007), De Jong ve Wamelink (2008).	6
5	2.2.5	Yapı Büyüklüğü	Ferry (1970), Ferry ve Brandon (1984), Seeley (1996), Cox ve Horsley (1996), Çıracı (1996), Ashworth (2004).	6
6	2.2.6	Kat Yüksekliği	Bathurst ve Butler (1980), Çıracı (1996), Seeley (1996), Bostancıoğlu (1999, 2006), Ashworth (2004).	5
7	2.2.7	Daire Büyüklüğü	Steyert (1972), Seeley (1996), Bostancıoğlu (1999, 2006).	3
8	2.2.8	Kat Alanı	Steyert (1972).	1
9	2.2.9	Bodrum Kat Sayısı	Bostancıoğlu (1999, 2006).	1
10	2.2.10	Daire Sayısı	Bostancıoğlu (1999, 2006).	1
11	2.2.11	Saydamlık Oranı	Bostancıoğlu (1999, 2006).	1
12	2.2.12	Standardizasyon	Ashworth (2004).	1
13	2.2.13	Binaları Gruplamak	Ashworth (2004).	1
14	2.2.14	Kalite	Durmuş (1994), Bostancıoğlu (1999, 2006).	1
15	2.2.15	Yükseklik ve Kat Alanı	Karshenas (1984), Chau ve diğ. (2007), De Jong ve Wamelink (2008).	3

Çalışma sırasında literatür araştırması yapılırken özellikle projelerde çalışan personel etkisi, bölgesel faktörler, iklim faktörü, arsa ve imar özellikleri, yasalar ve yönetmelikler gibi koşullar çok değişken olduğundan dikkate alınmamıştır. Bu

koşulları çalışmaya dahil etmemekteki bir diğer nedende, bu kriterlerin binanın yapım yerine bağlı ve tasarımcının müdahale edemediği koşullar olmasıdır.

Çalışmanın bundan sonraki kısımda literatür çalışması sonucunda belirlenen maliyete etki eden fiziksel ve geometrik özellikler detaylı şekilde ayrı ayrı incelenecek ve bu her faktöre ait bölümün sonunda o faktörün maliyet üzerine etkileri genel olarak değerlendirilecektir.

2.2.1 Yapı yüksekliği - Birim maliyet

2.2.1.1 Yapı yüksekliği ile birim maliyet arasında yapılan çalışmalar

Literatürde en çok yapı yüksekliği ile birim maliyet arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalar yapılmıştır. Yapı yüksekliği ile birim maliyetin değişimi arasında iki farklı görüş bulunmaktadır. Bunlardan birincisi, yapı yüksekliğinin artması ile maliyetin doğrudan artacağı (Tregenza, 1972; Seeley, 1996; Çıracı, 1996; Tan, 1999; Warszawski, 2003; Ashworth, 2004; Kirkham, 2007; De Jong ve Wamelink, 2008) ikincisi ise, yapı yüksekliğinin artması ile birim maliyetin U-şeklinde (Steyert, 1972; Picken ve Ilozor, 2003; Blackman ve Picken; 2010), önce azalıp sonra tekrar artacağı yönündedir.

Literatürde birinci görüşe yani yüksekliğin artması ile birim maliyetin artacağı yönünde görüşe sahip olan çalışmaların sayısı daha fazla olmakla birlikte kapsamları sınırlı kalmıştır. Seeley (1996) çalışmasında yüksekliğin maliyet üzerine etkisinin; binanın tipine, formuna ve inşaat metoduna göre değişiklik göstereceğini belirtmiş olsa da Steyert'ın (1972) belirttiği gibi birçok çalışmada yükseklik veya kat sayısı dışındaki bütün tasarım parametreleri genellikle sabit tutulmuştur. Bu kapsamda değerlendirildiğinde Ashworth'te (2004) bir binada yüksekliğin artması ile birlikte maliyetin dört farklı şekilde etkilendiğini söylemiştir. Literatürdeki birçok çalışmada maliyet değişimi Ashworth(2004) tarafından yapılan bu gruplamaya benzer şekilde açıklanmıştır. Bu gruplamaya göre;

1. Yükseklik arttıkça azalan maliyetler (çatı, temel)
2. Yükseklik arttıkça artan maliyetler (asansörler)
3. Yükseklik ile değişmeyen maliyetler (iç kapılar, yer kaplamaları)
4. Yüksekliğin artması ile önce azalan sonra artan maliyetler (dış cephe) (Ashworth, 2004)

Ashworth (2004) tarafından verilen bu gruplamaya uygun olarak Seeley (1996), Warszawski (2003), Ashworth (2004), Kirkham (2007) ile De Jong ve Wamelink (2008) yaptıkları çalışmalarda yapı yüksekliğinin artması ile birlikte artan maliyetleri belirtmişlerdir. Buna göre;

1. Yapı yüksekliğinin artışına paralel olarak yangından korunma maliyetleri artacaktır,
2. Dizayn evresinde ki projelendirme maliyetleri artacaktır,
3. Düşey taşıma (yük asansörü ve vinç) ve betonu imalat sırasında yüksek katlara pompalama maliyetleri ile bunlara bağlı olarak operatör maliyetleri artacaktır,
4. Yapı yüksekliği ile ortaya çıkabilecek kazık vb. gibi zemin iyileştirme ve güçlendirmeleri maliyetleri arttıracaktır,
5. Yüksek yapılarda düşey taşıma nedeniyle, özellikle asansör ve merdiven maliyetleri artacaktır,
6. Mekanik tesisat ve havalandırma için gerekli olan pompa, tank vb. ekipmanların kapasitelerinin artacak olmasından dolayı maliyet artacaktır,
7. Elektrik tesisatı ve aydınlatma sistemleri yükseklik arttıkça daha karmaşık hale geleceğinden maliyetleri artacaktır,
8. Yapı yüksekliği arttıkça taşıyıcı sistem boyutlarının artması kaçınılmaz olduğundan maliyet artacaktır,
9. Yüksek katlarda artacak rüzgar etkisinden dolayı iş güvenliği maliyetleri ile hava koşullarının daha da ağırlaşmasından dolayı oluşacak performans kayıplarından dolayı maliyetler artacaktır,
10. Alt yüklenici bulunmasındaki zorluklara ve iş kalemlerinin maliyetlerindeki artıştan dolayı maliyetler artacaktır (Seeley, 1996; Warszawski, 2003; Ashworth, 2004; Kirkham, 2007).

Yüksekliğin artışı ile birlikte maliyetleri artan kalemlerin tersi olarak Seeley (1996) ve Warszawski (2003) aşağıda sıralanan kalemlerin maliyetlerinin de azalacağını belirtmişlerdir;

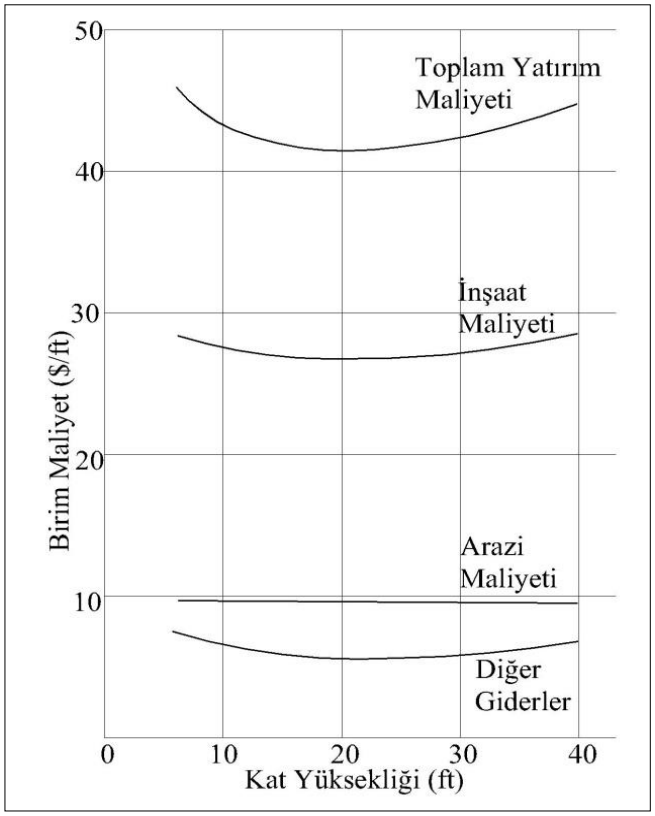
1. Birim alana düşen duvar, döşeme ve çatı maliyetleri azalacaktır,
2. Temel birim maliyeti genel olarak kat sayısı arttıkça azalacaktır,
3. Kapsamın genişlemesi ile kontrat süreçlerinde daha büyük indirimler alınarak, malzeme maliyetleri azalacaktır,

4. Kat sayısının artması ile öğrenmenin artışı ve dolayısıyla yükseklik arttıkça işçilik maliyelerinin azalması, (Seeley, 1996; Warszawski, 2003)

Ashwort (2004) çalışmasında yer ve tavan kaplama işlerine ait birim maliyetlerin yüksekliğin artması ile değişmeyeceğini fakat dış cephe maliyetlerinin U şekilinde bir değişim göstereceğini söylemiştir. Ashworth'ten (2004) farklı olarak Kirkham (2007) ile De Jong ve Wamelink (2008) çalışmalarında yüksekliğin artışına bağlı olarak dış cephe maliyetlerinin doğrudan artacağını belirtmişlerdir.

Sonuç olarak yükseklik ile birim maliyetin artacağını öngören çalışmalarda özellikle arsa maliyetinin yüksek olduğu bölgelerde binaları yükseltmenin bu farkı çok daha ekonomik şekilde karşılayabileceği belirtilmiştir (Tregenza, 1972; Warszawski, 2003; Ashworth, 2004; Kirkham, 2007). Ayrıca Kirkham (2007) yüksek yapıların işletme maliyetlerinin de dış cephe temizliği, asansörlerin bakımı, boya vb. nedenlerden dolayı yüksek olacağını belirtmiştir.

İkinci görüşe yani yüksekliğin artması ile birlikte birim maliyetin U şeklinde değişeceği yönünde görüşe sahip olanların sayısı daha sınırlı kalmıştır (Steyert, 1972; Picken ve Ilozor, 2003; Blackman ve Picken; 2010). Fakat bu çalışmaların birçoğunda yapı yüksekliği ile salt birim maliyetin değişimi incelenmemiş, bunun yanı sıra diğer imalat kalemlerinin de yükseklik ile olan ilişkileri araştırılmıştır (Steyert, 1972; Blackman ve Picken, 2010). Steyert (1972) yaptığı çalışmada kat sayısı dışındaki bütün tasarım parametrelerini sabit tutarak 6, 17 ve 40 katlı binalarda birim maliyetin ve imalat kalemlerinin yükseklik ile değişimini incelemiştir. Çalışmasında kullandığı binaların kat planları birbirine benzer ve kat taban alanları da yaklaşık eşit büyüklüktedir. Steyert (1972) toplam birim maliyet ile yükseklik arasındaki ilişkinin U şeklinde olduğunu belirtmiştir (Şekil 2.1). Maliyetlerdeki artışın büyük oranda asansör, betonarme kolonların artması ve kesitlerinin büyümesi, rüzgar yükü ve işçilik maliyetlerinin artmasından kaynaklandığını söylemiştir (Steyert, 1972).



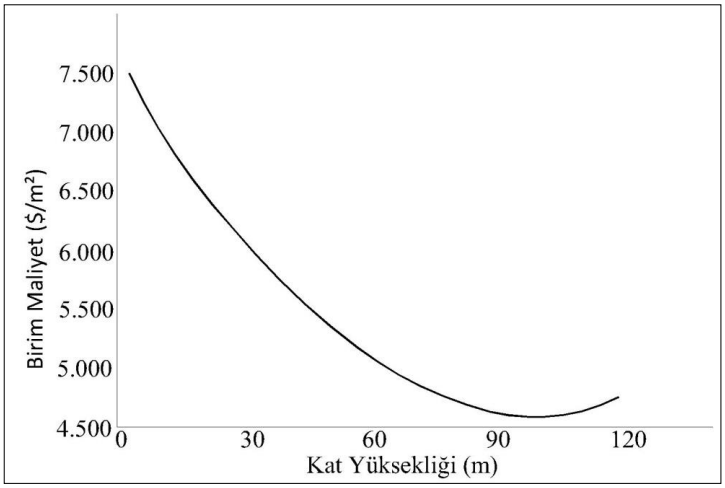
Şekil 2.1 : Toplam maliyet – Yükseklik (Steyert, 1972).

Picken ve Ilozor (2003) Hong Kong'ta yapıkları çalışmada yapı yüksekliği ile birim maliyet arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Çalışmada tamamı özel sektörden, taşıyıcı sistemleri betonarme ve konvansiyonel kalıp sistemi ile yapılmış 3 ile 39 kat arası 24 adet bina kullanmışlardır. Binaların yükseklikleri 9,45 m ile 112,0 m arasında, toplam inşaat alanları ise 355 m^2 ile 44.678 m^2 arasında değişmektedir. Maliyet çalışması için kullanılan veriler danışman şirketlerden alınmış ve tümü 2001 yılına göre adapte edilmiştir. Çalışmada regresyon analizi yöntemi kullanmışlar ve kullandıkları 24 binaya ait kat sayısı, toplam inşaat alanı, yükseklik ve birim maliyet verileri Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 2.2 : Picken ve Ilozor'un (2003) çalışmasındaki binalara ait veriler.

Proje	Kat Sayısı	Brüt Alan (m^2)	Yükseklik (m)	Birim Maliyet (HKD/m^2)
1	3	355	9,45	6.054
2	3	753	10,72	5.590
3	4	1.160	15,70	9.248
4	4	3.590	13,85	6.664
5	4	3.593	10,64	5.905
6	6	1.880	18,28	8.571
7	7	2.047	30,00	6.413
8	7	4.180	27,40	5.412
9	16	6.841	43,00	4.244
10	16	10.330	47,30	5.752
11	19	7.470	53,80	7.078
12	24	28.130	72,96	2.946
13	30	11.329	90,00	5.911
14	31	16.265	84,45	2.811
15	34	15.314	98,00	6.946
16	35	21.121	94,10	4.034
17	36	19.560	107,80	5.391
18	36	21.831	108,50	6.994
19	36	35.288	98,50	3.648
20	37	42.745	111,55	3.984
21	37	42.849	112,00	3.837
22	37	43.258	111,55	4.495
23	39	42.302	108,20	3.946
24	39	44.678	107,35	3.978

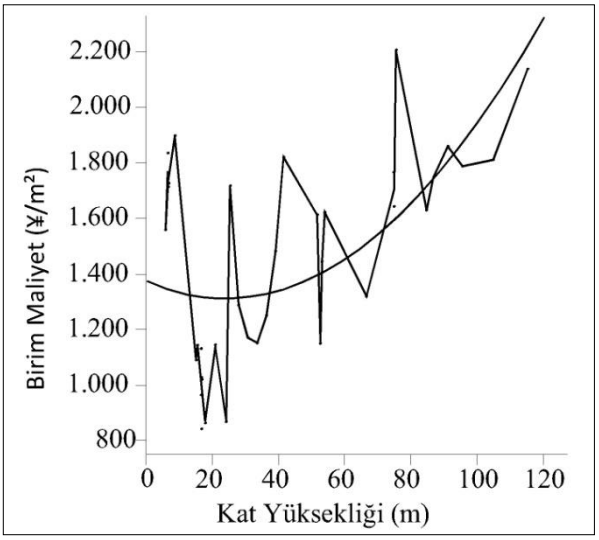
Çalışma sonucunda Şekil 2.2'de verildiği gibi determinasyon katsayısı (r^2) 0,32 olan U şeklinde ikinci derece polinomil eğri elde etmişlerdir. ($y=0,2963x^2-59,056x-7552$) Buldukları eğriye göre birim maliyet yüksekliğin artması ile önce azalan, yüksekliğin yaklaşık 100 m'yi yani 30 katı geçmesi ile de artan bir eğilim göstermektedir.



Şekil 2.2 : Yükseklik – Birim maliyet (Picken ve Ilozor, 2003).

Maliyetin en düşük olduğu nokta olarak yüksekliğin 100 m'ye ulaştığı nokta gözükse de çalışma kapsamında 108 m'den yüksek bina olmayışı özellikle bu yükseklikten sonraki binalarında incelenmesi gerektiğini ortaya çıkarmıştır.

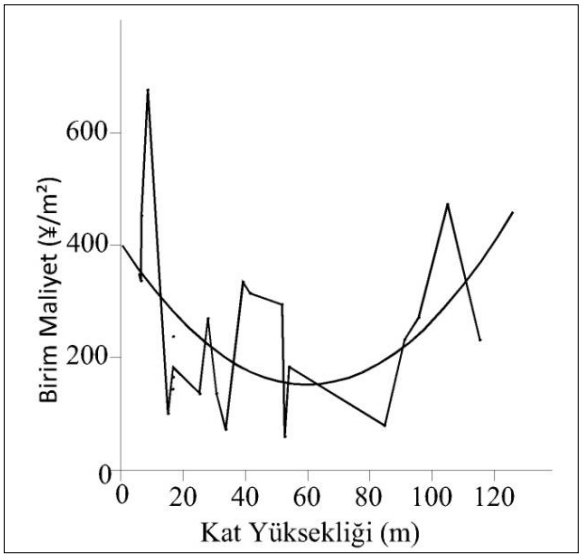
Picken ve Ilozor'un (2003) Honk Kong'ta yaptıkları çalışmanın devamı niteliğinde olan Blackman ve Picken'ın (2010) Şangay'da yaptıkları çalışma, bina yüksekliği ile birim maliyet arasındaki ilişkiyi en detaylı şekilde inceleyen çalışmaların başında gelmektedir. Blackman ve Picken (2010) yaptıkları araştırmalar da yükseklik ile birim maliyetin farklı yerlerde farklı şekillerde değiştiğini belirlemişlerdir. Daha önceki çalışmalarda imalat kalemleri bazındaki birim maliyetlerin değişiklikler gösterdiğini, bazılarının yükseklik ile toplam birim maliyet arasındaki ilişkiye benzer bazılarının ise çok farklı olduğunu belirtmişlerdir. Bu kapsamda tamamı Şangay'da yapılmış olan çok katlı binalar üzerinde bina yüksekliğinin değişimi ile toplam birim maliyet ve imalat kalemleri bazında birim maliyetlerin değişimini incelemişlerdir. Daha önceki çalışmalara benzer olarak bu çalışmada da regresyon analizleri kullanılmıştır. Çalışmada 2000 ile 2007 yılları arasında Şangay'da yapılmış ve tamamlanmış 36 adet 2 ile 37 katlı binaya ait bina yüksekliği, kat sayısı, toplam brüt inşaat alanı ve brüt inşaat alanı başına maliyeti verileri kullanılmıştır ve tüm maliyet çalışmaları 2007 yılına göre normalize edilmiştir. Şekil 2.7'den görüleceği gibi Steyert'ın (1972) ve Picken ve Ilozor'ın (2003) yaptıkları çalışmalara benzer olarak yükseklik ile birim maliyet arasında denklemi $y=0{,}110x^2-5{,}334x+1.375{,}471$ ve determinasyon katsayısı (r^2) 0,369 olan U şeklinde bir ilişki bulmuşlardır. Grafiğe göre birim maliyet başlangıçta yüksekliğin artması ile azalmakta, yüksekliğin 24 m olması ile minimum olmakta ve bu değerin üzerinde de artmaktadır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 : Yükseklik – Birim maliyet (Blackman ve Picken, 2010).

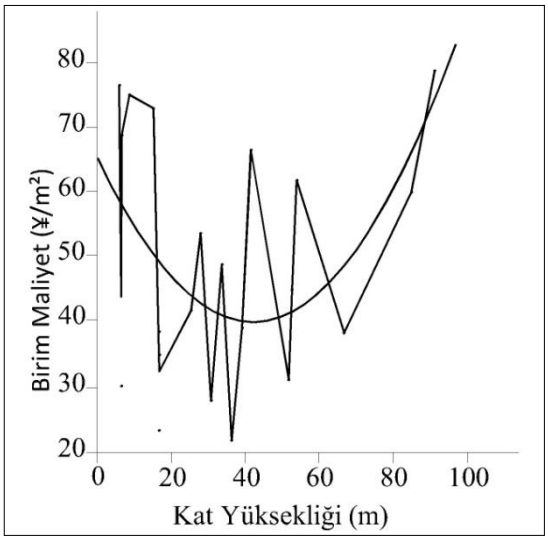
Bu üç çalışmada da minimum noktaları birbirinden farklı olsa da birim maliyetin yükseklik ile U şeklinde bir değişim gösterdiği gözlemlenmiştir. Fakat bu çalışmalardaki verilerin belirli bir aralıkta kalması ve taşıyıcı sistemlerinin geleneksel metotlar ile yapılmış olması çalışmaların kapsamının genişletilmesi gerekliliğini ortaya koymuştur.

Bu çalışma ile birlikte Steyert (1972) ile Blackman ve Picken (2010) çalışmalarında imalat kalemlerine ait maliyetlerin yükseklik ile değişimlerini de ayrı ayrı incelemişlerdir. Blackman ve Picken (2010) kaba inşaat işlerine ait maliyetleri temel ve bodrum katlar ile normal katlar olmak üzere iki grupta incelemiş ve her ikisinin birim maliyetlerinin Steyert'ın (1972) çalışmasına benzer olarak U şeklinde değiştiğini söylemişlerdir. Blackman ve Picken (2010) 22 bina ile yaptıkları regresyon analizinde (r^2=0,221, $y=0{,}070x^2-8{,}375x+403{,}194$) temel ve bodrum katlar inşaat işleri birim maliyetinin bina yüksekliğinin artması ile toplam birim maliyete benzer U şeklinde bir değişim gösterdiğini ve yüksekliğin 60 m olması ile birim maliyet minimum değerini aldığını söylemişlerdir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 : Yükseklik – Temel ve bodrum katlar inşaat işleri toplam birim maliyeti (Blackman ve Picken, 2010).

Yine aynı çalışmada normal katlar inşaat işleri birim maliyeti ile yükseklik arasında yükseklik ile toplam birim maliyete benzer U şeklinde (r^2=0,268, $y=0{,}014x^2-1{,}219x+35{,}396$) bir değişim gösteren bir ilişki bulmuşlardır. Bu analizde yüksekliğin 43,5 m olması ile birim maliyet minimum değerini almaktadır (Şekil 2.5).

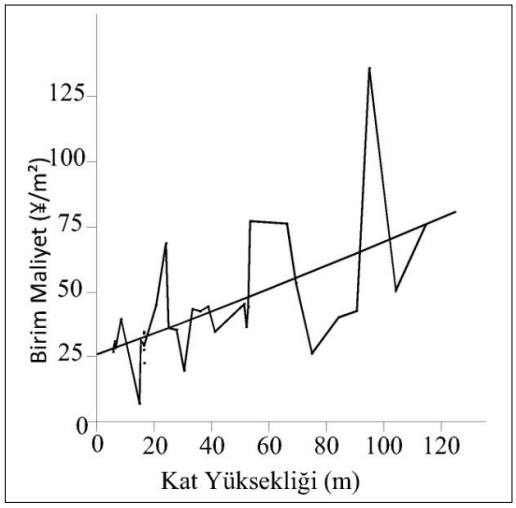


Şekil 2.5 : Yükseklik – Normal katlar kaba inşaat işleri birim maliyeti (Blackman ve Picken, 2010).

Steyert (1972) taşıyıcı sistemdeki maliyet artışlarını özellikle yüksekliğin artması ile artan rüzgar yükünün neticesinde olduğunu belirtmiştir. Buna ilaveten taşıyıcı sistemdeki kolon maliyetlerinin artışını rüzgar yükünün artışı ile açıklarken kirişlerdeki maliyet artışını da özellikle yüksek binalarda büyüyen şaftlara ve bunları taşımak için kiriş boyutlarının da büyümesinden kaynaklandığını söylemiştir.

Döşemelerdeki birim fiyat artışını ise özellikle çok katlı yapılarda kullanılamayan ve kaybedilen alanlardan olduğunu belirtmiştir. Kalıp malzeme maliyetinin yüksekliğin artması ile U şeklindeki değiştiğini ve önce azaldığını daha sonra tekrar arttığını, aynı şekilde işçilik (alt yüklenici) maliyetinin de yüksekliğin artışı ile önce azaldığını daha sonra düşey taşıma zorluklarından dolayı arttığını belirtmiştir. Fakat yüksekliğin artması ile özellikle hafriyat, temel, çatı gibi maliyetlerin azaldığını bunun sebebinin de her bir kalemin toplam maliyetinin yüksekliğin artması ile artan brüt inşaat alanı oranında artmayışından kaynaklandığını belirtmiştir (Steyert, 1972).

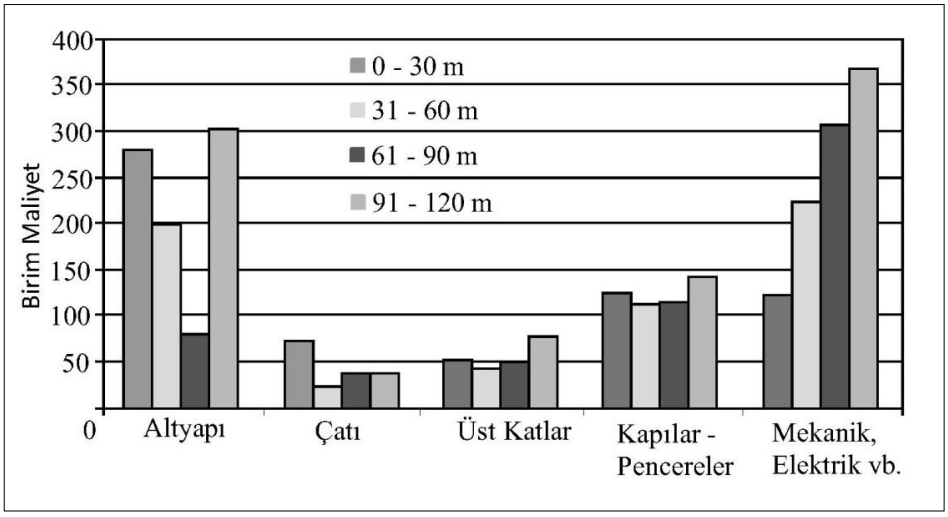
Steyert (1972) havalandırma tesisatının maliyetinin yükseklik ile arttığını, bu artışın düşey borulamaların ve merkezi sistemlerin büyümesi ile açıklamıştır. Buna karşılık Steyert (1972) Sıhhi tesisat işlerinin ise yükseklikten etkilenmediğini söylemiştir. Fakat Blackman ve Picken (2010) 33 bina üzerinden yaptıkları çalışmada (r^2=0,347, y=0,402x+25,759), yüksekliğin artması ile sıhhi tesisat işlerinin birim maliyetinin çalışmasında yapmış olduğu tüm analizlerden farklı olarak doğrusal şekilde arttığını belirtmişlerdir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6 : Yükseklik – Sıhhi tesisat işleri birim maliyeti (Blackman ve Picken, 2010).

Steyert (1972) çalışmasında elektrik işlerinin birim maliyetinin yüksekliğin artması ile arttığını bunun nedenini de artan düşey ana hatlara ve buna bağlı olarak artan işçilik maliyetlerine bağlamıştır. Buna karşılık Blackman ve Picken (2010) ise 34 bina üzerinden yaptıkları çalışmada (r^2=0,235, y=-0,012x^2+1,873x+34,910) elektrik işlerinin birim maliyetinin ters U şeklinde bir eğilim gösterdiğini belirtmişlerdir. Blackman ve Picken (2010) çalışmalarında kullandıkları regresyon analizleri dışında

her bir imalat kaleminin birim maliyetinin değişimini görebilmek için De Jong ve Wamelink'in (2008) oluşturduklarına benzer bir grafik oluşturmuşlardır (Şekil 2.7). Buna göre binaları yüksekliklerine göre 4 farklı şekilde (0-30 m, 31-60 m, 61-90m, 91-120 m) gruplandırmışlar ve her bir gruba düşen binaların imalat kalemi bazında ortalama birim maliyetlerini hesaplamışlardır. Şekil 2.7'deki gibi imalat bazında temel ve bodrum katlar kaba inşaat, çatı, normal katlar kaba inşaat, kapı ve pencere işleri birim maliyetleri U şeklinde bir eğilim gösterirken, diğer işlere ait birim maliyetler yükseklikle birlikte doğrusal şekilde artmaktadır.



Şekil 2.7 : Yükseklik bazında ortalama imalat kalemi birim maliyeti (Blackman ve Picken, 2010).

2.2.1.2 Bölüm değerlendirmesi

Literatürde bina maliyetine etkileyen fiziksel ve geometrik özelliklerinden en çok araştırılanı yapı yüksekliğidir. Yetmişli yılların başından itibaren yapı yüksekliği ile maliyetin değişimi arasında çok çeşitli çalışmalar yapılmış ve bu araştırmalar da binalara ait maliyet hesapları yapılırken Warszawski'nin (2003) belirttiği gibi iki farklı metot kullanılmıştır; (1) örnek binalar, (2) model binalar. Yapılan çalışmalarda genel olarak yapı yüksekliğinin artması ile bina birim maliyetinin artacağı öngörülse de özellikle daha kapsamlı yapılmış çalışmalarda bu değişimin U şeklinde yani yüksekliğin artması ile önce belirli bir noktaya kadar azalan, daha sonra tekrar artan yönde olduğu belirtilmiştir. Özellikle birbirinin devamı niteliğinde olan Picken ve Ilozor'un (2003) Hong Kong'da yaptıkları çalışma ile Blackman ve Picken'ın (2010) Şangay'da yaptıkları çalışmalarda bina yüksekliği arttıkça birim maliyetin önce azaldığı daha sonra yüksekliğin ilkinde 100 m'yi geçmesi, ikincisinde ise 24 m'yi geçmesi ile arttığı belirtilmiştir.

2.2.2 Kat Sayısı - Birim Maliyet

2.2.2.1 Kat sayısı ile birim maliyet arasında yapılan çalışmalar

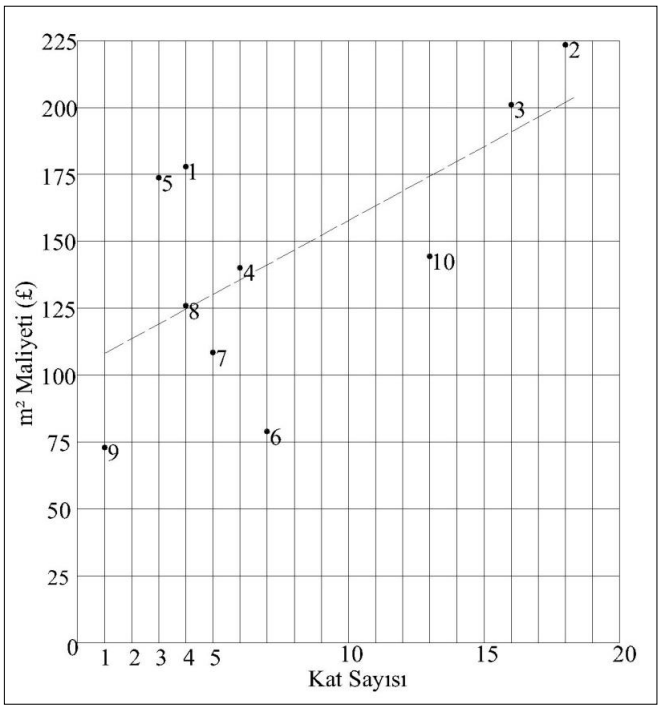
Kat sayısı literatürde binalara ait fiziksel özellikler ile maliyet arasındaki ilişkinin incelenmesi açısından en çok araştırılan özelliklerin başında gelmektedir. Kat sayısı toplam bina yüksekliğinden farkı olarak, kat yüksekliğinin maliyete olan etkisini ortadan kaldırmaktadır. Yapı yüksekliğindekine benzer olarak, kat sayısı ile birim maliyetin değişimi arasında iki farklı görüş bulunmaktadır; (1) kat sayısının artması ile birim maliyetin doğrudan artacağı (Ferry, 1970; Tregenza, 1972; Bathurst ve Butler, 1980; Ferry ve Brandon, 1984) (2) kat sayısının artması ile birim maliyetin U-şeklinde, önce azalıp sonra tekrar artacağı (Flanagan ve Norman, 1978; Newton, 1982; Çiracı, 1996; Harmankaya, 2010; Harmankaya ve Tuna, 2011). Bunların yanı sıra kat sayısı ile birim maliyet ters orantılı olarak değiştiğini söyleyen bir tane çalışma bulunmaktadır. Bostancıoğlu (1999, 2006) yaptığı çalışmalarda kat sayısı arttıkça m^2 başına birim maliyetin azaldığını söylemiştir (Çizelge 2.3).

Çizelge 2.3 : Kat sayısı birim maliyet ilişkisi (Bostancıoğlu, 1999, 2006).

Kat Sayısı	Birim Maliyet (TL/m^2)
3 Katlı	5.993.930
4 Katlı	5.674.855
5 Katlı	5.536.190
6 Katlı	5.528.140
7 Katlı	5.457.275
8 Katlı	5.409.045
9 Katlı	5.406.760
10 Katlı	5.386.400

Bostancıoğlu (1999, 2006) birim maliyetteki bu düşüşü kat sayısının artması ile değişen hafriyat, blokaj ve grobeton işleri, temel inşaat işleri, yalıtım işleri ve çatı imalatları gibi imalatların kat sayısı arttıkça sabit kalacağını bunun neticesinde yükseklik arttıkça daha fazla inşaat alanı tarafından kullanılacağından birim maliyetlerinin azalacağını ifade etmiştir (Bostancıoğlu, 1999, 2006). Bunun tam tersi olarak da Ferry (1970) ile Ferry ve Brandon (1984) dört katlı bina yerine altı katlı bina yapmanın yani kat sayısını arttırmanın daha maliyetli olacağını ve genel kural olarak da yüksek katlı bina yapmanın maliyetleri daha da arttıracağını belirtmişlerdir

(Ferry, 1970; Ferry ve Brandon, 1984). Tregenza'da (1972) benzer şekilde binadaki kat sayısı arttıkça kullanılabilir kat alanının azalacağını bunun neticesinde de kullanılabilir alan başına gelen birim maliyetin artacağını söylemiştir. Bir başka deyişle kat sayısının artması ile birlikte kat alanı başına düşen birim maliyetin arttığını belirtmiştir (Şekil 2.8).



Şekil 2.8 : Kat sayısı – Birim alan başına düşen maliyet (Tregenza, 1972).

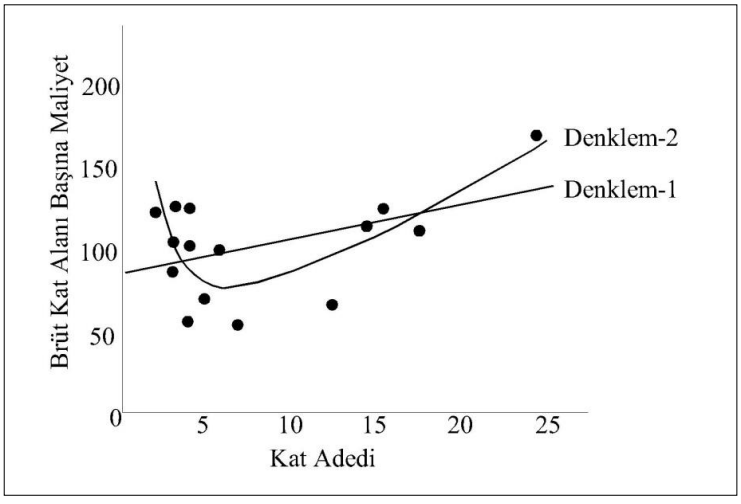
Kat sayısının artması ile birim maliyetin artacağı yönündeki çalışmaların en kapsamlısı ise Bathurst ve Butler (1980) tarafından yapılmıştır. Bathurst ve Butler (1980) bina yüksekliği arttıkça birim maliyetteki artışı taşıyıcı sistem kesitlerinin büyümesine, zorunlu hale gelen yangın sistemlerine, artan asansör kapasitelerine ve daha fazla artan vinç maliyetlerinden kaynaklandığını belirtmiştir. Yaptıkları çalışmalarında iş kalemlerinin maliyetlerini kat sayısının artmasına bağlı olarak ayrı ayrı değerlendirmişlerdir. Buna göre;

1. Temel inşaat işleri: kat sayısının artması ile birlikte temel boyutları artsa da artan inşaat alanından dolayı temel inşaat işlerinin birim maliyet azalmaktadır.
2. Kaba inşaat işleri (Taşıyıcı sistem): kat sayısının artması ile birlikte kaba inşaat işleri maliyeti iki nedenden dolayı artmaktadır;
    a. Kat sayısının artması ile binadaki kiriş miktarının artması,

b. Kat sayısının artması ile artacak olan yüklerden dolayı kolonların kesitlerinin büyümesi.

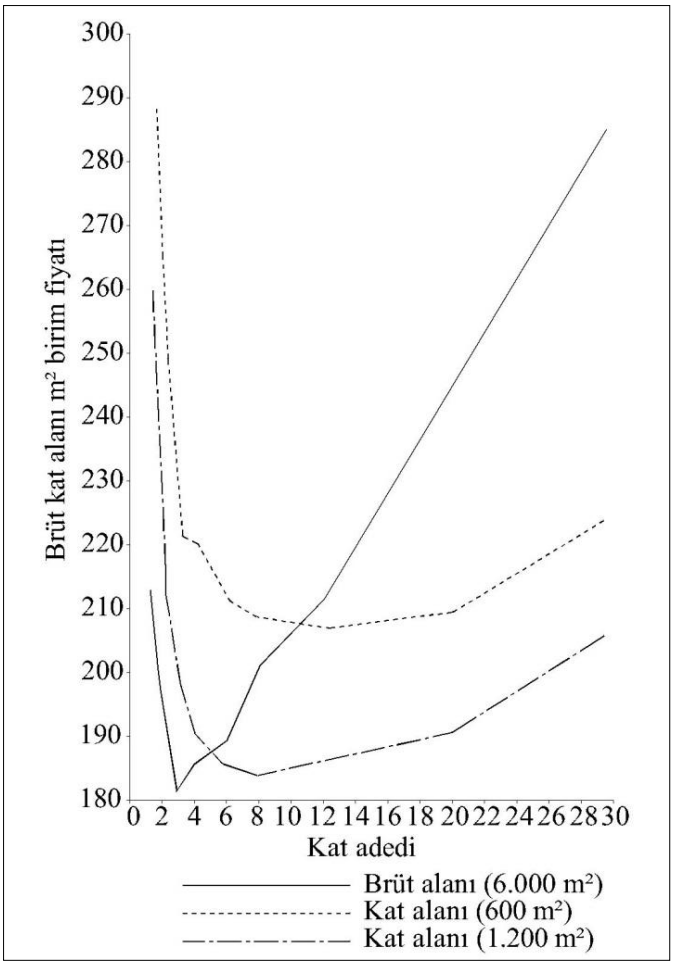
3. Normal katlar: normal katların alanının toplam alana oranına göre değişiklik göstermektedir ve bina büyüdükçe artmaktadır.
4. Çatı işleri: çatı maliyeti de normal katlar gibi binanın büyüklüğünden etkilenirken, tam tersi olarak bina büyüdükçe birim maliyeti azalmaktadır.
5. Merdivenler: merdiven maliyetleri iki ve daha yüksek katlı binalar için sabit kalmaktadır.
6. Dış duvarlar, pencereler ve kapılara ait maliyetler hem plan şeklinden hem de binanın büyüklüğünden etkilenmektedir. Küçük binaların dış cephe işlerinin birim maliyeti, daha büyük binalara göre daha fazla olmaktadır.
7. Mekanik işler: özellikle üç ve daha fazla katlı binalarda asansöründe yapılması ile birlikte maliyet artmaktadır. Fakat kat sayısı daha da artış gösterdikçe tam tersi olarak birim maliyet azalmaktadır.

Birim maliyetin kat sayısı ile doğrudan artacağı yönündeki çalışmalardan farklı olarak Flanagan ve Norman (1978) 1964 ile 1975 yılları arasında yapılmış 15 ofis binasının verisini kullanarak yaptıkları çalışmada birim maliyet ile kat sayısı arasındaki ilişkiyi hem doğrusal hem de U şeklinde iki grafik ile (denklem-1, denklem-2) tanımlamışlardır (Şekil 2.9). Denklem-1 %20 oranında kat sayısı ile birim maliyet arasındaki ilişkiyi açıklarken, denklem-2 aynı ilişkiyi %54 oranında açıklamıştır. Bu sonuç neticesinde, kat sayısı ile birim maliyet arasında denklem-2'deki gibi U şeklinde bir ilişkinin olduğunu öne sürmüşlerdir (Flanagan ve Norman, 1978).



Şekil 2.9 : Kat sayısı – Birim maliyet (Flanagan ve Norman, 1978).

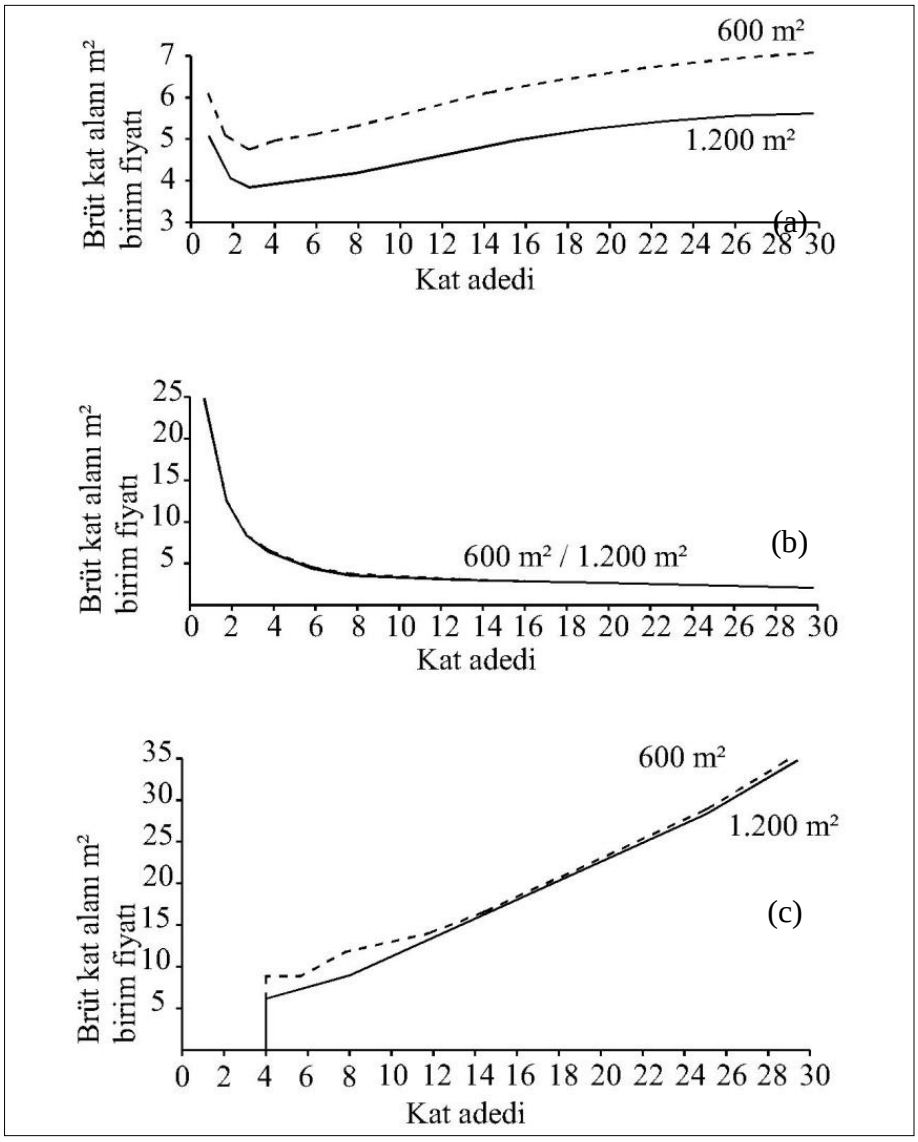
Newton (1982) hem yapı yüksekliği hem de kat sayısı ile maliyet arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmaların birçoğunda referans olarak alınan çalışmasında 1 ile 30 katlı, kat alanları 600 m^2 ile 1.200 m^2 ve toplam brüt alanı 6.000 m^2 olan binalarda kat sayısı ile birim maliyet arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Newton (1982) çalışmasında kat sayısı ile birim maliyet arasında U şeklinde bir ilişki bulmuştur Bununla birlikte binalarda kat alanının azalması ile birim maliyetin daha hızlı şekilde arttığını belirtmiştir. Bir başka deyişle büyük kat alanına sahip binaların birim maliyetinin daha düşük olmasına rağmen, yüksekliğin artışı ile birlikte birim maliyetteki artışın daha fazla olduğunu eklemiştir (Şekil 2.10).



Şekil 2.10 : Kat sayısı – Birim maliyet (Newton, 1982).

Newton (1982) yaptığı çalışmada ayrıca iş kalemleri bazında da kat sayısı ile birim maliyet ilişkisini incelemiştir. Temel ve bodrum katlar betonarme inşaat işleri ile birim maliyet arasında yine U şeklinde bir grafik elde etmiştir (Şekil 2.11.a). Bu çalışmasında da kat alanı küçük olan binalarda birim maliyet daha yüksek olmuştur. Bunun tam tersi olarak da çatı maliyeti kat sayısının artması ile birlikte azalmaktadır

ve kat alanının etkisi maliyet üzerine yok denilecek kadar az olmaktadır (Şekil 2.11.b). Newton (1982) ayrıca asansör maliyetinin de kat sayısı ile değişimini incelemiş ve her iki kat alanına sahip binada da maliyetin benzer biçimde artığını söylemiştir (Şekil 2.11.c).



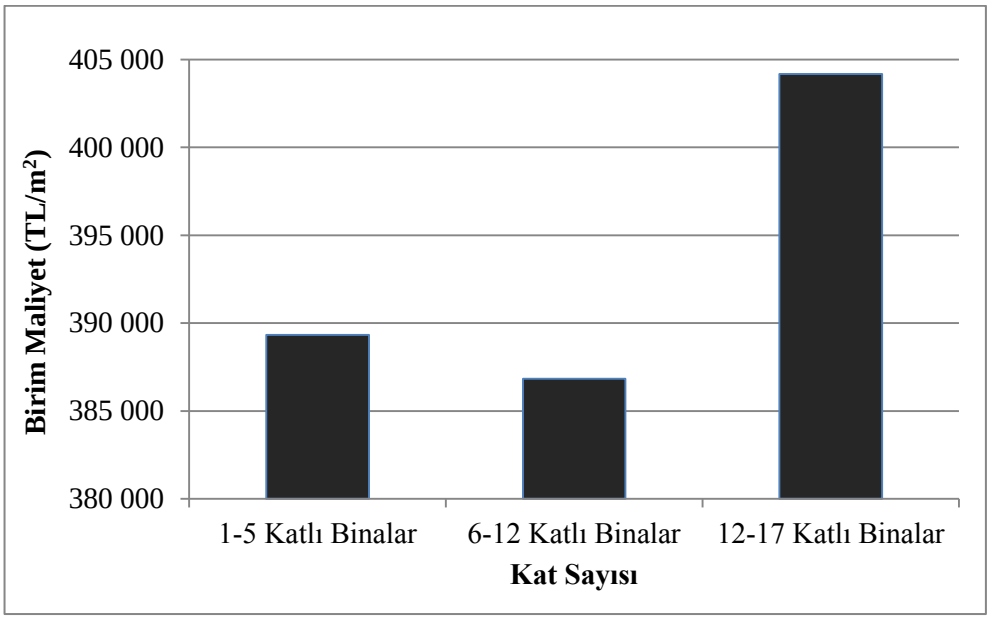
Şekil 2.11 : Kat sayısı – (a) Temel ve bodrum katlar birim maliyeti. (b) Çatı işleri birim maliyeti. (c) Asansör işleri birim maliyeti (Newton, 1982).

Çıracı'da (1996) bina maliyetlerini Çizelge 2.4'deki gibi gruplandırmış ve hem bina toplam maliyeti hem de alt maliyet grupları için yükseklik ile birim maliyetin değişimini incelemiştir.

Çizelge 2.4 : Maliyet dağılımları (Çiracı, 1996).

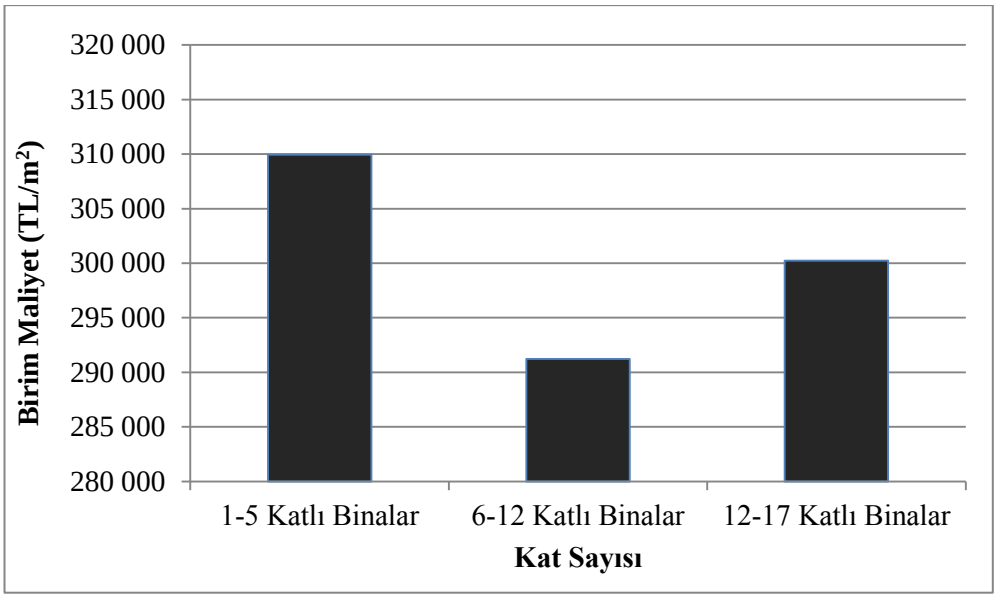
Maliyet	Maliyet Grubu
Bina Toplam Maliyeti	İnşaat İşleri Maliyeti
	Tesisat İşleri Maliyeti
	Sabit Donanımlar
	Diğer Maliyetler

Çıracı (1996) yaptığı çalışmada binaları maliyet grupları ile birlikte kat sayılarına göre 1 - 5 katlı, 6 - 12 katlı ve 12 - 17 katlı olmak üzere üç gruba ayırmış. Şekil 2.12'de bu üç gruba ait brüt kat alanına göre toplam birim maliyet değerlerinin ortalamaları görülmektedir. Kat sayısının artışı ile birlikte bina toplam birim maliyeti U şeklinde bir değişim göstermektedir.



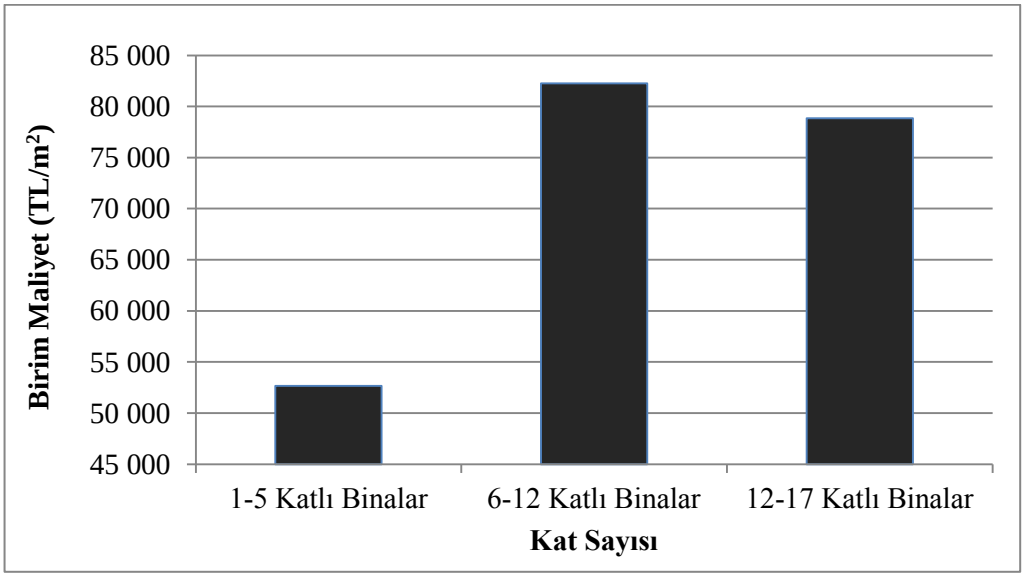
Şekil 2.12 : Kat sayısı – Bina toplam birim maliyeti (Çıracı, 1996).

Bina toplam birim maliyetine benzer biçimde inşaat işleri birim maliyeti de kat sayısına bağlı olarak U şeklinde bir değişim gösteriştir (Şekil 2.13).



Şekil 2.13 : Kat sayısı – İnşaat işleri birim maliyeti (Çıracı, 1996).

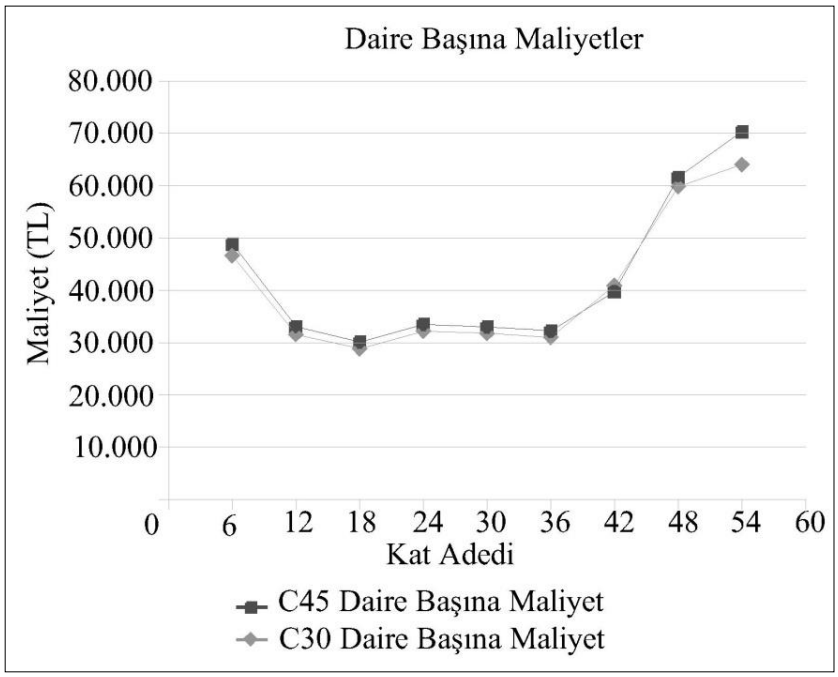
Toplam bina ve inşaat işleri birim maliyetlerinden farklı olarak tesisat işlerine ait birim maliyet kat sayısının artışı ile Şekil 2.14'deki gibi önce artan sonra azalan bir eğilim göstermemektedir.



Şekil 2.14 : Kat sayısı – Tesisat işleri birim maliyeti (Çıracı, 1996).

Tünel kalıp sitemleri ile yapılmış ender çalışmalardan olan Harmankaya (2010) ile Harmankaya ve Tuna (2011) yaptıkları çalışmalarda iki ayrı beton sınıfına göre kat sayısı ile daire başına birim maliyetin değişimini incelemişlerdir. Çalışmada birim maliyeti hesaplamak için inşaat alanı yerine daire sayısını kullanmışlar ve daire başına birim maliyeti elde etmişlerdir. Şekil 2.15'de maliyetin kat sayısının artışı ile birlikte U şeklinde değiştiği gözükmektedir. Bunun nedeni olarak da kat miktarının

belirli bir değerin üstünde artması durumunda taşıyıcı sistem perde duvar kalınlıklarının ve temel boyutlarının artışına bağlı olarak maliyetlerinde büyük oranda artış göstermesini göstermektedirler. Az katlı binalarda birim maliyetin yüksek olmasının nedenini ise birim alana düşen kalıp maliyetinin yüksek olması olarak açıklamışlardır. Çalışmalarında en düşük birim maliyeti 18 katlı binada elde etmişlerdir.



Şekil 2.15 : Kat sayısı – Daire başına düşen maliyet (Harmankaya, 2010).

2.2.2.2 Değerlendirme

Yapı yüksekliğinin maliyet üzerine etkisinde olduğu gibi kat yüksekliğinin maliyet üzerine etkisi ile ilgili literatürde birbirinden farklı görüşler bulunmaktadır. Yapı yüksekliğindeki sonuçlardan farklı olarak bina kat sayısının artması ile birim maliyetin düşeceği yönünde yapılmış çalışmalar da bulunmaktadır. Bostancıoğlu (1999, 2006) kat sayısının artması ile birim maliyetteki düşüşü hafriyat, temel, çatı ve bunlara bağlı imalatların miktarlarının sabit kalmasına ve buna karşılık kat sayısının artması ile artan inşaat alanına bağlamıştır. Bunun dışındaki çalışmalarda yapı yüksekliğine benzer olarak, kat sayısının artması ile maliyetin iki faklı şekilde değişeceği belirtilmiştir. Kat sayısının artması ile maliyetin doğrudan artacağı ve aynı yapı yüksekliğinde olduğu gibi kat sayısının artması ile birim maliyetin U şeklinde değişeceği yönünde çalışmalar bulunmaktadır. Fakat kat sayısı ile maliyet

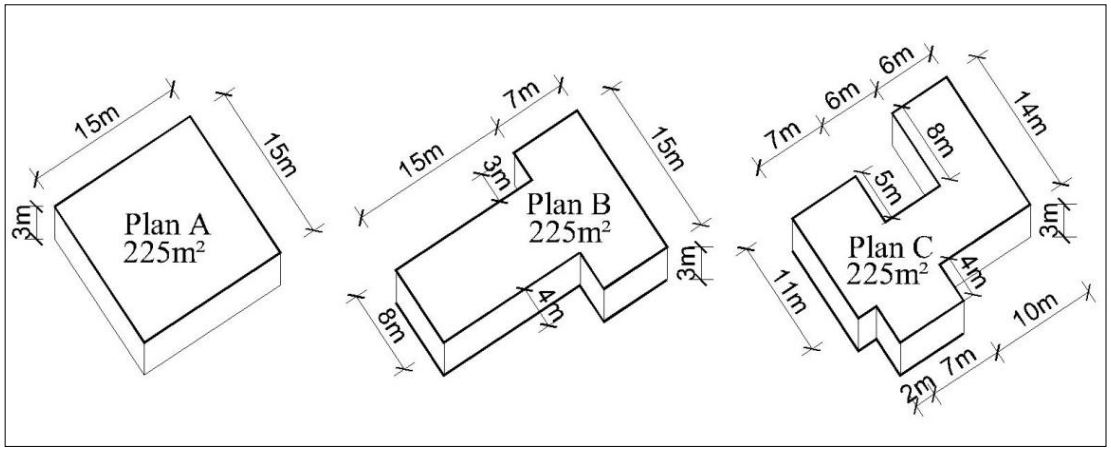
arasındaki çalışmaların hiçbiri yükseklik ile maliyet arasında yapılmış olan çalışmalar kadar kapsamlı olmamıştır.

2.2.3 Plan Şekli – Birim Maliyet

2.2.3.1 Plan şekli ile birim maliyet arasında yapılan çalışmalar

Wing (1999) yaptığı çalışma ile plan şeklinin maliyet üzerine etkilerinin bilinmesinin tasarım evrelerinde kararların alınması açısından önemli olduğunu belirtmiştir. Buna ilaveten de plan şeklinin etkilendiği özelliklerin ve bunların maliyete etkilerinin de belirlenmesi gerektiğini eklemiştir. Ibrahim (2007) çalışmasında bina maliyetinin yer, birim fiyatlar, bina tipi, yapı yüksekliği, kalite ve yapım teknolojileri gibi birçok etkenden etkilendiğini, aynı zamanda plan şekli ve büyüklüğünün de maliyeti etkileyen en önemli parametrelerden olduğunu belirtmiştir. Ferry ve Brandon (1984), Seeley (1996), Chau (1999), Wing (1999) ve Ibrahim (2007) pratik olarak çok önemli olsa da literatürde plan şekli ile maliyet arasında şaşırtıcı şekilde sınırlı sayıda çalışma olduğunu belirtmişlerdir.

Literatürde plan şeklinin maliyet üzerine etkilerini inceleyebilmek için iki metot geliştirilmiştir. Bunlardan birincisi ve daha sık kullanılanı bina dış duvar alanının döşeme alanına oranıdır (Steyert, 1972; Bathurst ve Butler, 1980; Seeley, 1996; Wing, 1999, Bostancıoğlu, 1999, 2006; Ashworth, 2004; Ibrahim, 2007; Belniak ve diğ., 2013). Bathurst ve Butler (1980) plan şeklinin sadece duvarlar, doğramalar, kapılar gibi dış cephe elemanlarını etkilemeyeceğini, bunun yanı sıra iç cephedeki düşey elamanların tümünün maliyetini etkileyeceğini belirtmişlerdir. Genellikle plan şeklinin etkilerinin kolay tespit edilemeyeceğini ve bunu tespit etmek için de dış cephe duvar yüzey alanının döşeme alanına oranının en geçerli yöntem olduğunu söylemişlerdir (Bathurst ve Butler, 1980). Bathurst ve Butler (1980) bu oranın maliyet üzerine etkisini belirleyebilmek için basit bir hesaplama yapmışlardır. Buna göre Şekil 2.16'daki alanları birbirinin aynısı olan kat planlarının dış cephe alanı, döşeme alanı ve bu iki değerin birbirlerine olan oranları Çizelge 2.5'de verilmiştir.



Şekil 2.16 : Plan şekilleri (Bathurst ve Butler, 1980).

Çizelge 2.5'den görüldüğü gibi plan şekli karmaşıklaştıkça, bir başka deyişle dış cephenin çevre uzunluğu arttıkça dış duvar döşeme alanı oranı artmakta ve bununla birlikte de birim alana düşen maliyet artmaktadır (Bathurst ve Butler, 1980).

Çizelge 2.5 : Plan şekline göre dış duvar döşeme alanları (Bathurst ve Butler, 1980).

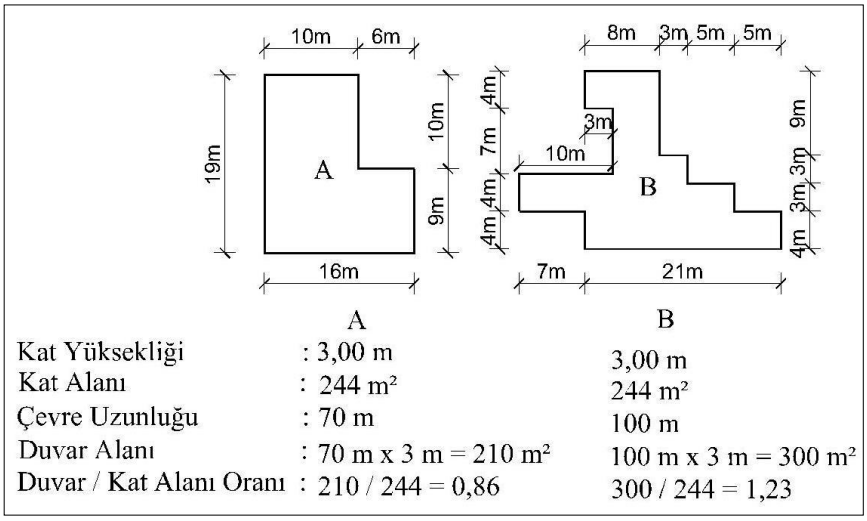
Plan Tipi	Dış Duvar Alanı (m2)	Kat Alanı (m2)	Dış Duvar / Kat Alanı Oranı	Temel Plan Tipi A'ya Göre Oranı
Plan A	180	225	0,80	1,00
Plan B	222	225	0,99	1,23
Plan C	252	225	1,12	1,40

Seeley'de (1996) benzer şekilde dış duvar alanının döşeme alanına oranının artması ile birim maliyetin artacağını söylemiştir. Bu oran ne kadar az olursa binaların o kadar ekonomik olacağını ve yuvarlak binalarda bu oranın en az olduğunu belirtmiştir. Ayrıca da bu oranın binanın plan şeklinden, plan büyüklüğünden ve kat yüksekliğinden doğrudan etkilendiğini eklemiştir (Seeley, 1996).

Wing (1999) yaptığı çalışmada duvar alanının kat taban alanına oranının artması ile plan şeklinin karmaşıklaşacağını bunun neticesinde de maliyetin artacağını belirtmiştir. Buna göre plan şekli için benzer kat alanına sahip binalarda denklem (2.1)'in kullanılmasının uygun olduğunu ve "W" dış duvar alanı, "A" normal kat alanı olmak üzere "WF" değeri arttıkça maliyetin de artacağını söylemiştir.

$$WF = \frac{W}{A} \tag{2.1}$$

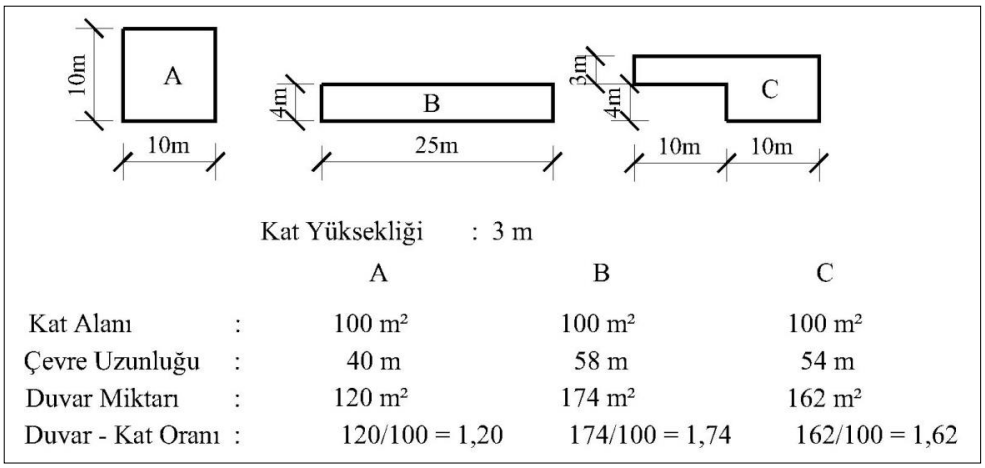
Bununla birlikte Seeley (1996) plan şeklinin bina maliyeti üzerine önemli etkisi olduğunu, genel kural olarak da basit plan şekilli binaların daha düşük birim maliyetlere sahip olacağını, bina şeklinin daha dar, daha ince uzun bir hal alması durumunda plan şeklinin çok daha karmaşık ve düzensiz olacağından birim maliyetin artacağını belirtmiştir. Genel olarak basit plan şekline sahip binaların daha düşük maliyetli binalar olduğunu, bunun sebebinin de aynı kat alanına sahip basit plan şekli olan binalarda dış cephe duvar miktarının az olmasından kaynaklandığını eklemiştir (Seeley, 1996). Seeley (1996) Şekil 2.17'deki iki ayrı binaya ait kat planlarında dış duvar döşeme oranını karşılaştırmıştır. Çalışmada A binası L şekline benzer bir kat planına sahipken, B binası düzensiz bir kat planına sahiptir. Plan şekilleri birbirlerinden çok farklı olsa da iki binanın kat alanları birbirine eşit ve 244 m^2'dir. A binasının duvar uzunluğu 70 m ve B binasının duvar uzunluğu da 100 m'dir. Her iki binaya ait kat yüksekliğinin 3 m olduğu kabul edilerek; A binasına ait duvar döşeme oranı 0,86, B binasına ait duvar döşeme oranı 1,23 olmaktadır. Bu sonuçlar ile dış duvar alanı daha az olan A binası çok daha ekonomik olacaktır. Bunun nedenini bina dış duvar maliyetlerinin daha yüksek olması olarak göstermektedir. Seeley (1996), bu durumda daha az dış cepheye sahip binaların daha az maliyetli olduğunu belirtmiştir. Fakat dış cephe miktarı azaldıkça doğal havalandırma ve ışık azalacağından kullanım maliyetlerinin artmasının kaçınılmaz olduğunu eklemiştir.



Şekil 2.17 : Dış duvar alanı – Döşeme alanı oranı (Seeley, 1996).

Ahworth'te (2004) çalışmasında Bathurst ve Butler (1980) ile Seeley'e (1996) benzer olarak plan şeklinin toplam maliyeti büyük oranda etkilediğini ve bu etkinin sadece dış cephe ile sınırlı kalmadığını aynı zamanda da iç bölme duvarların da bunda

etkisinin olduğunu söylemiştir. Steyert'ın (1972) da belirttiği gibi genel anlamda kare şekilli binaların en düşük maliyete sahip olduklarını, bunun sebebinin de duvar alanının kat alanına oranının kare şekilli binalarda en düşük olduğunu söylemiştir (Şekil 2.18). Ayrıca düzensiz kat planlı binalarda, çok fazla köşe oluşacağından en pahallı çözümlerin bu tip binalarda olduğunu eklemiştir. Düzensiz şekilli planların ise özelikle duvar işleri, duvar kaplamaları ve çatı maliyetlerini arttıracağını öngörmüştür (Ashworth, 2004). Bununla birlikte Ashworth (2004) ön tasarım ve tasarım evrelerinde genellikle plan şekli belirlenirken tam bir özgürlüğün olmadığını, binanın kullanım amacının, binanın yapılacağı arazinin koşullarının, arazi maliyetlerinin bina şekillerini etkilediğini ve bu nedenle tasarım sırasında plan şeklinin maliyet açısında da en uygun şekilde dengelenmesi gerektiğini belirtmiştir.

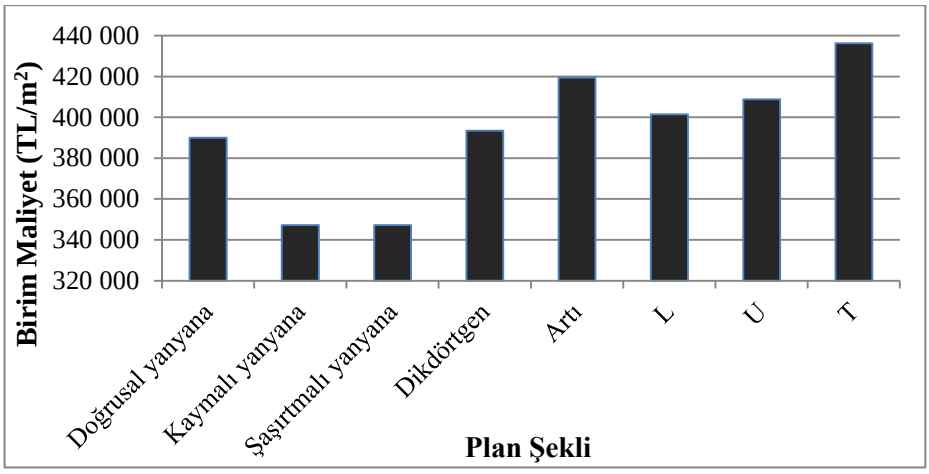


		A	B	C
Kat Alanı	:	100 m²	100 m²	100 m²
Çevre Uzunluğu	:	40 m	58 m	54 m
Duvar Miktarı	:	120 m²	174 m²	162 m²
Duvar - Kat Oranı	:	120/100 = 1,20	174/100 = 1,74	162/100 = 1,62

Şekil 2.18 : Plan şekilleri karşılaştırması (Steyert, 1972).

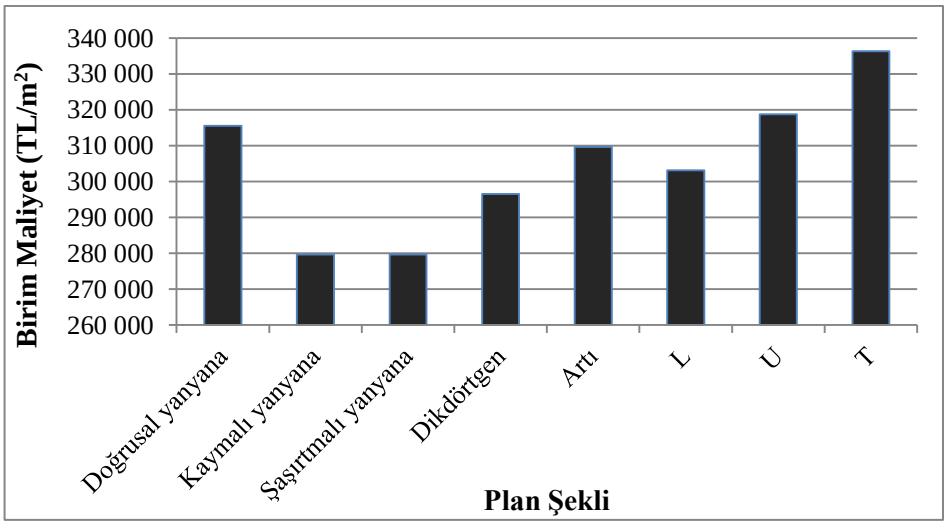
Bunların yanı sıra kare plan şekilli binaların her zaman en uygun ekonomik çözümü sağlamayıp, özellikle gün ışığından yararlanma, ses yalıtımı, sirkülasyon alanı ve iç bölme dizaynları gibi konularda en iyi sonuçları vermeyebileceğini, fakat özellikle ısı yalıtımı konusunda en iyi performansı göstereceğini söylemiştir (Ashworth, 2004).

Plan verimliliği ile ilgili literatürdeki en kapsamlı çalışmalardan biri olan Çıracı'nın (1996) çalışmasında farklı plan şekillerindeki binaların maliyetleri karşılaştırılmıştır. Çıracı (1996) plan şekli ile birim maliyet arasındaki ilişkiyi yan yana gelen birimlerden oluşan ve bir merkez etrafında bir araya gelen binalarda incelemiştir (Şekil 2.19, Şekil 2.20).



Şekil 2.19 : Plan şekli – Toplam birim maliyet (Çıracı, 1996).

Yan yana gelen birimlerden oluşan binaları doğrusal, kaymalı ve şaşırtmalı olarak, bir merkez etrafında toplanan binaları ise dikdörtgen, artı, L, U ve T şekillerinde gruplara ayırmıştır. Çıracı (1996) yaptığı çalışmada tüm plan şekilleri ile toplam birim maliyet ile inşaat işleri birim maliyetinin değişimlerini karşılaştırmıştır.



Şekil 2.20 : Plan şekli – İnşaat işleri birim maliyeti (Çıracı, 1996).

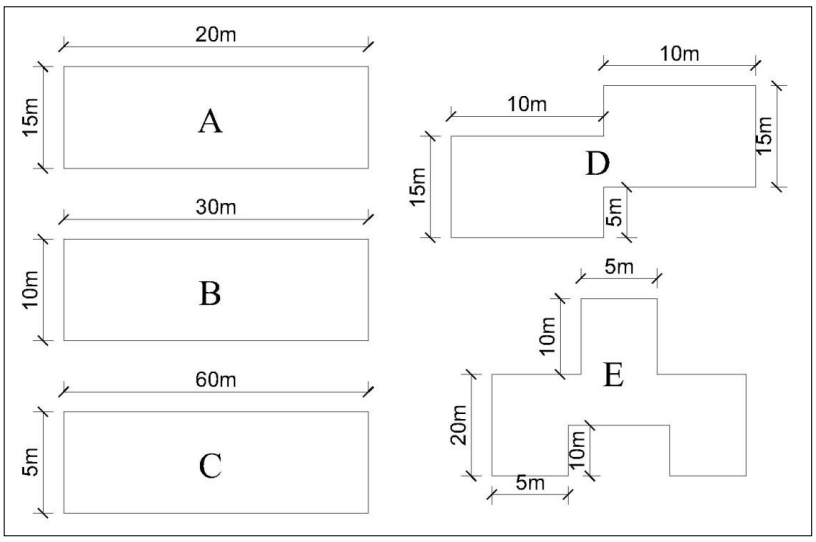
Bostancıoğlu'da (1999, 2006) plan şeklini dış duvar alanının döşeme alanına oranı olarak tanımlamış ve bu oran arttıkça birim maliyetin artacağını söylemiştir. Dış duvar alanı döşeme alanı oranı arttıkça; dış duvar alanına bağlı olarak dış cephede kullanılan tuğla, gaz beton, sıva, dış cephe kaplaması miktarları da arttığını ve bunun da birim maliyeti arttırdığını eklemiştir (Çizelge 2.6). Bununla birlikte plan şekli kare ve dikdörtgenden farklılaştıkça, taşıyıcı sistemin karmaşıklaştığını ve buna bağlı olarak da artan kalıp, demir ve beton miktarlarından dolayı maliyetin de artacağını ifade etmiştir (Bostancıoğlu, 1999, 2006).

Çizelge 2.6 : Dış duvar alanı/döşeme alanı – Birim maliyet (Bostancıoğlu, 1999).

Plan Şekli	Dış Duvar Alanı / Döşeme Alanı	Birim Maliyet (TL/m^2)
Kare	0,540	5.536.190
Dikdörtgen	0,562	5.615.295
Yıldız	0,634	5.856.270
H	0,724	5.930.645

Plan verimliliğin maliyet üzerine etkisini incelemenin bir diğer yöntemi ise döşeme çevre uzunluğunun kat döşeme alanının oranının karşılaştırılmasıdır. Aslında bu iki yöntem arasındaki tek fark, kat yüksekliğinin çevre hesabında hesap dışında tutulmuş olmasıdır. Kirkham (2007) en düşük çevre uzunluğuna sahip binaların en düşük maliyetli binalar olacaklarının kesin olduğunu ve bu binaların kullanım açısından da en uygun bina tipi olan kare plan şekilli binalar olduğunu belirtmiştir. Buna ilaveten özellikle en küçük çevre uzunluğuna ve en az döşeme alanına sahip binaların, daire plan şekilli binalar olduğunu ve en ucuz çözümleri sağladığını eklemiştir. Bunlarla birlikte binaların plan şekillerinin arazi sınırları, topografya gibi etkenlerden etkilendiğini ve her zaman en uygun plan şeklini yapmanın mümkün olmadığını eklemiştir.

Ibrahim (2007) Bathurst ve Butler (1980) ile Seeley'nin (1996) yaptıkları çalışmalara benzer olarak yaptığı çalışmada 5 örnek plan tipi için plan şekli ile maliyet arasındaki ilişkiyi incelemiştir (Şekil 2.21).



Şekil 2.21 : Plan şekilleri karşılaştırması (Ibrahim, 2007).

Yaptığı çalışmada yükseklik, büyüklük, kalite, yer ve zaman gibi kavramları sabit tutarak plan şekli ile maliyetin ilişkisini araştırmıştır. Buna göre binaların her birinin çevre uzunluğunun kat alanına oranlarını karşılaştırmış ve en düşük maliyetin en basit plan şekilli yani çevre uzunluğu/kat alanı oranı en düşük olan A tipi plan şeklinde olduğunu belirtmiştir (Çizelge 2.7).

Çizelge 2.7 : Plan şekilleri karşılaştırması (Ibrahim, 2007).

Plan	Dış Cephe (m^2)	Kat Alanı (m^2)	Çevre / Kat Alanı	Birim Maliyet
A	420	600	0,70	3.530,81
B	480	600	0,80	3.651,24
C	780	600	1,30	4.253,42
D	456	600	0,76	3.660,89
E	660	600	1,10	3.954,94

Sonuç olarak Ibrahim (2007) yaptığı çalışmada basit plan şekilli binaların maliyetinin diğerlerine göre daha düşük olacağını belirtmiştir. Buna göre; (1) Bina plan şekli kareye yaklaştıkça maliyetin azaldığını (2) basit plan şeklinin her zaman daha düşük maliyeti vereceğini belirtmiştir.

Belniak ve diğ. (2013) daha önceki yıllarda yapılan çalışmalarda verilmiş olan duvar alanı döşeme alanı oranı dışında plan şeklinin verimliliğini hesaplayabilmek için bina planlama indeksi (2.2) denklemini vermişlerdir. “P” normal katın çevresi, “A” normal katın alanı olmak üzer “m” planlama indeksi binalarda aşağıdaki değer aralıklarını almaktadır ve indeks değeri arttıkça maliyet artmaktadır.

$$m = \frac{P}{\sqrt{A}} \tag{2.2}$$

m = 3,54 daire binalar,

m = 3,54 ~ 4 elips binalar,

m = 4 kare binalar,

m > 4 Dikdörtgen ve diğer binalar,

2.2.3.2 Değerlendirme

Plan şekli literatürde yapı yüksekliği ve kat sayısından sonra en çok incelenen bina maliyetini etkileyen bina fiziksel ve geometrik özelliklerinin başında gelmektedir.

Plan şekli ile ilgili genel bir kanı olmasa da basit plan şekilli binaların maliyetlerinin daha düşük olacağı öngörülmektedir. Bir başka deyişle de plan şekli karmaşıklaştıkça bina maliyeti artmaktadır. Bathurst ve Butler (1980) yaptıkları çalışmada plan şeklinin etkilerinin kolay tespit edilmeyeceğini genellikle bunu tespit etmek için dış duvar alanının döşeme alanına oranın kullanılabileceğini belirtmiştir. Takip eden yıllardaki birçok çalışmada da bu oran kullanılmış ve bu oran arttıkça maliyetin doğrudan artacağı belirtilmiştir. Bu oran dışında ayrıca bina çevre uzunluğunun kat taban alanına oranı ile plan verimliliği hesaplanmıştır. Duvar alanının kat alanına oranı gibi, çevre uzunluğu kat alanı oranı ne kadar düşükse maliyetinde o kadar düşük olacağı belirtilmiştir.

2.2.4 Plan Verimliliği – Birim Maliyet

2.2.4.1 Plan verimliliği ile birim maliyet arasında yapılan çalışmalar

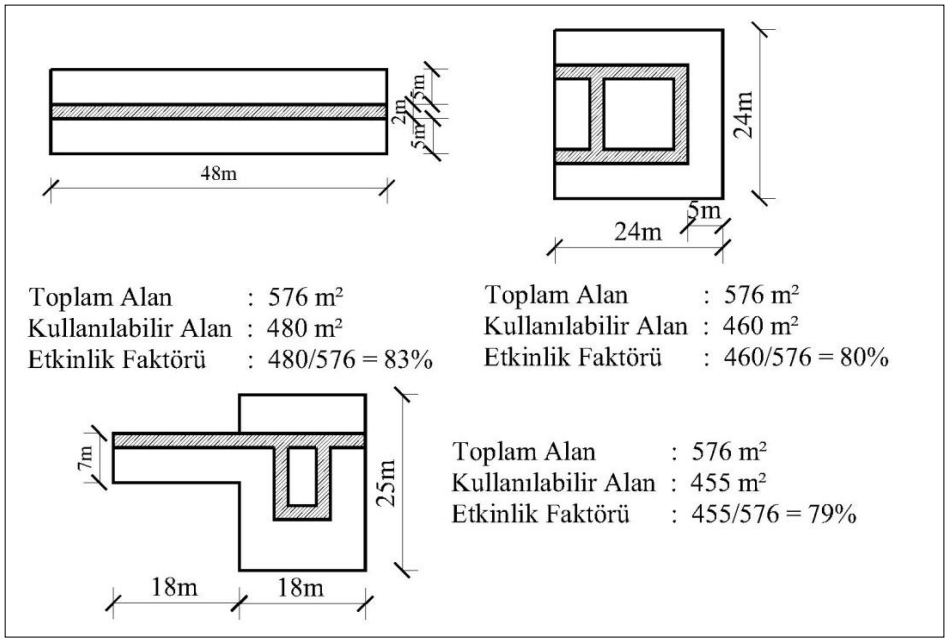
Literatürde plan verimliliğinin bina maliyeti üzerine etkisi üç farklı şekilde incelenmiştir; (1) net alanın brüt alana oranı (Steyert, 1972; Ashworth, 2004; De Jong ve Wamelink, 2008) (2) kat çevresinin kat alanına oranı (Seeley, 1996; Belniak ve diğ., 2013) (3) döşeme eninin boyuna oranı (Ashworth, 2004; Belniak ve diğ., 2013). Bu üç hesaplama yöntemi dışında çeşitli ampirik bağıntılar ile de plan verimliliği hesaplanmaya çalışılmıştır (Seeley, 1996; Wing, 1999; Kirkham, 2007; Belniak ve diğ., 2013). Tüm bu çalışmaların ortak yanı, plan şekli karmaşıklaştıkça plan verimliliğinin azaldığı ve bunun neticesinde de birim maliyetin arttığı yönündedir.

Steyert (1972) ile De Jong ve Wamelink (2008) yapı yüksekliği arttıkça plan verimliliğinin azaldığını bunun sebebinin de kullanılabilir inşaat alanının azalması olduğunu belirtmiştir. Plan verimliliğinin net alanın brüt alana bölünmesi ile bulunduğunu ve bu değer ne kadar bire yaklaşırsa planın o kadar verimli olduğunu eklemişlerdir (Steyert, 1972; De Jong ve Wamelink, 2008). Çizelge 2.8‘deki gibi yapı yüksekliğinin yani kat sayısının artması ile birlikte verimlilik yüzdesi (net alanın brüt alana oranı) azalmakta ve bunun neticesinde de birim maliyet artmaktadır (De Jong ve Wamelink, 2008).

Çizelge 2.8 : Kat sayısı – Verimlilik (De Jong ve Wamelink, 2008).

Kat Sayısı	Verimlilik (%)
2 - 4	88 - 91
5 - 9	84 - 88
10 - 19	77 - 85
20 - 29	75 - 83
30 - 39	74 - 79
40 +	72 - 77

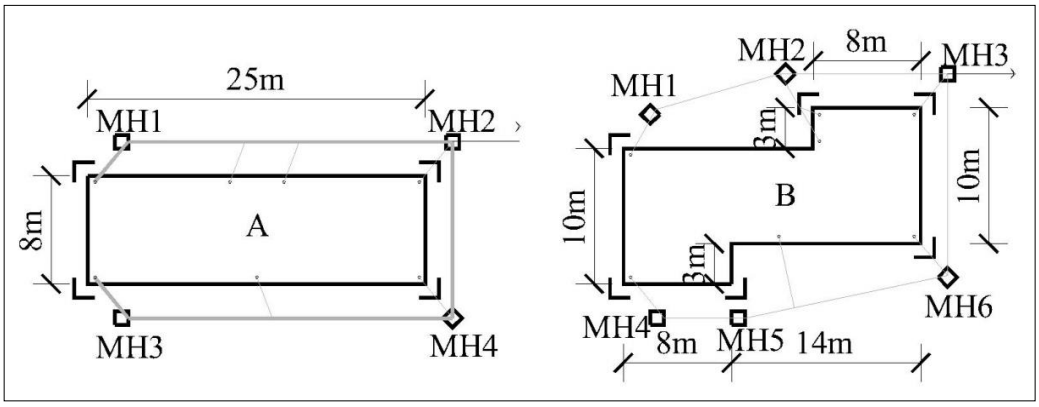
Ashworth'te (2004) benzer olarak dizayn alternatifleri arasında her zaman en uygun alan kullanıma göre dizaynın yapıldığını fakat buna rağmen kullanılan ve kullanamayan (sirkülasyon) alanların oranının değişiklik göstereceğini ve temel amacın; binadaki sirkülasyon alanının kabul edilebilir şekilde en uygun seviyeye düşürülmesi gerektiğini belirtmiştir. Fakat bu oranın binanın kullanım amacına göre değişiklik göstereceğini konut ve ofislerde %20, laboratuar ya da kimya ile ilgili binalarda %13 olabileceğini söylemiştir. Ashworth'te (2004) Steyert (1972) ile De Jong ve Wamelink (2008) gibi temel olarak plan şekli ne kadar karmaşıksa kullanılabilir alanın da o kadar düşük olduğunu söylemektedir. Ashworth (2004) çalışmasında Şekil 2.22'de üç eşit brüt kat alanına sahip binanın plan verimliliğini karşılaştırılmıştır. Buna göre; plan verimliliği %79 ile %83 arasında değişiklik göstermiş ve en basit plan şekilli binanın plan verimliliği en yüksek olmuştur.



Şekil 2.22 : Kullanılabilir alan/brüt alan oranı (Ashworth, 2004).

Belniak ve diğ. (2013) plan verimliliği ile ilgili birçok bağıntının olduğunu özellikle bina çevresi ve toplam inşaat alanının maliyeti büyük oranda etkilediğini belirtmişlerdir. Seeley (1996) plan şeklinin karmaşıklığını ve düzensizliğini kat çevresinin kat alanına oranı olarak tanımlamış ve bu oran arttıkça birim maliyetin artacağını söylemiştir. Seeley (1996) en kolay imalatı yapılacak ve en az maliyetli olacak plan şeklinin kare olduğu fakat kare şekilli binalarda çekirdekte gün ışığından yararlanamayacak çok fazla alanın olacağını belirtmiştir. Bununla birlikte dikdörtgen şekilli bir binanın aynı kat alanına sahip kare bir binaya göre kat çevresinin kat alanına oranı fazla olacağından daha maliyetli olacağını eklemiştir. Seeley (1996) daire şekilli binaların ise benzer kat alanına sahip dörtgen binalara göre en düşük çevre oranını vermelerine rağmen kullanım açısında ekonomik olmadıklarını, bunun nedenin de özellikle iç mekanlarda ortaya çıkan yerleşim problemleri olduğunu söylemiştir. Bunlara ilaveten de derin odaların olduğu binaların çevre – alan oranının düşük olmasından dolayı inşaat, bakım ve ısınma maliyetleri azalırken aydınlatma maliyetleri artmaktadır (Seeley, 1966).

Seeley (1996); iki tane eşit kat alanına sahip binadan düzensiz kat alanın sahip binanın dış cephe duvar maliyetinin %6, hafriyat maliyetinin %20, drenaj maliyetinin de %25 daha fazla olduğunu söylemektedir (Şekil 2.23). Ayrıca duvar ve çatı işleri maliyetlerinin Şekil 2.23'de "B" ile gösterilen binada, karışık plan şeklinden dolayı yüksek olacağını, ayrıca bu tip düzensiz binaların işletme maliyetlerinin de özellikle ısı kaybı, temizlik, boya işlerinden dolayı daha fazla olacağını belirtmiştir.



Şekil 2.23 : Plan şekilleri (Seeley, 1996).

Fakat sıraladığı nedenlere rağmen mimari kaygılar ve kullanım amaçları doğrultusunda binaların plan şekillerinin karmaşıklaşacağını ifade etmiştir. Otellerde iyi manzara, pazarlama gibi etkenlerden dolayı plan şeklinden dolayı oluşacak ekstra

maliyetlerin dikkate alınması gerektiğini, benzer şekilde ofis binalarında özellikle kiralama gelirlerini etkileyeceğinden belli bir derinlikten fazla ofisler yapılmaması gerektiğini eklemiştir. Özellikle okul, konut ve hastane gibi yapılarda plan şekillerinin gün ışığından etkilendiğini söylemiştir (Seeley, 1996). Bu kapsamda Seeley'e (1996) göre dış duvar alanının döşeme alanına oranı en kompleks binalarda 1,40, en basit binalarda 0,60 olmaktadır. Bu oranı belirlemek için ayrıca bazı analitik çalışmalar yapmıştır ve plan/şekil indeksi denklemini (2.3) vermiştir.

$$PSI = \frac{G + \sqrt{(G^2 - 16R)}}{G - \sqrt{(G^2 - 16R)}} \tag{2.3}$$

Buradaki "G" tüm katlara ait kat çevre uzunluklarının toplam kat sayısına bölümü, "R" ise toplam kat alanının yine toplam kat sayısına bölünmesi ile elde edilen ortalama değerlerdir. Hem Seeley (1996) hem de Kirkham (2007) tarafından belirtildiği gibi "PSI" yani plan/şekil indeksi değeri arttıkça plan verimliliği azalmakta, plan şekli karmaşıklaşmakta ve buna bağlı olarak birim maliyet artmaktadır.

Bunlarla birlikte Ashworth (2004) plan verimliliğini hesaplayabilmenin birçok yolunun olduğunu, bunlardan birinin de döşemeye ait en, boy oranı olduğunu eklemiştir. Buna göre en, boy oranı bire yaklaştıkça yani binanın şekli ne kadar kareye benzerse verimliliğin o kadar arttığını ve bunun neticesinde de birim maliyet azaldığını belirtmiştir (Ashworth, 2004). Belniak ve diğ. (2013) göre de özellikle en boy oranı 1:2'den küçük olan binalar maliyet ve kullanım açısından en avantajlı binalardır. Literatürde Wing (1999) ve Kirkham (2007) verilmiş olan uzunluk genişlik (LBI) indeksi denkleminin (2.4) yapmış oldukları birçok analiz neticesinde plan şeklini belirlemek için en verimli ve hassas analiz olduğunu belirtmişlerdir Buna göre "P" normal katın çevresi, "A" normal katın alanı olmak üzere, "LBI" yani uzunluk/genişlik indeksi değeri arttıkça plan verimliliği azalmakta, plan şekli karmaşıklaşmakta ve buna bağlı olarak birim maliyet artmaktadır (Wing, 1999; Kirkham, 2007; Belniak ve diğ., 2013).

$$LBI = \frac{P + \sqrt{(P^2 - 16A)}}{P - \sqrt{(P^2 - 16A\ )}} \tag{2.4}$$

Yukarıda sıralanan plan verimliliğini belirlemekte kullanılan yöntemler dışında Wing (1999) ve Kirkham (2007) uzunluk/genişlik ve plan/şekil indeksi denklemleri dışında çeşitli ampirik bağıntılar vermiştir. Wing (1999) çalışmasında plan şekli indeksi denklemlerini oluşturmuş ve plan şekli indeksi değerleri arttıkça birim maliyetin artacağını belirtmiştir. Bir başka deyişle Wing (1999) plan şekli indeksinin bilinmesi ile birlikte ön tasarım sürecinde alınabilecek kararların maliyetin optimize edilmesini sağlayacağını belirtmiştir. Wing (1999) ve Kirkham (2007) çalışmalarında plan yoğunluğu denklemini (2.5) tanımlamıştır. "P" normal katın çevresi ve "A"da normal katın alanı olmak üzere "POP" yani plan yoğunluğu değeri arttıkça plan şekli karışıklaşmakta ve birim maliyet artmaktadır. Kirkham (2007) bu indeks denkleminde referans noktası olarak daire şeklindeki binayı almış ve buna ait değerin 88,6% olduğunu belirtmiştir.

$$POP = \frac{2\sqrt{\pi A}}{P} \tag{2.5}$$

Ayrıca Wing (1999) çalışmasında Cookie plan verimliliği indeks değerini (2.6) tanımlamıştır. "P" normal katın çevresi ve "A"da normal katın alanı olmak üzere "JC" yani Cookie plan verimliliği değeri arttıkça plan şekli karışıklaşmakta ve birim maliyet artmaktadır.

$$JC = \frac{P}{4\sqrt{A}} - 1 \tag{2.6}$$

Kirkham (2007) plan verimliliği ile maliyetin karşılaştırılması için Seeley (1996) ve Wing (1999) tarafından verilen indeks denklemlerine benzer Plan Verimliliği ve Hacim Sıklığı indeks denklemlerini vermiştir. "P" normal katın çevresi ve "P_S" aynı kat alanına sahip kare binanın çevresi olmak üzere plan verimliliği katsayısı (2.7) arttıkça plan verimliliği azalmakta, plan şekli karmaşıklaşmakta ve buna bağlı olarak da birim maliyet artmaktadır.

$$Plan\ Verimliliği\ Katsayısı\ = \frac{P - P_S}{P_S} \tag{2.7}$$

Plan verimliliği katsayısına ilaveten Kirkham (2007) çalışmasında üç doğrultuda binanın plan verimliliğini belirlemek için hacim sıklığı indeks denklemini (2.8)

vermiştir.”V” binanın hacmi ve “S” temel üstü bina toplam yüzey alanı olmak üzere “VOLM” indeks değeri arttıkça birim maliyet artmaktadır.

$$VOLM = \frac{2\pi\left[\left(\frac{3V}{2\pi}\right)^{\frac{1}{3}}\right]^2}{S} \tag{2.8}$$

2.2.4.2 Değerlendirme

Plan verimliliği ile birim maliyet arasında yapılmış tüm çalışmalarda basit plan şekilli binaların birim maliyetlerinin daha düşük olacağı öngörülmüştür. Plan verimliliğini belirlemek için oluşturulmuş indeks denklemleri dışında plan verimliliğini belirlemek için üç metot kullanılmıştır. Bunlardan ilki net kullanım alanının brüt inşaat alanına oranıdır. Bu değer ne kadar büyük olursa binanın plan şekli o kadar verimli yani kullanışlı demektir. Ayrıca bu oran arttıkça kullanım alanın artmasının yanı sıra, binanın birim maliyeti de bu orana bağlı olarak azalacaktır. Kullanılan ikinci bir yol da kat çevresinin kat alanına oranıdır. Bu değer ne kadar düşükse plan o kadar verimlidir. Plan verimliliğini belirlemek için kullanılan üçüncü metot ise kat planının en/boy oranıdır. Kat çevresinin kat alanına oranına benzer şekilde, en boy oranı bire yaklaştıkça plan verimliliği artmakta ve birim maliyet azalmaktadır. Bu iki metoda göre daire şeklinde kat alanına sahip binalarda bu değer minimum olmaktadır. Fakat kat alanı daire şeklinde olan binalarda bina içerisinde çok fazla ölü alanlar meydana geldiğinden pek tercih edilen bir plan şekli değildir. Bunun yanı sıra kare binalarda da bu oran minimum olsa da kullanım sırasında özellikle gün ışığından yararlanma ve havalandırma problemleri olmasından dolayı yine daire kat alanına sahip binalar gibi genellikle tercih edilmemektedir. Sonuç olarak en boy oranı 1:2’den küçük olan dikdörtgen binalar hem kullanım hem de maliyet açısından en verimli binalar olarak değerlendirilmiştir.

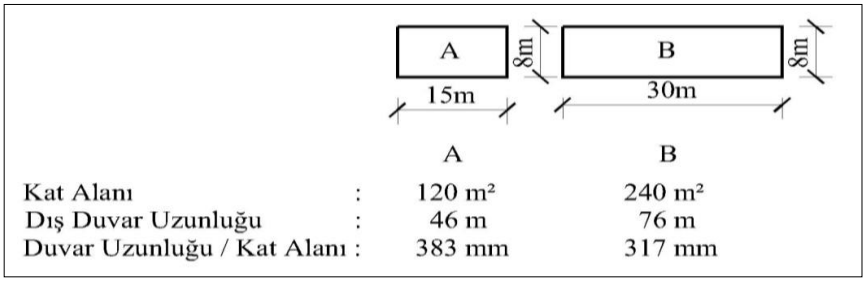
2.2.5 Yapı Büyüklüğü – Birim Maliyet

2.2.5.1 Yapı büyüklüğü ile birim maliyet arasında yapılan çalışmalar

Yapı büyüklüğünün artması ile özellikle binalardaki tekrarlı kısımların artması ve bu hacim artışından kaynaklanacak satınalmada ki pazarlık kolaylıklarının olması maliyet açısından önemli parametrelerdir. Ashworth (2004) bunun nedenini ölçek ekonomisini (economies of scale) göstermektedir. Bir başka deyişle özellikle tedarik

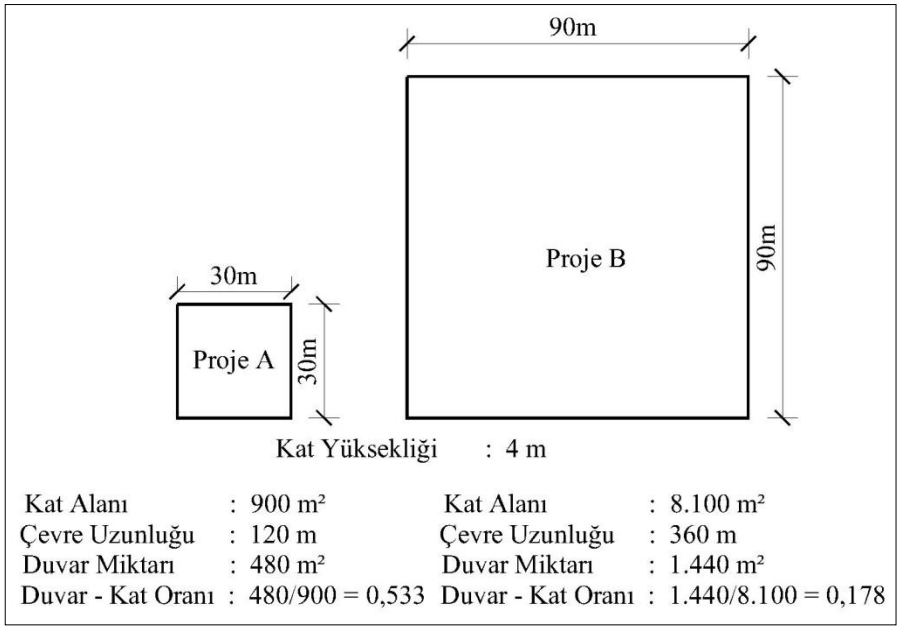
sürecinde çok daha fazla mal alımı yapılması ve ölçeklerin büyümesi ile indirim oranlarının artmasını göstermektedir. Bu sebeplere rağmen, genellikle binaların büyüklükleri ile ilgili etkilerin tasarımcılar yerine müşterilerin ihtiyaçlarından kaynaklandığını belirtmektedir. Bu konu ile ilgili literatürdeki çalışmalar genellikle çok yüzeysel kalmıştır. Literatürdeki çalışmaların birçoğunda yapı büyüklüğünün, bir başka deyişle toplam inşaat alanının artması ile birim maliyetin azalacağı belirtilmiştir (Ferry, 1970; Ferry ve Brandon, 1984; Seeley, 1996; Cox ve Horsley, 1996; Ashworth, 2004). Seley (1996) bunun nedenini, alan artışı ile birlikte kullanılan malzemelerin miktarındaki ve maliyetlerindeki artışın alan artışı oranında olmaması olarak açıklamıştır. Buna ilaveten nakliye, mobilizasyon, ambar, su depoları, ofisler, geçici yollar gibi yapılara ait giderlerin büyüklük arttıkça, toplam maliyet içerisindeki paylarının azalacağını, bununda birim maliyeti düşüreceğini belirtmiştir. Ayrıca büyüklük arttıkça duvar döşeme oranın azaldığını ve bunun da bölme duvar, dekorasyon gibi maliyetlerin azalmasına neden olacağını söylemiştir. Asansör maliyetlerinin de büyüklük arttıkça aynı oranda artmamasından dolayı birim maliyetin yine azalacağını eklemiştir (Seeley, 1996).

Birçok çalışmada büyük kat alanının, dış cephe duvar alanının kat alanına oranını düşüreceğinden kat alanının artması ile birim maliyetin düşeceğini söylemişlerdir (Ferry, 1970; Ferry ve Brandon, 1984; Cox ve Horsley, 1996). Seeley (1996) bu oranı belirlemek için basit bir analiz yapmıştır. Buna göre Şekil 2.24'deki dikdörtgen A binasının bir kenarının uzunluğu iki katına çıkartıldığında oluşan B binasının duvar döşeme oranının %17,25 azalacağını belirtmiştir. Benzer olarak 6 katlı ve 360 m^2 kat alanına sahip bir bina da kullanılan iki adet asansörün birim maliyeti 44 sterlin olurken, kat alanını iki katına çıkartılması durumunda birim maliyetleri 22 sterline düştüğünü ve bu da toplam bina maliyetinde %3,00 avantaj sağladığını eklemiştir (Seeley, 1996).



Şekil 2.24 : Kare ve dikdörtgen binalarda duvar döşeme oranı karşılaştırması (Seeley, 1996).

Ashworth'te (2004) Seeley (1996) tarafından yapılan çalışmaya benzer bir çalışma yapmış ve büyük binaların birim maliyetlerinin düşük olmasının nedenini düşük duvar kat alanı oranına bağlamıştır. Şekil 2.25'den görüldüğü gibi büyük kat alanına sahip bina daha düşük duvar alanı kat alanı oranı vermektedir. Yani, proje A'nın duvar alanı kat alanı oranı 0,533 olurken proje B'de bu oran 0,178 olmaktadır. Bu nedenle duvar alanı kat alanı oranı ile birim maliyet arasındaki ilişki yapı büyüklüğüne göre çok daha korelasyonu yüksek bir ilişki sağlamaktadır (Ashworth, 2004).



Şekil 2.25 : Duvar alanı kat alanı oranının yapı büyüklüğü ile değişimi (Ashworth, 2004).

Yukarıda sıralanan tüm bu çalışmalardan farklı olarak Çıracı (1996) brüt kat alanının bir başka deyişle binanın büyüklüğünün artmasının binanın düşey elemanlarını da arttıracağından maliyeti de arttıracağını ifade etmiştir. Ayrıca binanın dış duvar alanlarının toplamının toplam brüt kat alanına oranının binanın kompaktlığını bir göstergesi olduğunu söylemiştir. Buna göre de aynı brüt kat alanına sahip iki, binanın plan şekline veya formuna bağlı olarak farklı duvar alanına sahip olabileceklerini ve daha fazla dış duvar alanına sahip olanın maliyetinin daha yüksek olacağını belirtmiştir. Bununla birlikte yapı elemanlarının toplam alanlarının brüt kat alanına oranını da değerlendirmiş ve bu oran arttıkça maliyetin arttığını söylemiştir.

2.2.5.2 Değerlendirme

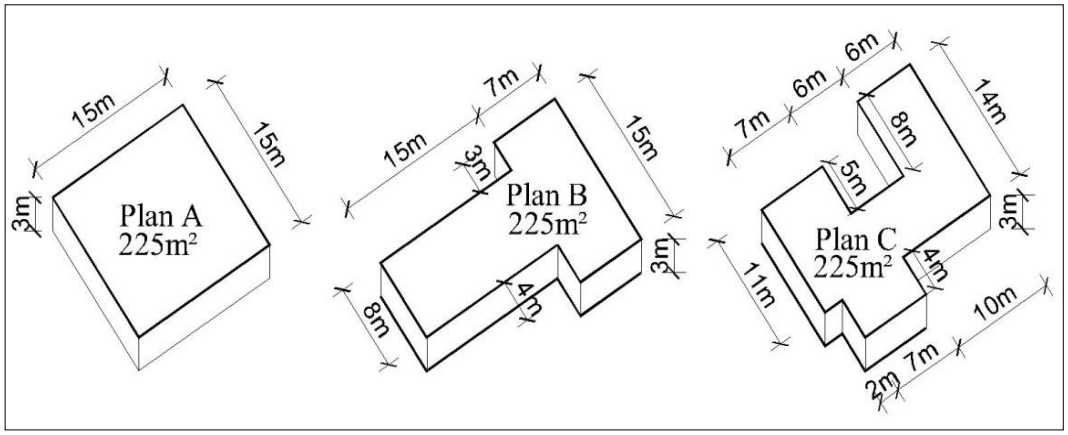
Yapı büyüklüğü ile ilgili yapılan çalışmalarda yapı büyüklüğünün artması ile toplam maliyetin artacağı buna karşılık meydana gelen alan artışından bağımsız olarak maliyetin bu oranda artmamasından dolayı birim maliyetin azalacağı belirtilmiştir. Genel olarak yapı büyüklüğündeki artış duvar alanı kat alanı oranı çerçevesinde değerlendirilmiş ve bu oran azaldıkça birim maliyetin de azalacağı öngörülmüştür.

2.2.6 Kat Yüksekliği – Birim Maliyet

2.2.6.1 Kat yüksekliği ile birim maliyet arasında yapılan çalışmalar

Genel anlamda kat yüksekliği binanın kullanım amacına göre belirlenmektedir ve binaların prestiji açısından da önemli bir parametredir. Bununla birlikte kat yüksekliğinin fazla olduğu binalar diğer binalar göre daha konforlu olmaktadır (Bathurst ve Butler, 1980; Seeley, 1996; Ashworth, 2004). Ashworth (2004) kat yüksekliğinin büyük oranda bina ihtiyaçlarına göre belirlendiğini kat yükseklikleri için bir standart ya da herhangi bir yönetmelik bulunmadığından dolayı bu değerin genellikle maliyet ile sınırlandırıldığını belirtmiştir (Ashworth, 2004).

Kat yüksekliği kullanım amacı ve prestij açısından önemli olsa da kat yüksekliğinin artması ile birlikte düşey elemanların miktarları artacağından hem inşaat maliyetlerinin hem de kullanım sırasında oluşacak bakım, ısıtma ve havalandırma gibi işletme maliyetlerin de artmasına neden olmaktadır (Bathurst ve Butler, 1980; Çıracı, 1996; Seeley, 1996; Bostancıoğlu, 1999, 2006; Ashworth, 2004). Ashworth (2004) aynı kat alanına sahip fakat kat yüksekliği fazla olan binaların kesin olarak daha yüksek maliyetli olduğunu belirtmiştir. Bunun en büyük nedenini de yüksek duvar alanı kat alanı oranına bağlamıştır. Bathurst ve Butler'da (1980) benzer şekilde kat yüksekliğinin düşey doğrultudaki tüm elemanların boyutlarını etkilediğinden maliyetleri de doğrudan arttırdığını belirtmişlerdir. Basit biçimde iki farklı kat yüksekliği için üç farklı plan şekline sahip binada kat yüksekliğinin maliyete etkilerini incelemişlerdir. Buna göre kat alanları aynı plan şekilleri birbirinden farklı üç binanın maliyetlerini hem 3 m hem de 4 m kat yüksekliği için ayrı ayrı hesaplamışlardır (Şekil 2.26).



Şekil 2.26 : Kat planları (Bathurst ve Butler; 1980).

Şekil 2.26'ya göre Çizelge 2.9'dan görülebileceği gibi kat yüksekliği arttıkça birim maliyet artmaktadır. Ayrıca plan şeklinin değişmesi ile aynı kat alanına sahip binalarda dış duvar miktarının da artması sonucu birim maliyetler aynı şekilde artmaktadır (Bathurst ve Butler, 1980).

Çizelge 2.9 : Plan tipine göre maliyet karşılaştırması (Bathurst ve Butler; 1980).

Plan Tipi	Dış Duvar Alanı (m^2)		Kat Alanı (m^2)	Dış Duvar Alanı / Kat Alanı Oranı		Karşılaştırmalı Maliyet	
	3 m Kat Yüksekliği	4 m Kat Yüksekliği		3 m Kat Yüksekliği	4 m Kat Yüksekliği	3 m Kat Yüksekliği	4 m Kat Yüksekliği
Plan A	180	240	225	0,80	1,07	100	133
Plan B	222	296	225	0,99	1,32	123	164
Plan C	252	336	225	1,12	1,49	140	187

Seeley (1996) Bathurst ve Butler'a (1980) benzer olarak çalışmasında kat yüksekliğinin değişiminin, inşaat alanının miktarından bağımsız olarak doğrudan doğruya birim maliyeti değiştirdiğini ve bu değerin değişmesinden en çok etkilenen imalat kaleminin duvar imalatları olduğunu söylemiştir. Bunun dışında kat yüksekliğinin artması ile; (1) ısıtılacak hacimlerin artmasına bağlı olarak ısıtma sistemlerinin kapasitelerinin arttığını, (2) elektrik kablolama ve borulama, mekanik borulama, merdiven ve asansör, tavan kaplama ve dekorasyon imalatlarının maliyetlerinin arttığını, (3) bina ağırlığının artması ile hem temel hem de taşıyıcı sistem boyutlarının artması sonucu maliyetin arttığını ifade etmiştir.

Seeley (1996) ayrıca kat yüksekliğinin artması ile toplam maliyeti etkileyecek düşey elemanların maliyetinin toplam maliyet içerisinde yaklaşık %30'u oluşturduğunu ve kat yüksekliğinin artışı ile artan miktar yüzdesinin %30 ile çarpımı kadar toplam

maliyetin arttığını belirtmiştir. Fakat yeni ve modern binalarda özellikle tavandan havalandırma ve ısıtma-soğutma sistemlerinin yerleştirilmesi ile kat yüksekliklerinin zorunlu olarak arttığını, bunun neticesinde de birim maliyetlerin daha yüksek olmasının kaçınılmaz olduğunu eklemiştir (Seeley, 1996).

Bostancıoğlu'da (1999, 2006) çalışmasında literatürdeki diğer çalışmalara benzer olarak dört farklı kat yüksekliği için yaptığı çalışmasında kat yüksekliğinin artması ile birim maliyetin doğrudan artacağını belirtmiştir (Çizelge 2.10). Bu artışın nedenini, özellikle kat yüksekliğinin artması ile birlikte düşey elemanların miktarların da meydana gelen artış olarak göstermiştir. Kat yüksekliğinin artmasının özellikle düşey taşıyıcı elemanlardaki kalıp, demir ve beton miktarları ile ince iş kalemlerinin –duvar, iskele, sıva, cephe kaplamaları vb.- miktarlarının artması neticesinde hem işçilik hem de malzeme maliyetlerinin artmasına neden olacağını eklemiştir.

Çizelge 2.10 : Kat yüksekliği – Birim maliyet (Bostancıoğlu, 1999).

Kat Yüksekliği (m)	Birim Maliyet (TL/m^2)
2,70	5.536.190
2,80	5.644.310
2,90	5.744.520
3,00	5.839.700

2.2.6.2 Değerlendirme

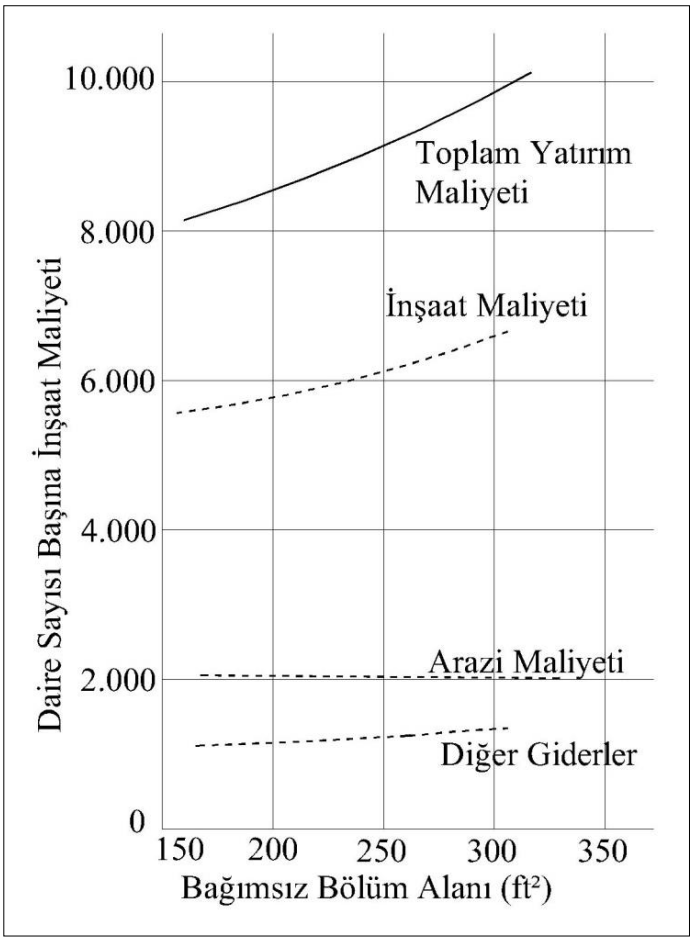
Kat yüksekliği ile birim maliyet arasında yapılmış çalışmaların tamamından kat yüksekliğinin artışı ile birim maliyetin arttığı belirtilmiştir. Bunun nedeni, inşaat alanından bağımsız olarak kat alanı sabit kalırken binanın hacminin artması ile düşey elemanların boyutlarındaki artış olarak gösterilmiştir. Bununla birlikte kat yüksekliğinin genellikle binanın kullanım amacına göre belirlendiği ve konfor ve prestij açısından da önemli olduğu belirtilmiştir.

2.2.7 Daire Büyüklüğü – Birim Maliyet

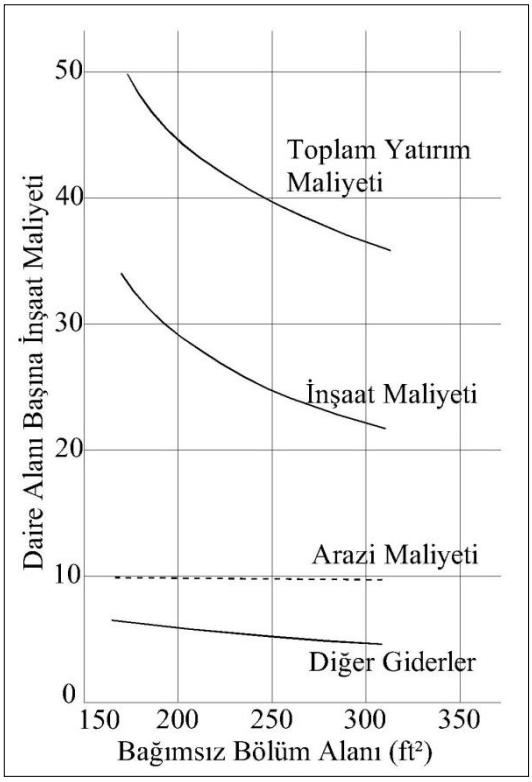
2.2.7.1 Daire büyüklüğü ile birim maliyet arasında yapılan çalışmalar

Daire büyüklüğünün değişimi ile maliyet arasında literatürde Steyert (1972), Seeley (1996) ve Bostancıoğlu (1999, 2006) tarafından yapılmış çalışmalar bulunmaktadır. Bu üç çalışmada da daire büyüklüğü ile birim maliyet ilişkisini birbirinden farklı

olarak incelenmiştir. Steyert (1972) üç ayrı daire tipi ile daire alanı dışındaki tüm dizayn parametrelerini sabit tutarak yaptığı çalışmasında daire sayısı ve daire büyüklüğü başına birim maliyetleri daire alanı ile karşılaştırmıştır (Şekil 2.27, Şekil 2.28). Çalışmasında daire alanının artması ile birlikte daire sayısı başına birim maliyet artarken daire alanı başına birim maliyet azalmaktadır. Bir başka deyişle aynı kat alanına, daha küçük çok sayıda daire yapmak yerine daha fazla odalı az sayıda daire yapmanın maliyeti düşürdüğünü söylemiştir. Bunun nedeni olarak da dairelerin büyümesi ile yapılan ek imalatların maliyete etkisinin daire sayısının artması ile oluşacak orandan az olması olarak göstermiştir.



Şekil 2.27 : Daire sayısı başına maliyet - Daire büyüklüğü (Steyert, 1972).



Şekil 2.28 : Daire alanı başına maliyet - Daire büyüklüğü (Steyert, 1972).

Seeley (1996) tarafından İngiltere'nin çeşitli yerlerinden elde edilen bilgiler ile dört farklı oda sayısına sahip binalarda yapılan çalışmada oda sayısı arttıkça toplam maliyetinde arttığı fakat maliyetteki bu artışa rağmen özellikle toplam duvar alanı kat oranına bağlı olarak birim maliyetin azaldığı belirtilmiştir (Çizelge 2.11).

Çizelge 2.11 : Oda sayılarına göre maliyet değişimi (Seeley, 1996).

Oda Sayısı	Ortalama Maliyet (£)	Artış Oranı (%)	Ortalama Birim Maliyet (£)	Azalma Oranı (%)
1	22.803	-	447,50	-
2	28.050	22,80	416,00	12,88
3	34.240	50,20	401,20	15,98
4	43.246	89,70	393,50	17,60

Bostancıoğlu (1999, 2006) çalışmasında Steyert'a (1972) benzer olarak daire alanındaki artış ile birim maliyetin değişimini karşılaştırmış ve daire büyüklüğü arttıkça birim maliyetin azaldığını söylemiştir (Çizelge 2.12). Bunun nedenini de daire büyüklüğünün artması ile dış duvar alanının döşeme alanına oranının azalması olarak açıklamıştır.

Çizelge 2.12 : Daire büyüklüğü – Birim maliyet (Bostancıoğlu, 1999).

Daire Büyüklüğü	Birim Maliyet (TL/m^2)
75 m^2'den Küçük	5.913.995
75 - 125 m^2Arası	5.536.190
125 - 175 m^2 Arası	5.274.665
175 m^2'den Büyük	5.179.505

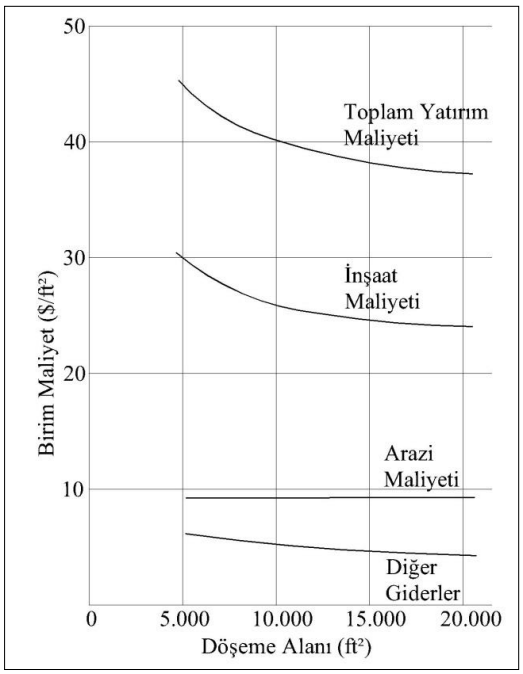
2.2.7.2 Değerlendirme

Literatürde dairelerin alanı ile maliyetin değişimini inceleyen üç tane çalışmaya rastlanmıştır. Bu çalışmalarda genel anlamda daire alanının artması ile birim maliyetlerin azaldığı belirtilmiştir. Steyert (1972) dışındaki hiçbir çalışmada daire alanları değişirken kat alanının sabit mi yoksa değişken mi olduğundan bahsedilmemiştir. Bu değerlendirmeye göre de kat alanı sabit kalmak koşulu ile daire büyüklüğü bir başka deyişle daire alanı arttıkça daire başına düşen maliyet azalmakta, daire sayısı başına düşen maliyet ise artmaktadır. Bunun nedeni, daire alanı arttıkça özellikle mutfak, banyo gibi ıslak hacimlerdeki maliyetlerin azalması ve daire sayısını azalması neticesinde asansör maliyetlerinin de düşmesidir.

2.2.8 Kat Alanı– Birim Maliyet

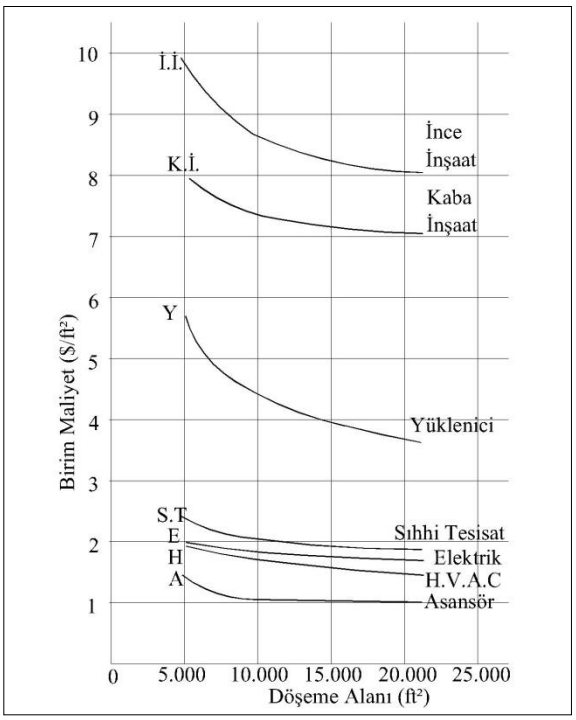
2.2.8.1 Kat alanı ile birim maliyet arasında yapılan çalışmalar

Genellikle kat alanı ile birim maliyet ilişkisi yapı büyüklüğü kapsamında değerlendirildiği için bu konuda yapılmış çok sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Steyert (1972) çalışmasında hem kat alanı hem de daire alanı ile birim maliyetin değişimini araştırmıştır. Steyert (1972) bu iki kavramın birbirine çok benzer olduğunu fakat kattaki daire sayısına bağlı olarak büyük oranda maliyet üzerinde farklı etki gösterdiklerini belirtmiştir. Buna göre 17 katlı, 44 feet genişliğinde, bir yöndeki genişliği sabit, diğer yöndeki genişliği birbirlerinden farklı, 6.200, 9.500 ve 19.000 sq ft toplam brüt inşaat alana sahip üç bina ile yaptığı çalışmada kat alanı büyüklüğü ile birim maliyet arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Çalışmada kat alanı dışındaki tüm dizayn parametrelerinin sabit olduğunu belirtmiştir. Şekil 2.29'dan görüleceği gibi kat alanının artması ile inşaat toplam birim maliyeti büyük oranda azalmaktadır.



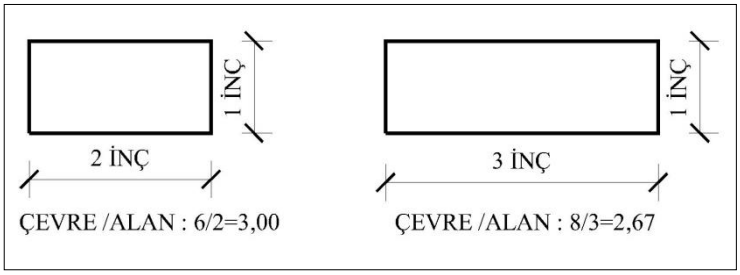
Şekil 2.29 : Kat alanı – Birim maliyet (Steyert, 1972).

Toplam inşaat birim maliyetine benzer olarak Şekil 2.30'da tüm inşaat kalemlerine ait birim maliyetlerde alan artışı ile birlikte azalmaktadır. Bunun sebebi olarak brüt inşaat alanının artmasına karşılık maliyetlerin bu oranda artmamasını göstermektedir (Steyert, 1972).



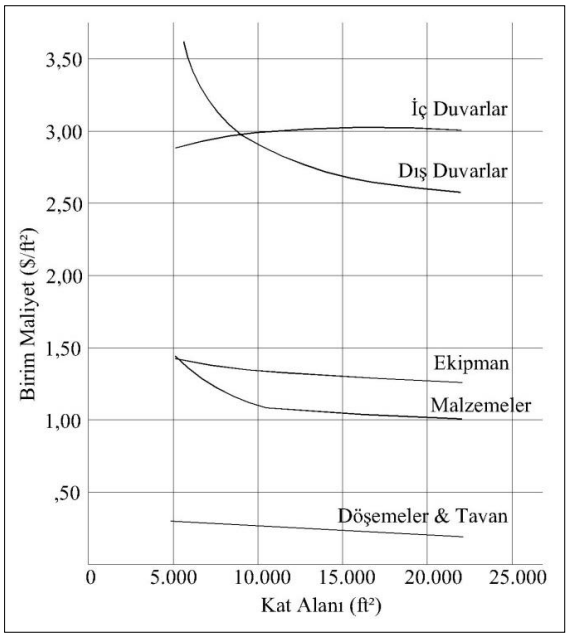
Şekil 2.30 : Kat alanı – Birim maliyet (Steyert, 1972).

Steyert (1972) dış duvar birim maliyetinin kat alanının artması ile büyük oranda azaldığını bunun nedeni olarak da sabit genişlikte ve farklı uzunluktaki iki dörtgenin alanlarının çevrelerine oranının uzunluk arttıkça azalmasına bağlamıştır (Şekil 2.31).



Şekil 2.31 : Kat çevresi/kat alanı oranı (Steyert, 1972).

Kat alanın artması ile birlikte dış cephe duvar oranının azalmasına karşılık iç cephedeki duvar miktarı artmaktadır. Bu imalat kalemlerine karşılık tavan ve yer kaplamaları ile dekorasyon birim maliyetleri sabit kalmaktadır. Genel işler olarak gösterdiği çatı, mekanik alanlar vb. gibi yerlerin maliyetlerinin de kat alanının artması ile çok etkilenmediğini belirtmiştir. Bunlarla birlikte kat alanın artışıyla artan toplam inşaat alanından dolayı yatay imalatlar olan döşeme ve tavan imalatlarının birim maliyetleri azalmaktadır (Şekil 2.32) (Steyert, 1972).



Şekil 2.32 : Kat alanı – Birim maliyet (Steyert, 1972).

2.2.8.2 Değerlendirme

Literatürde kat alanının değişiminin birim maliyet üzerine etkisi pek araştırılmamış olsa da, kat alanı arttıkça birim maliyet genel anlamda azalmaktadır. Kat alanının

değişiminin hem daire alanına hem de yapı büyüklüğüne etkisi olmakla birlikte, birim maliyet üzerinde bu iki özellikten daha farklı etki göstermektedir ve kat alanı arttıkça birim maliyet genel anlamda azalmaktadır.

2.2.9 Bodrum Kat Sayısı – Birim Maliyet

2.2.9.1 Bodrum kat sayısı ile birim maliyet arasında yapılan çalışmalar

Bodrum kat sayısı ile maliyetin değişimini literatürde inceleyen çalışmalar çok kısıtlı kalmıştır ve Ashworth (2004) ile Bostancıoğlu (1999, 2006) tarafından yapılmış çalışmalar bulunmaktadır. Ashworth (2004) bodrum kat yapılmasının maliyeti arttırdığını fakat belirli koşullarda örneğin bankalarda, soğuk hava depolarında, araç park yeri olarak bodrum kat yapılmasının zorunlu olabileceğini belirtmiştir. Bostancıoğlu'da (1999, 2006) benzer olarak bodrum kat sayısının artması ile birim maliyetin arttığını ve bu artışın nedenini bodrum kat sayısının artmasına bağlı olarak artan hafriyat ve bodrum katların izolasyon miktarları olarak göstermiştir. Bostancıoğlu, (1999, 2006) çalışmasında bodrum katlı ve bodrum katsız binaların birim maliyetlerini karşılaştırmış ve bodrum katlı binanın birim maliyetinin daha yüksek olduğunu belirtmiştir (Çizelge 2.13).

Çizelge 2.13 : Bodrum katsız ve bodrum katlı binaların birim maliyetlerinin karşılaştırılması (Bostancıoğlu, 1999).

Bodrum Kat Durumu	Birim Maliyet (TL/m2)
Bodrumsuz	5.536.190
Bodrumlu	5.803.785

2.2.9.2 Değerlendirme

Bodrum kat sayısının artması ile maliyetlerin artacağı kesindir. Bunun en büyük nedeni olarak da hafriyat ve izolasyon işlerindeki artış gösterilebilir.

2.2.10 Daire Sayısı – Birim Maliyet

2.2.10.1 Daire sayısı ile birim maliyet arasında yapılan çalışmalar

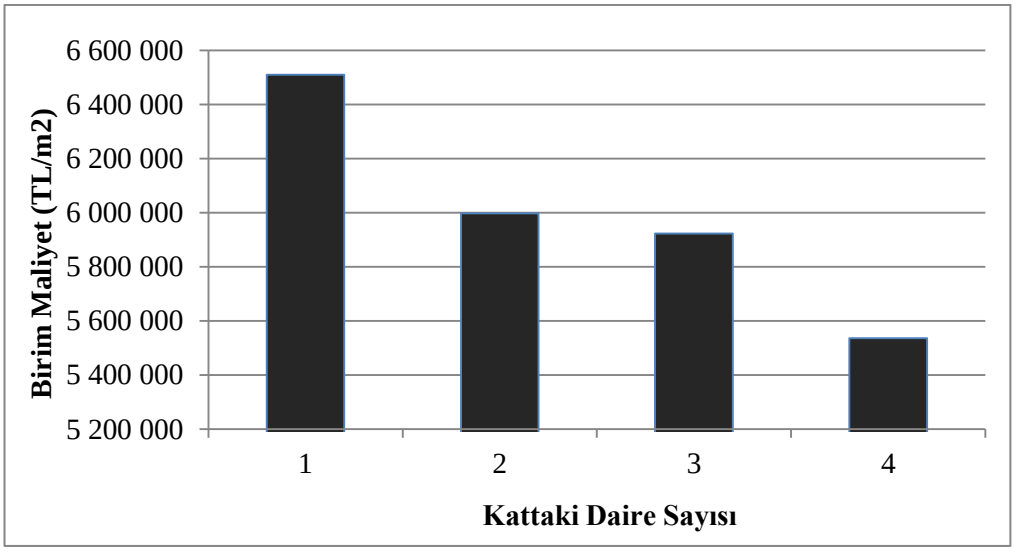
Daire sayısı yapılacak binanın kullanım amacı ile binada yaşayacak insanlar göz önüne alınarak belirlenmektedir. Bir başka deyişle büyük oranda pazarlama ve satış hedeflerine bağlıdır. Ayrıca daire sayısı kat alanı, daire büyüklüğü, yapı büyüklüğü gibi parametrelerden de büyük oranda etkilenmektedir. Daire sayısı ile ilgili literatürde yapılmış tek çalışmada Bostancıoğlu (1999, 2006) kattaki daire sayısının

birim maliyete etkilerini araştırmış ve kattaki daire sayısının artması ile birim maliyetin azaldığını söylemiştir. Buna göre kattaki daire sayısının artması ile birlikte; (1) merdivenlerin daha fazla alana hizmet etmesinden dolayı birim maliyetlerinin azaldığını, (2) kat alanın artmasıyla dış duvar alanının döşeme alanına oranının azaldığını, bunun da dış duvar alanına bağlı olarak dış duvar, dış sıva, dış cephe vb. birim maliyetlerinde azalmaya neden olacağını, (3) daire sayısındaki artışın ortak duvar miktarını arttırdığını bunun da birim maliyeti azaltacağını ifade etmiştir. Çizelge 2.14 ve Şekil 2.33'de kattaki daire sayısına bağlı olarak bina birim maliyetin değişimi gösterilmektedir.

Çizelge 2.14 : Kattaki daire sayısı ile birim maliyetin değişimi (Bostancıoğlu, 1999).

Kattaki Daire Sayısı	Birim Maliyet (TL/m^2)
1	6.509.180
2	5.996.920
3	5.922.615
4	5.536.190

Buna göre kattaki daire sayısı arttıkça yukarıda sıralanan nedenlerden dolayı birim maliyet azalmaktadır (Bostancıoğlu, 1999, 2006).



Şekil 2.33 : Kattaki daire sayısı ile birim maliyetin değişimi (Bostancıoğlu, 1999).

2.2.10.2 Değerlendirme

Bostancıoğlu'nun (1999 ve 2006) yaptığı çalışmalar dışında kattaki daire sayısı ile ilgili literatürde kapsamlı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Daire sayısının maliyet

üzerindeki etkisi daire büyüklüğü ile de doğrudan ilişkilidir. Aynı kat alanına farklı sayıda daire yapılabileceği için bu tasarım alternatiflerinin maliyetleri de birbirinden farklı olmaktadır. Aynı kat alanına az sayıda daire yapmak, bir başka deyişle daire büyüklüğünü arttırmak mekanik, elektrik ve hatta asansör maliyetlerini düşüreceği için daha ekonomik olmaktadır. Bu seçimde büyük oranda kullanıcı profiline ve pazarlama amacına göre değişmektedir. Bu çalışma kapsamında da kattaki daire sayısı ile birim maliyetin değişimi araştırılacaktır.

2.2.11 Saydamlık Oranı – Birim Maliyet

2.2.11.1 Saydamlık oranı ile birim maliyet arasında yapılan çalışmalar

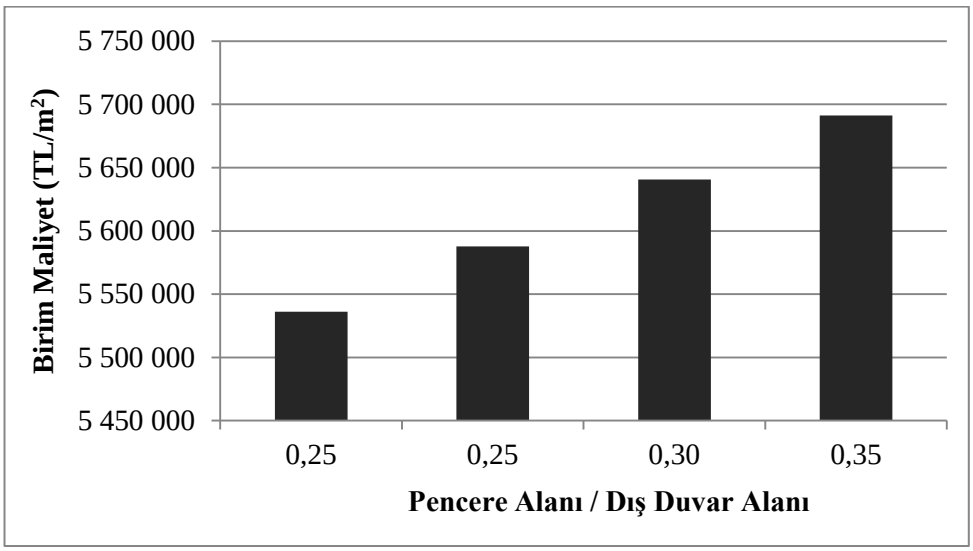
Saydamlık oranı mimari bir kavram olmakla birlikte özellikle taze hava ve gün ışığından yararlanma parametreleri açısından günümüzde özellikle yeşil bina sertifikasyonu açısında çok büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda özellikle yeşil bina konseptli projelerde bu parametreler değerlendirilmektedir. Literatürde maliyeti etkileyen bina özellikleri açısında sadece Bostancıoğlu'nun (1999, 2006) yaptığı çalışmalara rastlanmıştır. Bostancıoğlu (1999, 2006) bu çalışmalarında saydamlık oranını; dış cephe pencere alanının dış duvar alanına oranı olarak açıklamış ve bu oran arttıkça birim maliyetin de arttığını belirtmiştir. Çizelge 2.15 ve Şekil 2.34'dan görüleceği gibi dış cephe pencere alanının dış duvar alanına oranı arttıkça birim maliyet artmaktadır.

Çizelge 2.15 : Pencere alanı/dış duvar alanı – Birim maliyet (Bostancıoğlu, 1999).

Pencere Alanı/Dış Duvar Alanı	Birim Maliyet (TL/m^2)
0,25	5.536.190
0,25	5.587.840
0,30	5.640.520
0,35	5.691.245

Bu maliyet artışının nedeni olarak saydamlık oranının artması ile; dış cephe pencere alanı artmaktadır ve buna bağlı olarak cam, denizlik ve parapet gibi dış cephe elemanlarının miktarları da artmaktadır. Fakat bu elemanlardaki artışa karşılık dış cephe kaplaması, iç sıva, dış sıva ve duvar imalatı miktarları azalmaktadır. Pencere elemanlarının toplam maliyetleri diğer azalan elemanların maliyetlerinde daha

yüksek olmasından dolayı cam miktarı arttıkça birim maliyeti de artmaktadır (Bostancıoğlu, 1999, 2006).



Şekil 2.34 : Dış cephe pencere alanı/dış duvar alanı – Birim maliyet (Bostancıoğlu, 1999).

2.2.11.2 Değerlendirme

Saydamlık oranı ile ilgili Bostancıoğlu'nun (1999 ve 2006) yaptığı çalışmalar dışında literatürde kapsamlı bir çalışmaya rastlanmamıştır ve genellikle de dış duvar alanının kat alanına oranı ile birim maliyet değerlendirilmiştir. Dış duvar alanın kat alanına oranına benzer olarak pencere alanının dış duvar alanına oranı arttıkça birim maliyet artmaktadır. Bir başka deyişle bu ili değerlendirme de birbirine çok yakın sonuçlar vermektedir. Bu nedenle bu çalışma kapsamında dış duvar alanının döşeme alanına oranı kullanılmıştır ve saydamlık oranı ile ilgili bir araştırma yapılmamıştır.

2.2.12 Standardizasyon – Birim Maliyet

2.2.12.1 Standardizasyon ile birim maliyet arasında yapılan çalışmalar

Tez kapsamında incelenen tünel kalıp sistemleri standardizasyonu kısmen de olsa sağlarsa daha çok prefabrik ve modüler sistemler bu tanım kapsamına girmektedir. Ashworth'te (2004) yaptığı çalışmasında standardizasyonu, prefabrikasyon ve modüler sistemler olarak tanımlamıştır. Bu sistemlerin inşaat endüstrisinde giderek yaygınlaştığını, bu tekniklerin inşaat işlerindeki toplam verimliliği arttırdığını, bunun neticesinde maliyetlerin düştüğünü ve kalitenin de arttığını söylemiştir. Özellikle bina bileşenlerinin ve bina detaylarının standartlaşmasının birçok açıdan yarar sağladığını belirtmiştir. Buna göre standardizasyonun;

1. Öngörülebilir ürün kalitesi,
2. Kalite artışı,
3. Verimlilik artışı,
4. Sistem, işlem ve pratiklerde gelişim,
5. Maliyetlerin azalması,
6. Uzun dönemli bakım giderlerinin azalması,
7. Sosyal ve çevresel koşulların iyileştirilmesi,

gibi yararlar sağladığını. Ayrıca prefabrikasyonda bina bileşenlerinin saha dışında yapılıp sahada yerine montajının yapılmasından dolayı, zaman açısından büyük faydalar sağladığını eklemiştir. Bu yöntemin tam anlamı ile bina maliyetini etkileyen bir sebep olmasa da büyük oranda maliyet azalttığını belirtmiştir (Ashworth, 2004).

Ashworth (2004) özellikle standardizasyonun maliyeti düşürdüğünü öngörse de bu veriyi doğrulamak tez kapsamında mümkün değildir. Tünel kalıp sistemlerin prefabrik veya modüler yapılar olmaması, yerinde dökme betonarme sistemler olmasında dolayı Ashworth'ün (2004) konu ile ilgili tanımlamalarına uymamaktadır. Bu nedenden dolayı tez kapsamında standardizasyon dikkate alınmayacaktır.

2.2.12.2 Değerlendirme

Standardizasyon ile ilgili literatürde Ashworth (2004) tarafından yapılmış çalışma dışında birçok çalışma bulunmaktadır. Standardizasyon farklı bir çalışmanın konusu olmasına rağmen Ashworth (2004) tarafından maliyeti etkileyecek etkenler arasında sıralandığından bu çalışmada sadece yüzeysel olarak incelenmiştir.

2.2.13 Binaları Gruplamak – Birim Maliyet

2.2.13.1 Binaları gruplamak ile birim maliyet arasında yapılan çalışmalar

Literatürde binaların gruplanması ile ilgili Ashworth'ün (2004) yaptığı çalışma dışında herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ashworth (2004) binaların gruplanmasının ve vaziyet planı üzerindeki dağılımlarının düzenlenmesinin projelerin toplam maliyetleri üzerinde büyük etkilerinin olduğunu belirtmiştir. Buna göre binaları birbirine bağlamak yani bitişik nizamlı binalar yapmak, hatta taşıyıcı sistemlerini bir kullandırmak hem duvar hem de temel inşaatı maliyetlerini azaltacağı için toplam maliyetin de düşeceğini ifade etmiştir. Ashworth (2004) yarı bağlı evlerin sıra evlere göre %6 oranında, bağımsız binalara göre ise %10 oranında daha yüksek maliyetli olduğunu belirtmiştir. Sonuç olarak Ashworth (2004) yaptığı

çalışma ile özellikle bitişik nizamlı binaların maliyet açısından en iyi sonuçları verdiğini belirtmektedir. Ayrıca maliyetlerdeki bu azalmanın sadece inşaat süreci ile sınırlı kalmayıp aynı zamanda kullanım maliyetlerini de düşürdüğünü eklemiştir.

2.2.13.2 Değerlendirme

Çalışmadaki binaların birbirinden ayrı olmasından dolayı bu kapsamda herhangi bir değerlendirme yapılmamıştır. Sadece, binalarda ortak kullanılan imalatların maliyeti düşüreceği belirtilmiştir.

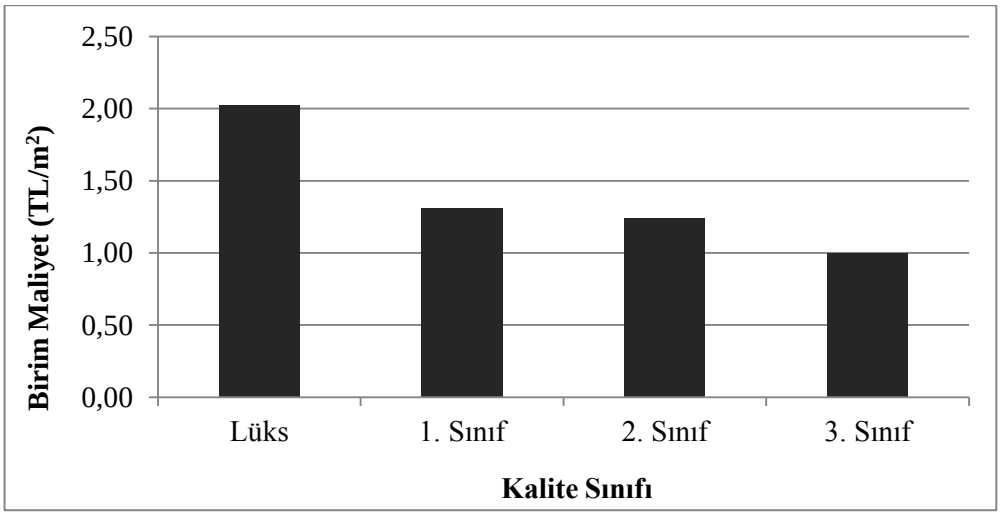
2.2.14 Kalite – Birim Maliyet

2.2.14.1 Kalite ile birim maliyet arasında yapılan çalışmalar

Kalite olgusunun çok değişken olmasından dolayı çalışma da kullanılacak tüm veri kaliteden bağımsız, genel anlamda standartlar ile belirlenmiş imalat kalemleri çerçevesinde tutulmaya çalışılmıştır. Literatür çalışmasında da sadece kalite açısından maliyete etki eden faktörler ile ilgili yapılmış çalışmalar incelenmiştir. Durmuş (1994) tarafında yapılmış çalışmada kalitenin maliyet üzerine etkisi incelenmiştir. Durmuş çalışmasında maliyetleri imalat gruplarına göre; sabit imalatlar, iç donatı elemanları (Ör. Mutfak dolabı, tezgahı, evyesi, banyolar vitrifiye elemanları vb.) ve iç bitirme imalatları (Ör. Pencereler ve aksamları, duvar ve yer kaplamaları vb.) olarak gruplandırmıştır. İnşaat standartlarını etkilemeyen ve daha çok taşıyıcı sisteme ait olan maliyetleri sabit imalatlar olarak tanımlamıştır. İç bitirme imalatları ile iç donatı elemanları maliyetlerinin ise kalite ile etkilendiğini söylemiştir. Durmuş (1994) belirtilen kalemleri, çalışmasına dahil ederken dış duvarlar, çatı ve merdivenler gibi bileşenleri çalışma kapsamına dahil etmemiştir. Kalite sınıflarını belirlemek için Maliye bakanlığının konut sınıflarını tespit için kullandığı gruplandırmadan yararlanmış ve lüks, birinci, ikinci ve üçüncü sınıf inşaat olarak binaları gruplamıştır. Daha sonra oluşturduğu gruplara göre iç donatı imalatları ile iç bitirme imalatlarını her bir grup için ayrı ayrı fiyatlandırmıştır. Fiyatlandırma yapılırken o zamanki Bayındırlık bakanlığının fiyat listesi ile o yıla ait güncel piyasa fiyatları kullanılmıştır.

Çalışmada örneklem gurubunda 3 kattan 14 kata kadar değişiklik gösteren kattaki daire sayısı 2 ile 4, toplam daire sayısı 8 ile 56 ve plan şekilleri “L”, kare ve yan yana gelen birimlerden oluşan binalar kullanılmıştır. Her bina için 4 ayrı kalite sınıfına göre toplam ve birim maliyetler hesaplanmış ve her blok için kalitenin değişimi ile

inşaat imalatları, iç donatı elemanları ve toplam alan için birim maliyetlerin nasıl değiştiği belirlemiştir. Şekil 2.35'de bu kalite sınıflarına göre birim maliyetlerin ortalama değerleri gösterilmiştir. Şekil 2.35'de üçüncü sınıf kalite maliyeti bir olarak kabul edildiğinde kalite arttıkça Maliye Bakanlığının sınıflandırmasına göre maliyetin kaç kat artacağı gösterilmiştir (Durmuş, 1994).



Şekil 2.35 : Kalite sınıfı - Birim maliyet ilişkisi (Durmuş, 1994).

Bostancıoğlu'da (1999, 2006) Durmuş'un (1984) çalışmasına benzer olarak binalarda kalitenin artması ile birim maliyetin arttığını söylemiştir. Bostancıoğlu (1999, 2006) yaptığı çalışmada imalat miktarlarını sabit tutarken kalite sınıfları ile ilişkili olarak biten imalatların kalitelerini değiştirerek imalat birim fiyatlarını değiştirmiştir. Buna göre Çizelge 2.16'dan görüleceği gibi binaların kalite sınıfları arttıkça birim maliyetleri de artmaktadır.

Çizelge 2.16 : Kalite – Birim maliyet (Bostancıoğlu, 1999).

Kalite Sınıfı	Birim Maliyet (TL/m^2)
Üçüncü Sınıf İnşaat	5.536.190
İkinci Sınıf İnşaat	5.644.310
Birinci Sınıf İnşaat	5.744.520
Lüks İnşaat	5.839.700

2.2.14.2 Değerlendirme

Kalite çok göreceli bir kavram olmakla birlikte sınırlarını da belirlemek son derece zordur. Kalite ile ilgili literatürde birçok çalışma olmasına rağmen ayrı ve daha

kapsamlı bir çalışmanın konusu olduğundan kalitenin maliyet üzerine etkisi bu çalışma kapsamında değerlendirilmeyecektir.

2.2.15 Kat sayısı - Kat Alanı – Toplam Maliyet

2.2.15.1 Kat sayısı ve kat alanı ile birim maliyet arasında yapılan çalışmalar

Bina tasarım özelliklerini etkileyen en önemli iki parametre olan kat sayısı (yapı yüksekliği) ve kat alanı ile maliyet arasında yapılmış çalışmalar çok sınırlı kalmıştır. Bu konuda literatürde Karshenas (1984), Chau ve diğ. (2007) ile De Jong ve Wamelik (2008) tarafından yapılmış çalışmalar bulunmaktadır. Her üç çalışmada da birim maliyet yerine toplam maliyet değeri kullanılmış ve toplam maliyetin kat sayısı (yapı yüksekliği) ve kat alanı ile değişimi incelenmiştir.

Karshenas (1984) ön tasarım sürecinde maliyet çalışmaları için genellikle m^2 maliyet yönteminin kullanıldığını, bunun içinde geçmiş yıllarda bina tipi, kalite ve inşaatın yapıldığı yere göre oluşturulmuş birim maliyet tutarları ile toplam inşaat alanının çarpılıp toplam maliyetin hesaplandığını belirtmiştir. Fakat bu yolla oluşturulan maliyetlerde 1 ve 2 katlı binalar için sadece inşaat alanı yeterli olurken, çok katlı binalarda bunun doğru sonuçlar vermediğini söylemiştir. Bunun için de yaptığı çalışmada hem normal kat alanı hem de yapı yüksekliği ile maliyet arasında bir ilişki belirlemeye çalışmıştır. Buna göre Amerika Birleşik devletlerinde 1968 ile 1979 yılları arasında yapılmış 2 ile 42 katlı, 7 ile 160 metre yüksekliğinde ve kat alanı 510 m^2 ile 13.000 m^2 arasında değişen 24 ofis binası kullanmıştır. Kat yüksekliği fazla ve dış cephede büyük konsollara sahip binaları çalışma kapsamı dışında tutmuştur. Ayrıca maliyet hesaplarını yaparken de peyzaj, çevre yolları, otoparklar, atık su tesisleri gibi imalatların maliyetlerini de toplam maliyete dahil etmemiştir. Çalışmada tüm bina maliyetlerini Mart 1982 yılı New York şehri birim fiyatlarına göre normalleştirmiştir. Buna göre toplam maliyeti normal kat taban alanı ile yükseklik cinsinden tanımlamış ve determinasyon katsayısı (r^2) 0,90 olan (2.9) denklemini bulmuştur;

$$C = A^{1,1045}.H^{1,1268}.e^{-0,0235}.\varepsilon \qquad (2.9)$$

"C" toplam maliyet olmak üzere "A" kat taban alanını ve "H" yapı yüksekliğini göstermektedir. "Ɛ" ise düzeltme katsayısıdır. Bu çalışma ile özellikle ön tasarım

evresinde maliyet verisinin daha kolay ve doğru olarak saptanmasını hedeflemiştir (Karshenas, 1984).

Chau ve diğ. (2007)'de Karshenas (1984) tarafından yapılan çalışmaya benzer şekilde Honk Kong'ta kaliteleri birbirine çok yakın konvansiyonel kalıp sistemi ile betonarmesi yapılmış 54 konut binası ile yaptıkları çalışmada yapı yüksekliğinin maliyet üzerine etkilerini araştırmışlardır. Aynı zamanda yapı yüksekliği dışında kat taban alanının bu ilişkiyi nasıl etkilediğini incelemişlerdir. Küçük arazilere sahip binalarda özellikle kat taban alanı ve plan verimliliği gibi parametrelerin yapı yüksekliğini belirleyen en önemli koşullar olduğunu ifade etmişlerdir. Fakat bu tip engelleyici faktörlerin olmadığı yerlerde yapı yüksekliğinin nasıl belirleneceğini ve optimum yüksekliğin ne olması gerektiğini araştırmışlar ve bunun içinde basit bir ampirik bağıntı (2.10) ortaya koymuşlardır. Buna göre;

$$C = C\,(H, FP, Q_B : \beta) \tag{2.10}$$

C: Toplam inşaat maliyeti,

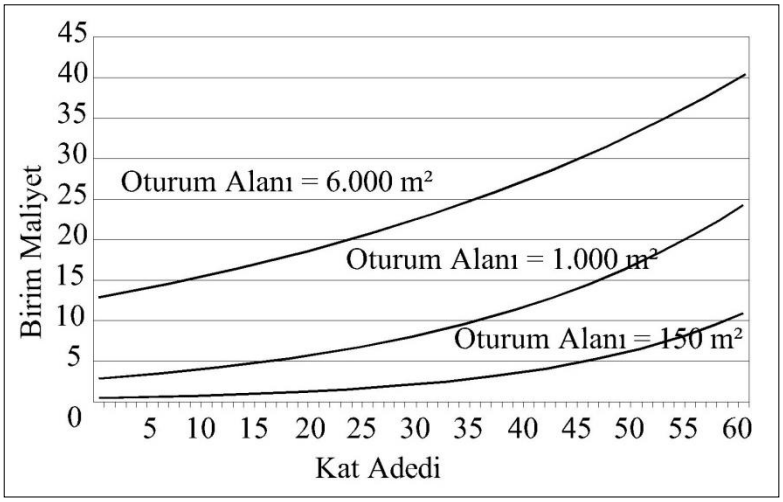
H: Yapı yüksekliği,

FP: Taban alanı,

Q_B: Yapı malzeme kalitesi,

β: Bilinmeyen faktörlerin değerlerini göstermektedir.

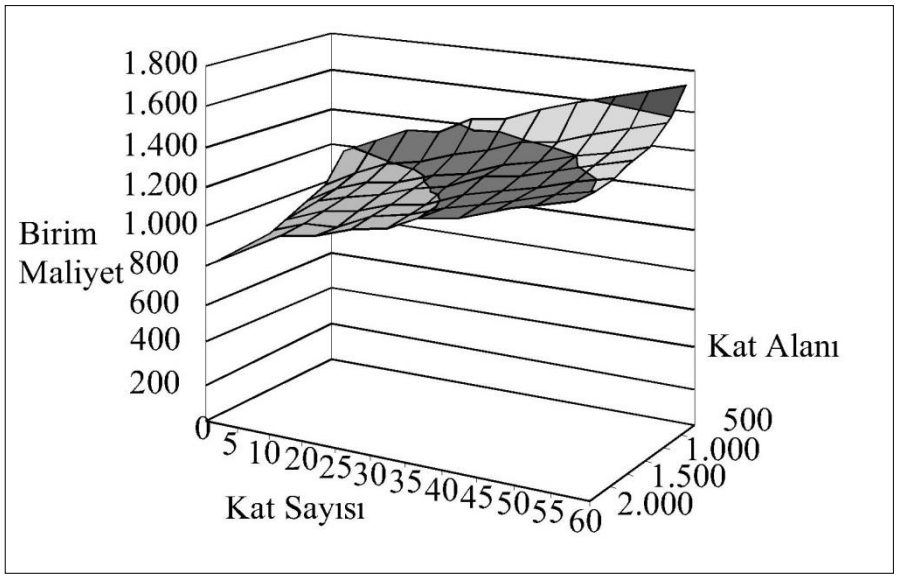
Denklem (2.10)'a göre, Chau ve diğ. (2007) yükseklik ve kat taban alanı dışındaki faktörler sabit tutulursa, maliyetin artacağını, bunun nedenini de özellikle artan malzeme ve işçilik maliyetlerinden kaynaklandığını söylemişlerdir. Chau ve diğ. (2007) yaptıkları çalışma ile toplam maliyetin bina katsayısı yani yükseklik ile arttığını, fakat bu artışın büyük kat alanına sahip binalarda daha fazla olduğunu göstermişlerdir. Şekil 2.36'dan da görüldüğü gibi kat alanı büyüdükçe kat başına düşen birim maliyet artmaktadır. Bununla birlikte kat alanı arttıkça kat sayısının artması ile birlikte maliyet daha da artmaktadır.



Şekil 2.36 : Maliyet ile kat alanı ve yükseklik ilişkisi (Chau ve diğ., 2007).

Ayrıca yaptıkları çalışmada binanın kat sayısı arttıkça her kat için artacak olan maliyetin daha da fazla artacağını belirtmişlerdir. Buna göre optimum yapı yüksekliğinin satış talebi ve çevresel koşullara göre belirlenebileceğini fakat yaptıkları çalışmada 65 katlı binaların en optimum maliyeti sağladığını ifade etmişlerdir (Chau ve diğ, 2007).

De Jong ve Wamelink'te (2008) yaptıkları çalışmada birim maliyetin kat sayısı ve kat alanı cinsinden değerlendirildiğinde en kötü sonucun yüksek katlı ve küçük kat alanlı binalarda ortaya çıktığını belirtmişleridir(Şekil 2.37).



Şekil 2.37 : Kat alanı ve kat sayısı ile birim maliyet ilişkisi (De Jong ve Wamelink, 2008).

2.2.15.2 Değerlendirme

Yapılan çalışmaların hepsinde yapı yüksekliği ve kat alanına bağlı olarak maliyetin nasıl değiştiği araştırılmıştır. Karsehenas (1984) yaptığı çalışma ile tasarım evresinde bina maliyetlerinin kat alanı ve yüksekliğine bağlı olarak belirlenebilmesi için ampirik bir bağıntı oluşturmuştur. Chau ve diğerleri (2007) ise daha çok kat alanı ve yüksekliğe bağlı olarak maliyetin nasıl değişeceğini incelemiş ve her ikisinin de artışı ile maliyetin artacağını belirtmişlerdir. De Jong ve Wamelink'te (2008) yüksek katlı ve küçük kat taban alanlı binalar da en yüksek maliyetin ortaya çıkacağını söylemişlerdir.

3. BİNA VERİLERİNİN ANALİZİ

Binaların maliyetlerinin tasarım evrelerinde belirlenmesi, özellikle fiziksel ve geometrik özelliklerin maliyete etkisinin incelenmesi, maliyetin daha düşük tutulabileceği tasarımlara olanak sağlaması açısından önem teşkil etmektedir. Binaların farklı özelliklere sahip olması aynı zamanda bu özelliklere bağlı olarak maliyetlerinin de farklı olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, tasarım sonrasında maliyet artışına neden olabilecek fiziksel ve geometrik özelliklerin önceden değerlendirilerek değiştirilmesi, yapım sırasında ortaya çıkabilecek finansal zorlukların önüne geçilmesine ve benzer özelliklere sahip daha kullanışlı binaların yapılmasına olanak sağlayacaktır. Bahsedilen nedenler çerçevesinde bu bölümde literatür çalışmasıyla belirlenen maliyete etki eden faktörler, bir başka deyişle binaların fiziksel ve geometrik özelliklerine ait büyüklükler ile binalara ait metrajlar ve bu metrajların sonucunda oluşan maliyetler hesaplanacaktır. Tüm bunlara ilaveten çalışmada izlenecek yöntem ile analizlerde kullanılan metotlarda bu bölümde detaylı şekilde açıklanacaktır.

3.1 Binaların Genel Özellikleri

Bu çalışmada İstanbul'da 2006 ile 2013 yılları arasında tünel kalıp sistemi ile betonarmesi yapılmış ve tamamlanmış, şehrin çeşitli yerlerindeki farklı projelerden alınmış 65 adet örnek bina kullanılmıştır. Ç alışmada CTBUH (2015) tarafından yüksek yapılar ile ilgili yapılan tanımlamaya yakın olarak yükseklikleri 25 metre ile 142 metre arasında değişen yani 9 ile 47 kat arası binalar incelenmiştir. Toplam kat sayısı hesaplanırken her bir kat toplama katılmış ve bodrum, zemin, normal ve son katların hepsi dahil hesap yapılmıştır. Binalara ait kat sayıları ve yükseklikleri Ek B.1'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Binaların bodrum kat sayıları 1 ile 7 arasında değişmektedir. Genel olarak çalışmadaki binaların kat sayılarının yaklaşık %11'i bodrum kattan oluşmaktadır. Yani hem statik hem de kullanım açısından binalarda yaklaşık her 10 katta bir bodrum kat ihtiyacı doğmaktadır. Çizelge 3.1'de binalara ait bodrum kat sayıları ile

görülme sıklıkları ve bodrum kat üzerindeki kat sayılarının minimum ve maksimum değerleri verilmiştir.

Çizelge 3.1 : Binaların kat sayıları.

Bina sayısı	Bodrum kat sayısı	Minimum kat sayısı	Maksimum kat sayısı
15	1	9	22
20	2	13	32
13	3	25	38
11	4	34	47
2	5	40	40
4	7	18	35

Binaların toplam brüt inşaat alanının hesaplanması ile ilgili literatürde ve pratikte birçok belirsizlik mevcuttur. Steyert (1972) yaptığı çalışmada detaylı olarak kat alanlarını tanımlamıştır (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2 : Binaların inşaat alanları.

Kod	Tanım	Açıklama
NBBA	Net bina birim alanı	Kullanılabilir kat alanı
BBBA	Brüt bina birim alanı	Net alana ilave olarak duvarlar, taşıyıcı sistem vb. altı alanlar
BSA	Bina servis alanı	Asansörler, merdivenler, koridorlar, şaftlar, elektrik ve çöp odaları vb.
EBA	Ek bina alanları	Lobi, yükleme alanları, toplantı odaları, havuz vb.
MEOA	Mekanik ve elektrik oda alanları	Vana, su sayacı vb odaları, pano, sigorta vb. odaları
BBA	Brüt bina alanı	BBA = BBBA + BSA + EBA + MEOA

Buna göre brüt alanı kullanılabilir net alan, duvarların ve taşıyıcı sistemlerin altında kalan alan, asansörler, merdivenler, koridorlar, lobi, yükleme alanları vb. gibi ortak kullanım alanlarının toplamı olarak belirtmiştir (Steyert, 1972). Çıracı'da (1996) yaptığı çalışmada brüt kat alanını bir kattaki;

1. Tüm yan ve üst yüzeyleri kapalı alanlarının,
2. Her tarafı tümüyle kapalı olmayan ancak üstü kapalı alanlarının,

3. Çeşitli elemanlar ile çevrelenen fakat üstü kapalı olmayan alanlarının toplam olarak tanımlamaktadır.

Bu çalışmada brüt kat alanı betonarme döşemenin dış kenarlarının içindeki üstü veya yanları kapalı ve hiçbir boşluk düşülmeden ölçülmüş alan olarak hesap edilmiştir. Toplam brüt inşaat alanı ise tüm katların brüt alanlarının toplamıdır. Bir başka deyişle bir binadaki bodrum katlar, zemin kat, zemin üstü katlar (normal katlar) ve çatı katının brüt kat alanlarının toplamı brüt inşaat alanı olarak alınmıştır.

Yukarıda açıklandığı şekilde hesaplandığında çalışmadaki binaların bodrum katlarının alanları 413 m^2 ile 1.268 m^2, normal katlarının alanları 455 m^2 ile 1.075 m^2, son katlarının alanları ise 54 m^2 ile 415 m^2 arasında değişmektedir ve Ek B.2'de kat inşaat alanları ile toplam inşaat alanları detaylı şekilde verilmiştir.

Binalara ait kat yüksekliği hesaplanırken tüm binalarda aynı olacak şekilde alt döşemenin üst kotu ile üst döşemenin üst kotu arasındaki mesafe santimetre cinsinden ölçülmüştür. Buna göre, Ek B.3'de detayları verildiği gibi binaların kat yükseklikleri bodrum katlarda 280 cm ile 375 cm, zemin ve normal katlarda 280 cm ile 310 cm arasında, son katlarda ise 280 cm ile 465 cm arasında değişmektedir. Çalışma kapsamında kullanılan tüm binaların ortalama bodrum kat yüksekliği 314,03 cm, zemin kat ortalama kat yüksekliği 290,51 cm, normal kat ortalama kat yüksekliği 293,63 cm, son kat ortalama kat yüksekliği ise 402,62 cm'dir. Tüm bina katlarını dikkate aldığımızda ise ortalama kat yüksekliği 299,75 cm olmaktadır.

Toplam çevre uzunluğu hesaplamasında belirli bir kuralın olmayışından dolayı veri toplanırken ölçümler çok farklı şekilde yapılabilmektedir. Örneğin dış duvarların iç ölçüleri alınabileceği gibi dış ölçüleri de alınabilmektedir. Bu da hatalı sonuç ve karşılaştırmalara sebebiyet vermektedir. Bu çalışmada çevre uzunluğu hesaplanırken duvarlar yerine betonarme döşemenin dış kenarları göz önüne alınmıştır ve bu kenar uzunlukları çevre ölçüsü olarak hesaplanmıştır. Binalara ait katların dış çevre uzunlukları ile en/boy oranları Ek'B.3 de ayrıntılı şekilde verilmiştir. En boy oranı hesaplanırken de çevre ölçümü sırasında alınan yöntem dikkate alınmış ve betonarme döşemelerin en uç kenar noktasından ölçüm yapılmıştır. Plan şekli daire olan binaların en/boy oranları 1,000 olarak kabul edilmiştir. En/boy hesabı yapılırken uzun kenarın kısa kenara oranı olarak hesaba katılmıştır.

Binalarda 28 ile 340 arasında değişen farklı sayılarda 1+1, 2+1, 3+1 ve 4+1 daireler bulunmaktadır. Çalışmadaki binaların daire dağılımları yüzdesel olarak; %26,4 1+1, %20,1 2+1, %45,9 3+1 ve %7,6 4+1'dir. Detaylı daire dağılımları Ek B.4'de verilmiştir.

Buraya kadar tanımlanan bina özelliklerini özetlersek; çalışmada yüksekliği 25 metre ile 142 metre (9 ile 47 kat) olan, normal kat alanı 455 m^2 ile 1.075 m^2 arasında değişen 65 adet bina kullanılmıştır. Binaların genel özelliklerine ait özet bilgi Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.3 : Binaların genel özellikleri.

Özellikler	Değerler
Yükseklik	25 - 142 m
Kat Sayısı	9 – 47
Toplam inşaat alanı	3.675 - 42.000 m^2
Normal kat inşaat alanı	455 - 1.075 m^2
Bina geometrisi	Dörtgen ve dairesel
Kat yüksekliği	2,80 – 3,10 m
Dairelerdeki oda sayıları	1, 2, 3 ve 4 odalı
Toplam daire sayısı	28 – 340
Bodrum kat sayısı	1 ~ 7
Kullanılan beton sınıfları	C25, C30, C35, C40
Kullanılan beton çeliği sınıfı	S 420a

Bu bölümde açıklanan tüm bina özellikleri dışında maliyet farklılıklarına neden olabilecek daha birçok faktör bulunmaktadır. İşin süresi, projenin tümünün büyüklüğü, yapan firmanın finansman koşulları, işin yapıldığı yere ait iklim koşulları, yerel ve bölgesel farklılıklar, idarelerin ve standartların yapısı gibi koşullarda maliyeti büyük oranda etkilemektedir. Fakat maliyet farklılıklarını bina özelliklerin kapsamında değerlendirebilmek açısından diğer faktörler çalışma kapsamı dışında tutulmuştur ve her bina için sabit olduğu kabul edilmiştir.

3.2 Yöntem

Literatürde, bina fiziksel ve geometrik özellikleri ile bina maliyeti arasındaki ilişkilerin analiz edildiği çalışmalar incelendiğinde iki yöntemin kullanıldığı

görülmektedir (Warszawski 2003). (1) örnek binalar üzerinde tasarım alternatiflerine göre istatistiki analizler yapmak (Tragenza 1972, Flanagan and Norman 1978, Newton 1982, Picken and Ilozor 2003, Blackman ve Picken 2010), (2) farklı tasarım özelliklerindeki (ör., yükseklik) binaların modellerini oluşturarak ilgili maliyetlerin hesaplanması ve aradaki farkların analiz edilmesi (Steyert, 1972; Bostancıoğlu, 1999; De Jong and Wamelink; 2008). Birinci yöntemde örnekler farklı tasarım özelliklerine (ör., yükseklik, kat alanı) sahip olmakta ve analizlerde binaların gerçek maliyet değerleri kullanılmaktadır. Bu yöntemle ilgili en önemli zorluk, istatistiksel analiz yapabilmek için yeterli sayıda projelendirilmiş ya da tamamlanmış yapıya ait maliyet verisini temin etmektir. Gerçek ve doğru maliyet verisine ulaşmanın zorluğundan dolayı (Warszawski, 2003) önceki çalışmalar incelendiğinde, bu tür çalışmaların sadece 10 ile 36 örnek bina için yapılabildiği ve kısıtlı kaldığı görülmektedir. İkinci yöntemde, tip model bina seçimi yapılmakta ve bu tip model üzerinde farklı tasarım alternatifleri denenerek maliyetleri hesaplanmaktadır. Bu yöntemde karşılaşılan zorluk ise, mevcut binaları temsil edebilecek bir tip binanın seçilmesi ve binaların projelendirilmesi için çok uzun bir tasarım süreci gerektirmesidir (Warszawski, 2003).

Çalışmada ilk yöntem izlenmiştir ve firma kayıtları baz alınarak elde edilen, 2006 ile 2013 yılları arasında farklı projelerde tünel kalıp sistemi ile yapılmış ve tamamlanmış 65 çok katlı binaya ait gerçek maliyet verileri kullanılarak istatistiksel analizler yapılmıştır. Bu çalışmada yüksekliği 25 metre ile 142 metre (9 ile 47 kat) arasında değişen binalar yüksek yapı olarak kabul edilmiş ve incelenmiştir. Bina yüksekliği, tabandan en yüksek mimari elemanın uç noktasına kadar olan mesafe olarak alınmıştır (Emporis, 2015). Kat taban alanı, normal kat plan şeklinin toplam alanıdır (Steyert, 1972; Emporis, 2015) ve bu çalışmada 455 m^2 ile 1.075 m^2 arasında değişmektedir.

Analizlerde binalara ait maliyet, yükseklik, kat sayısı, kat yüksekliği, kat brüt alanı, toplam brüt alan, plan şekli, kat çevresi, kat en/boy oranı, bina hacmi, daire sayısı, daire alanı, duvar yüzey alanı verileri kullanılmıştır. Maliyet bilgileri, binaya ait toplam maliyet, iş grupları bazında maliyet (temel ve bodrum katları içeren zemin kat altı kaba inşaat, zemin ve üst katları içeren zemin kat üstü kaba inşaat, dış ve iç duvarlar, ince inşaat işleri, mekanik, elektrik ve asansör işleri) ve bazı temel iş kalemlerine ait maliyet (ör., kalıp, demir, beton) verilerini içermektedir. Çalışmada

birim maliyetin bina fiziksel ve geometrik özellikleri ile değişimi araştırılmıştır ve bu ilişki genel olarak dört grupta incelenmiştir, (1) toplam bina birim maliyeti, (2) iş grupları bazında birim maliyet, (3) ana iş kalemleri (ör., kalıp, demir, beton) bazında birim maliyet (4) malzeme ve işçilik bazında toplam birim maliyet. Birim maliyet ile bina özellikleri arasındaki analizler, Bennett (1982) tarafından verilen kırılıma benzer şekilde, hem toplam maliyet hem de Çizelge 3.4'de verildiği şekilde iş grupları ile bazı temel iş kalemleri için ayrı ayrı yapılmıştır. Blackman ve Picken'da (2010) yaptıkları çalışmada verilen ve Çizelge 3.5'de verilen bu çalışmada yapılana benzer bir iş grubu ve iş kalemi kırılımı kullanmışlardır.

Çizelge 3.4 : Binalara ait iş grupları ve iş kalemleri.

İş grubu	İş kalemi	Açıklama
Temel ve bodrum katlar (zemin kat altı) kaba inşaat işleri maliyetleri	Kalıp, demir, beton işleri malzeme ve işçilik maliyetleri	Temel, kolonlar, döşemeler, kirişler ve merdivenlerdeki betonarme işleri
	Kule vinç kirası, montaj ve demontaj maliyetleri	
Zemin üstü katlar (zemin kat üstü) kaba inşaat işleri maliyetleri	Kalıp, demir, beton işleri malzeme ve işçilik maliyetleri	Kolonlar, döşemeler, kirişler ve merdivenlerdeki betonarme işleri
	Kule vinç kirası, montaj ve demontaj maliyetleri	
Dış ve iç duvar işleri maliyetleri	8,5 ve 13,5 cm'lik tuğla duvar malzeme ve işçilik maliyetleri	Bina dış cephesi ve iç bölme duvar işleri
İnce inşaat işleri maliyetleri	Sıva işleri malzeme ve işçilik maliyetleri	Duvar sıva işleri
		Tavan sıva işleri
	Şap işleri malzeme ve işçilik maliyetleri	Zemin şap işleri
Mekanik işleri maliyetleri	Mekanik işler malzeme ve işçilik maliyetleri	Bitirme işleri dışındaki pis su ve temiz su, yangın ve havalandırma tesisatları
Elektrik işleri maliyetleri	Elektrik işleri malzeme ve işçilik maliyetleri	Bitirme işleri dışındaki topraklama ve yıldırımdan korunma, borulama ve kablolama işleri
Asansör işleri maliyetleri	Yolcu ve yük asansörleri malzeme ve işçilik maliyetleri	Yolcu ve yük asansörlerinin temini ve montajı
Kule vinç maliyetleri	Kule vinç kira, montaj, demontaj ve nakliye maliyetleri	Kule vincin nakliyesi, montajı, kaba inşaat süresince çalışır durumda olması ve demontajı

Çizelge 3.5 : Blackman ve Picken (2010) imalat grup ve kalemleri dağılımı.

İmalat Grupları	İmalat Kalemleri
Başlangıç İşleri	
Zemin kat altı kaba inşaat işleri	
Zemin kat üstü kaba inşaat işleri	Kolonlar
	Döşemeler
	Merdivenler
	Çatı
	Dış duvarlar
	Pencereler
	Dış kapılar
	İç duvarlar
	İç bölmeler
	İç kapılar
İnce inşaat işleri	Duvar
	Zemin
	Tavan
Bağlantı parçaları	Bağlantılar
	Özel parçalar
Ek işler	Sıhhi tesisat
	Mekanik tesisat
	Yangın tesisatı
	Elektrik tesisatı
	Asansörler
	Özel işler
Dış işler	
Öngörülmeyen işler	

Newton'da (1982) çalışmasında birim maliyeti, brüt kat alanına düşen maliyet olarak tanımlamıştır. Bu çalışmada da analizler yapılırken kullanılan birim maliyetler, maliyetin (ör., toplam maliyet, iş kalemleri bazında maliyet) brüt inşaat alanına bölünmesi ile bulunmuştur.

Bir sonraki bölümde bu bölümde açıklanan maliyet özellikleri çerçevesinde analizlerin yapılması için kullanılan yöntem açıklanacaktır.

3.3 Regresyon Analizleri

Çalışmada bina fiziksel ve geometrik özellikleri ile maliyet arasındaki ilişkiler regresyon analizi yöntemi ile incelenmiştir. Regresyon yöntemi; matematiksel olarak çok iyi tanımlanmış bir alt yapıya sahip olmasından dolayı 1970'lerden beri maliyet tahminlerinde sıkılıkla kullanılmaktadır (Verlinden ve diğ., 2008). Bu çalışmada da

maliyetler ile bina özellikleri arasındaki ilişkiler incelenirken, bundan önce birçok çalışmada kullanılan (Flanagan and Norman, 1978; Picken and Ilozor, 2003; Blackman and Picken, 2010) ve maliyet tahmininde başvurulan en yaygın yöntemlerden biri olan istatistiksel regresyon analizi yöntemi kullanılmıştır. Regresyon analizleri hem analitik hem de tahmine dayalı metotlar ile yeni değerlerin araştırılmasında genellikle en kuvvetli ve güvenilir istatistiksel yöntem olarak tanımlanır (Kim ve diğ., 2004). Lowe ve diğ. (2006) de maliyet analizlerinde istatistiksel regresyon analizi yönteminin birçok açıdan da en kabul edilebilir metot olduğunu belirtmişlerdir.

Regresyon analizi, bir bağımlı değişkenin bir ya da birden fazla bağımsız değişkene istatistiksel bağımlılığı olarak ifade edilir. Regresyon analizi; (1) bağımlı değişkenin değerini en az bir bağımsız değişkenin değerine bağlı olarak tahmin eder, (2) bağımsız değişkendeki değişimlerin bağımlı değişkendeki etkilerini açıklar. Bir başka deyişle bağımlı değişken: açıklamak istediğimiz değeri, bağımsız değişken ise bağımlı değişkeni açıklamakta kullanılan değeri ifade eder (Freund ve Walpole, 1987). Regresyon modelleri matematiksel fonksiyonlardır ve genel olarak (3.1) denklemi ile ifade edilmektedirler.

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \cdots + a_nx_n \qquad (3.1)$$

Bu denklem (3.1) çok sayıda veriyi içeren istatistiki analiz sonucunda regresyon analizi yöntemi kullanılarak ortaya konulur. Değişkenler arasındaki ilişkinin belirlendiği grafiklere saçılma grafikleri denir. Bu grafiklerde "x" ve "y" değerlerinin kesişim noktaları gösterilmektedir ve regresyon çizgileri bu noktalara en yakın şekilde oluşturulmaktadır. Regresyon çizgilerinin bu noktalara yakınlığı korelasyon katsayısı (r) (Correlation Coefficient) ile ifade edilir. Korelasyon katsayısının (r) -1'e yakın olması, değişkenler arasında güçlü bir negatif ilişki olduğunu, +1'e yakın olması ise güçlü bir pozitif ilişki olduğunu gösterir. Determinasyon katsayısı (r^2) ise (Coefficient of Determination) bağımlı değişkendeki değişkenliğin bağımsız değişkenin değişkenliğiyle açıklanan kısmını ifade etmektedir. Bir başka ifade ile regresyon analizinde bağımlı değişkenin değeri diğer bağımsız değişkenlere göre tahmin edilmekte ve determinasyon (r^2) katsayısı ile bu değerler arasındaki ilişki ölçülmektedir. Determinasyon katsayısı 1'e yaklaştıkça bu iki değer arasındaki ilişkinin güçlü, 0'a yaklaştıkça ise zayıf olduğu söylenebilir.

Bu çalışmada regresyon analizleri ile yapılan, tüm diğer değerler sabit tutulduğunda seçilen bina özelliğinin maliyet üzerine etkisi araştırılacaktır. (Freund ve Walpole, 1987; Bayazıt ve Oğuz, 1994; Novak ve Collins, 2000). Maliyet ile bina özellikleri arasındaki ilişkilerin belirlenebilmesi için D-Plot Grafik yazılım programı yardımıyla tek değişkenli parabolik regresyon analizleri yapılmıştır ve değişkenler arasındaki ilişki determinasyon katsayısı ile belirlenmiştir. Regresyon analizlerinde bir bağımlı bir de bağımsız değişken kullanılmıştır.

Buna göre, "x" bağımsız değişkenini;

I. Kat sayısı (adet),
II. Yapı yüksekliğini (m)
III. Brüt inşaat alanı (m^2)
IV. En/boy oranı (m/m)
V. Plan verimliliği ve plan şekli indeksleri
VI. Bina hacmi (m^3)
VII. Kat çevresi (m)
VIII. Duvar yüzey alanı / kat alanı (m^2/m^2)
IX. Kat alanı (m^2)
X. Daire alanı (m^2)
XI. Daire sayısı (adet)

"y" bağımlı değişkenini;

I. Birim maliyetler (TL/m^2)
II. Net / brüt alan (m^2/m^2)
III. Plan verimliliği ve plan şekli indeksleri
IV. Daire alanı (m^2)
V. İş kalemleri ve iş gruplarının maliyetlerinin toplam maliyeti oranı (%)

ifadeleri temsil etmektedir. Analizler sonucunda çıkan denklemler ikinci dereceden polinom denklemleridir ve (3.2) ile ifade edilmektedir.

$$y = ax^2 + bx + c \qquad (3.2)$$

Bunlara ilaveten toplam maliyet ile yükseklik ve kat alanı arasındaki ilişkilerin belirlenebilmesi için çok değişkenli doğrusal regresyon analizleri yapılmıştır. D-plot programının sadece iki değişkenli doğrusal regresyon analizi yapmasından dolayı,

çok değişkenli doğrusal regresyon analizlerinde Mathematica programı kullanılmıştır. Bu regresyon analizinde bir bağımlı iki de bağımsız değişken kullanılmıştır ve değişkenler arasındaki ilişki determinasyon katsayısı ile belirlenmiştir. Buna göre, "x_1" adet cinsinden bina kat sayısını ifade eden birinci bağımsız değişkeni, "x_2" metrekare cinsinden kat alanını ifade eden ikinci bağımsız değişkeni ve "y" ise TL cinsinden toplam maliyeti ifade eden bağımlı değişkeni temsil etmektedir. Analizler sonucunda çıkan denklem birinci dereceden denklemdir ve (3.3) ile ifade edilmektedir.

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_1x_2 \tag{3.3}$$

Maliyet hesapların yapılabilmesi için "x_1", "x_2" gibi değerlerin tasarım süreçlerinde belirlenebilmesi ve projeler üzerinden ölçülüyor olması gerekmektedir (Freund ve Walpole, 1987; Kim ve diğ., 2004). Bu şekilde maliyet hesaplamanın birim maliyet ile inşaat alanının çarpıldığı basit yöntemlerden farklı olarak avantajı belirli bina özelliklerinin (kat alanı, kat sayısı vb.) maliyete yansıyor olmasıdır. Bu şekilde maliyetin hesaplanması ile farklı seçenekler arasında kolaylıkla karşılaştırılma yapılması ve maliyetin düşürülmesi için bina özelliklerinin değiştirilmesi sağlanmış olur. Özellikle, ülkemizde TAKS, KAKS ve h_{max} değerlerine bağlı şekilde tasarım yapıldığı koşullarda, bu denklem yardımıyla farklı tasarım alternatifleri arasında optimum tasarım seçilebilir.

Gerçekleştirilen tüm analizlerde kurulan hipotez testleri yönsüz ve çift kuyrukludur. Hipotez testinin tek veya çift kuyruklu olması hipotezin oluşturulma biçimine bağlıdır Çift kuyruklu hipotezler yön belirtmeyen ve parametre ile değer arasında eşitliğin olup olmadığına bakan hipotezlerdir. Yönsüz hipotezler, çift kuyruklu analiz ile test edilir ve çift kuyruklu analizde değişkenler arasındaki ilişkinin yönü bilinmemektedir (Freund ve Walpole, 1987; Bayazıt ve Oğuz, 1994; Novak ve Collins, 2000).

3.4 Maliyet Çalışmaları

İnşaat sektörü, ortaya çıkan ürünün yüksek maliyetli ve bir defaya mahsus olmasından dolayı diğer tüm sektörlerden büyük oranda ayrılmaktadır (Bostancıoğlu, 1999). Bu sektörde, maliyet tahmininin doğru ve gerçekçi yapılması, sürecin devamlılığı ve tamamlanmasına yönelik uygun kararların verilmesi ve eldeki

kaynakların etkin biçimde kullanılması açısından büyük önem taşımaktadır (Hall ve Tomkins, 2001). Maliyet; genel anlamda üretimde bir mal elde edilinceye kadar harcanan tüm değerlerin toplamı olarak tanımlanmaktadır. İnşaat sektörü açısından baktığımızda ise maliyet; herhangi bir imalat miktarı ile birim fiyatının çarpımından oluşmaktadır. Maliyeti oluşturan iki bileşenden biri olan birim fiyatlar sabit tutulursa binalardaki maliyet farklılıklarının sadece miktarlardaki farklardan kaynaklanacağı açıktır. Miktarlardaki farklılıkların da inşaat işlerinde imalat farklılıklarından ve dolayısıyla bina özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenlerden dolayı çalışmada kapsamında belirlenen imalat kalemlerinin birim fiyatları tüm örnek binalar için sabit tutulmuştur.

Bina maliyetlerini hesaplamak için binalara ait mimari, statik, elektrik ve mekanik projeler üzerinden detaylı metraj çalışmaları yapılmıştır. AutoCAD ortamındaki mimari ve statik projeler, Allplan programında üç boyutlu olarak yeniden çizilmiştir. Binalara ait üç boyutlu bodrum kat, normal kat planları ile bina dış görünüşleri Ek A'da verilmiştir. Allplan yardımıyla çizilen projelerden elde edilen detaylı metrajlara ait verileri ise Ek B.5 ve Ek C'de verilmiştir.

Metrajlar sonucunda çıkan değerler ile ilgili birim fiyatlar çarpılarak toplam bina maliyetleri oluşturulmuştur. Birim fiyatların belirlenmesinde; Türkiye'de ve dünya genelinde gerçek anlamda kesin ve ortak kullanılan bir birim fiyat veri bankası olmadığı için binaların yapıldığı yer ve koşullardaki güncel birim fiyatlar kullanılmıştır (Eker, 2003). Tüm birim fiyatlar 2013 yılı piyasa koşullarına göre belirlenmiştir ve birim fiyatlara her türlü işçilik, malzeme, kule vinç ve makine-ekipman maliyetleri dahildir. Fakat birim fiyatlar şantiye koşullarında oluşacak genel gider, personel gideri, iş güvenliği vb. giderlerini kapsamamaktadır. Bunun nedeni olarak da binaların dahil olduğu projelerin büyüklüklerinin birbirlerinden çok farklılık göstermesi bu maliyetleri çok etkileyeceğinden bu kalemler dahil edilmemiştir. Bunlara ilaveten Kuruoğlu ve Sevim'in (2011) yaptıkları çalışmada belirtikleri gibi hava koşullarının imalat performansı üzerine etkileri olsada, bu etkileri belirlemek başka bir çalışmanın kapsamında değerlendirilebileceğinden bu çalışma kapsamında hava koşulları ile özellikle yüksek binalarda ki rüzgar etkileri göz ardı edilmiş ve tüm doğal koşulların sabit olduğu kabul edilmiştir.

Maliyet hesapları yapılırken inşaat sektöründe dış etkenlerin çok fazla olması, çoğu imalata ait standartların bulunmaması ve özellikle birçok imalat kaleminin kalite ile

dış faktörlere bağlı olarak fiyatlarının çok değişkenlik göstermesinden dolayı bazı sınırlamalar getirilmiştir. Bu nedenlerden dolayı imalat maliyetleri açısından belli bir çerçeve içerisinde çalışılmıştır. Çalışmadaki iş kalemleri kaliteden bağımsız ve genel şartnameler ile tanımlanan imalatlar ile sınırlandırılmıştır. Zemin koşullarının çok değişken olması, zeminin projenin yerine bağlı olarak değişiklik gösterecek olmasından dolayı kazı ve dolgu işleri ile iksa işleri, kalite ve malzeme seçimlerine bağlı olarak fiyatları çok değişkenlik gösterebileceğinden izolasyon işleri, dış cephe işleri, ince inşaat işleri ile elektrik ile mekanik işlerine ait tamamlanma işleri maliyet analizlerine dahil edilmemiştir. Literatürdeki diğer bazı çalışmalarda farklı olarak merdivenlerin kaba inşaat işlerine ait maliyet hesapları, döşeme betonarme imalatının içerisinde hesap edilmiştir. Merdivenlerin döşemelerin bir parçası olduğu ve hem malzeme hem de işçilik olarak döşeme imalatından ayrılamayacağı düşünülerek ayrı bir kalem olarak değerlendirilmemiştir. Son kat döşemeleri gezilebilir çatı olarak projelendirilmiş, bu nedenle ayrıca çatı imalatına gerek kalmamıştır. Bu nedenle çatı katı imalatlarına ait maliyetler zemin üstü katlar inşaat işleri içerisinde değerlendirilmiştir.

3.4.1 Birim fiyatlar

Çalışma kapsamında bina imalatlarına ait birim fiyatları, inşaat işleri, mekanik ve elektrik işleri ile asansör ve kule vinç iş gruplarını kapsamaktadır. İnşaat işlerine ait iş kalemleri ve maliyet çalışmalarında kullanılan birim fiyatlar Çizelge 3.6'da gösterilmiştir. Tüm birim fiyatlar 2013 yılı piyasa fiyatlarında alınmıştır ve işçilik ve malzeme birim fiyatları olarak ayrı ayrı gösterilmiştir.

Çizelge 3.6 : İnşaat işleri birim fiyatları.

İş kalemi	Açıklama	Birim	İşçilik birim fiyatı (TL)	Malzeme birim fiyatı (TL)	Toplam birim fiyat (TL)
Temel kalıp	Kalıp ve sarf malzemeleri	m^2	11,00	2,50	13,50
Temel demir	Nervürlü demir ve sarf malzemeleri	ton	195,00	1.250,00	1.445,00
Temel beton	C25	m^3	3,50	108,00	111,50
	C30	m^3	3,50	115,00	115,00
	C35	m^3	3,50	122,00	122,00
	C40	m^3	3,50	126,00	126,00
Katlar kalıp	Kalıp ve sarf malzemeleri	m^2	19,00	3,50	22,50
Katlar demir	Nervürlü demir ve sarf malzemeleri	ton	380,00	1.250,00	1.630,00
Katlar beton	C25	m^3	8,50	108,00	116,50
	C30	m^3	8,50	115,00	123,50
	C35	m^3	8,50	122,00	130,50
	C40	m^3	8,50	126,00	134,50
Tuğla Duvar	13.5 Tuğla duvar	m^2	9,50	9,40	18,90
	8.5 Tuğla duvar	m^2	9,50	8,20	17,70
Şap	Ortalama 7 cm kalınlığında	m^2	6,50	9,62	16,12
Duvar Alçı Sıva	Ortalama 5 cm kalınlığında	m^2	7,00	5,50	12,50
Tavan Alçı Sıva	Ortalama 2 cm kalınlığında	m^2	6,00	4,00	10,00
Duvar Kara Sıva	Ortalama 3 cm kalınlığında	m^2	10,00	2,40	12,40

Mekanik ve elektrik işlerine ait iş kalemleri Çizelge 3.7'de verilmiştir. Bu iki iş grubuna ait maliyet hesaplarının ayrı bir mühendislik disiplinin uzmanlık alanı olmasında dolayı, bu imalatların maliyetleri ile ilgili konunun profesyoneli olan mühendislerden destek alınmıştır. Blok bazındaki mekanik işlere ait maliyet çalışmaları Ek D.1'de, elektrik işlere ait maliyet çalışmaları Ek D.2'de verilmiştir. Asansör maliyetlerinde projelerin alındığı firmanın sözleşme bilgileri kullanılmıştır. Yolcu ve yük asansör sayıları ile maliyetlerine ait bilgiler Ek D.3 bölümünde verilmiştir. Asansör işlerine benzer şekilde, kule vinç maliyetleri de firmadan alınmıştır. Kule vinç maliyetleri oluşturulurken, binalarda kullanılan kule vinçlerin

inşaat süresi boyunca bina üzerinde kalacağı öngörülmüş ve bu sürelere uygun olarak firmadan alınmış olan aylık kira maliyetlerine göre toplam kule vinç maliyetleri oluşturulmuştur. Kule vinçler ile ilgili oluşturulan tüm maliyet bilgileri ve tabloları Ek D.4'de verilmiştir. Bunlara ilaveten çalışma kapsamında kullanılan bazı önemli bina büyüklükleri ve maliyetleri ile ilgili histogramlar da Ek E'de verilmiştir.

Çizelge 3.7 : Mekanik ve elektrik işleri detaylı iş kalemleri.

İş grubu	İş kalemi	Açıklama
Mekanik İşler	Sıhhi Tesisat İşleri	PPR-C soğuk su boruları
		CTP sıcak su boruları
		PVC pissu boruları
		PVC pissu havalık borusu
	Isıtma Tesisatı İşleri	Kollektörler
		Vanalar
		Radyatör boruları
	Havalandırma Tesisatı İşleri	Havalandırma kanalları
	Yangın Tesisatı	Sprinkler
		Siyah borular
	Topraklama ve Yıldırımdan Korunma Tesisatı	Topraklama tesisatı
		Yıldırımdan korunma tesisatı
Elektrik İşleri	Elektrik Borulama İşleri	Beton içi borulama ve rezervasyon işleri
		Duvar içi borulama ve rezervasyon işleri
		Tava ve merdiven montajları
	Elektrik Kablolama İşleri	Kuvvetli akım kablolama
		Zayıf akım kablolama
		Busbar enerji dağıtım sistemleri
	Pano ve Şalt Malzemeleri Montajları	Sigorta montajları
		Sayaç pano montajları
		Ana pano montajları
		Asansör panosu montajı

3.4.2 İmalat kalemlerine ait ölçüm metotları

Tüm iş kalemlerine ait ölçüm metotları aşağıda detaylı şekilde sıralanmıştır. Tüm bina projeleri üzerinden önceki bölümlerde detaylı şekilde açıklanan yöntemlere göre metraj çalışmaları yapılmıştır.

3.4.2.1 Temel kaba inşaat işleri

Temel betonarme düz veya eğri kalıp işleri:

Beton gören kalıp yüzeyleri projesi üzerinden m^2 olarak hesaplanır. Tüm takviye sistemleri, her türlü iş ve kalıp iskelesi bedeli birim fiyata dahildir.

Demir işleri:

Proje üzerinden montajı tamamlanıp yerine yerleştirilen betonarme demirlerinin metre cinsinden miktarı hesaplanır ve bulunan miktar kilogram birimli metraja dönüştürülür. Demirlerin metre ağırlıkları dönüştürülürken "TS 708: Betonarme için donatı çeliği" standardından alınmıştır (TSE, 2010).

Beton işleri:

Proje üzerinden beton dökülecek yer hacim (m^3) olarak hesaplanır.

3.4.2.2 Katlar kaba inşaat işleri

Kalıp işleri:

Betonarme düz veya eğri kalıp yapılması Beton gören kalıp yüzeyleri projesi üzerinden m^2 olarak ölçülmesidir. Tüm takviye sistemleri, her türlü iş ve kalıp iskelesi bedeli birim fiyata dahildir.

Demir işleri:

Proje üzerinden montajı tamamlanıp yerine yerleştirilen betonarme demirlerinin metre cinsinden miktarı hesaplanır ve bulunan miktar kilogram birimli metraja dönüştürülür. Demirlerin metre ağırlıkları dönüştürülürken "TS 708: Betonarme için donatı çeliği " standardından alınmıştır (TSE, 2010).

Beton işleri:

Proje üzerinden beton dökülecek yer hacminin (m^3) olarak ölçülmesidir.

3.4.2.3 Duvar işleri

8,5 cm'lik ve 13,5 cm'lik tuğla duvar imalatı yapılan yüzeylerin net alanının proje üzerinden tüm boşluklar düşülerek m^2 birimi cinsinden alanının ölçülmesidir.

3.4.2.4 Şap işleri

Şap imalatı yapılan yüzeylerin net alanının, proje üzerinden m^2 birimi cinsinden alanının ölçülmesidir.

3.4.2.5 Sıva işleri

Sıva imalatı yapılan yüzeylerin net alanının, tüm boşluklar düşülerek, m² birimi cinsinden alanının ölçülmesidir.

3.4.2.6 Mekanik işler

Mekanik projeleri üzerinden bitirme işleri sıhhi tesisat, ısıtma tesisatı, havalandırma tesisatı ve yangın tesisatındaki boruların metre, vanaların ve diğer bağlantı parçalarının adet cinsinden miktarları.

3.4.2.7 Elektrik işleri

Elektrik projeleri üzerinden bitirme işleri dışındaki topraklama ve yıldırımdan korunma, borulama ve kablolama ile pano şalt malzemeleri montaj işlerindeki boru, kablo, busbar, tava ve merdivenlerin metre, sigorta ve sayaç malzemelerin adet cinsinden miktarları.

3.4.2.8 Asansör işleri

Her bina için projesinde belirtilen sayı ve özelliklerdeki yolcu ve yük asansörlerinin adet cinsinden miktarıdır.

3.4.2.9 Kule vinç işleri

Her bina için kule vincin kaba inşaat süresi boyunca bina üzerinde kaldığı süredir.

4. ANALİZLER

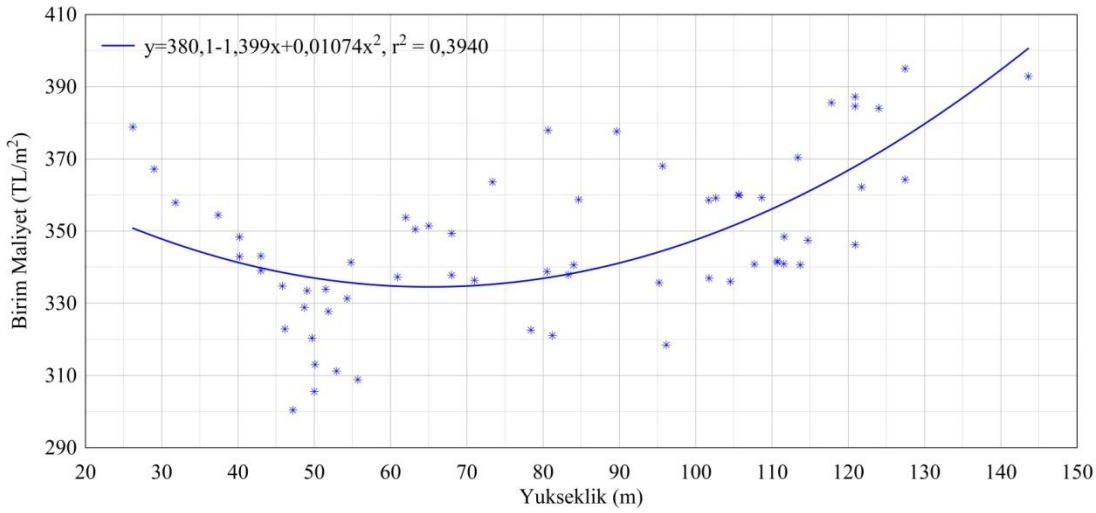
Bu bölümde bina özellikleri ile bu özelliklerin maliyete etkileri araştırılacaktır. Öncelikle önceki bölümde belirlenen bina özellikleri (yükseklik, kat sayısı, kat yüksekliği, kat brüt alanı, toplam brüt alan, plan şekli, kat çevresi, kat en/boy oranı, bina hacmi, daire sayısı, daire alanı, duvar yüzey alanı vb.) ile maliyet arasındaki ilişkiler iki değişkenli regresyon analizleri ile tanımlanacaktır. Son bölümde ise özellikle tasarım sürecinde erken maliyetlerin belirlenmesinde en önemli faktörlerden olan kat sayısı ve kat alanı ile maliyet arasındaki ilişki çoklu regresyon analizi ile incelenecektir.

4.1 Yapı Yüksekliği ve Kat Sayısı ile Birim Maliyet Arasındaki İlişki

Literatürde betonarme inşaatında tünel kalıp sistemi kullanılmış binalar dışındaki diğer sistemler ile yapılmış binalarda hem yapı yüksekliği hem de kat sayısı ile birim maliyet arasındaki ilişkiyi inceleyen birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmada da hem yapı yüksekliği hem de kat sayısı ile birim maliyetin değişimleri ayrı ayrı incelenmiştir.

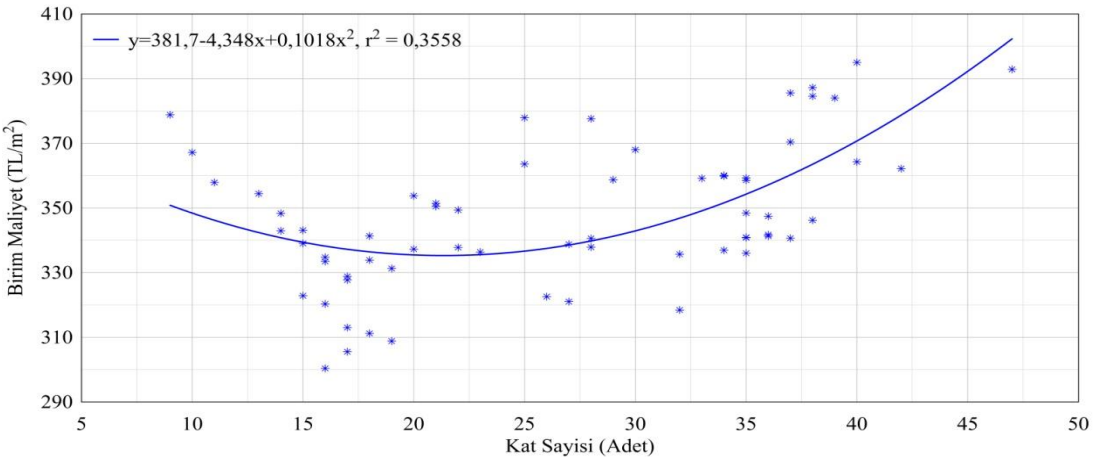
4.1.1 Yükseklik ve kat sayısı ile birim maliyet arasındaki ilişki

Yapılan regresyon analizi neticesi elde edilen yükseklik ile birim maliyet arasındaki ilişki Şekil 4.1'de verilmiştir. Bu eğri, yükseklik ile birim maliyet arasında daha önceki çalışmalarda bulunan sonuçlara benzer (Steyert, 1972; Flanagan and Norman, 1978; Newton, 1982; Çıracı, 1996; Picken and Ilozor, 2003; Blackman and Picken, 2010; Harmankaya, 2010) ve determinasyon katsayıları birbirine yakın bir ilişki olduğunu göstermektedir (ör. Picken ve Ilozor'ın (2003) çalışmasında r^2=0,320, Blackman ve Picken'ın (2010) çalışmasında r^2=0,369). Fakat bu çalışma ile bulunan yükseklik ile birim maliyet eğrisinin dönüm noktası önceki çalışmalardan farklıdır. En düşük maliyet 65 m yüksekliğindeki binalarda elde edilirken, Picken ve Ilozor'un (2003) Hong Kong'ta yaptığı çalışmada 100 m'de, Blackman ve Picken'ın (2010) Şangay'da yaptığı çalışmada ise 24 m'de elde edilmektedir.



Şekil 4.1 : Yükseklik – Toplam birim maliyet.

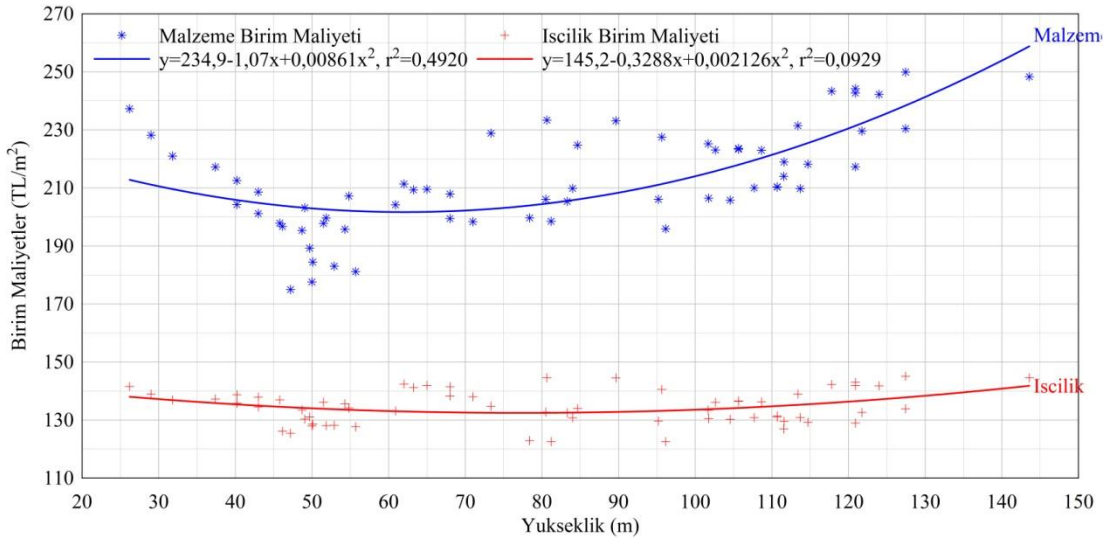
Yapı yüksekliği ile birim maliyet ilişkisi dışında kat sayısı ile birim maliyet arasındaki ilişkide de, benzer bir grafiğin (Şekil 4.2) oluştuğu görülmektedir. Tregenza'da (1972) yaptığı çalışmada, kat sayısı ve toplam yükseklik ile birim maliyeti ayrı ayrı karşılaştırmış ve bu çalışmada olduğu gibi birbirine çok yakın sonuçlar bulmuştur. Şekil 4.2'den görüleceği gibi kat sayısı arttıkça birim maliyet önce azalmakta daha sonra tekrar artmaktadır. En düşük maliyet 22. katta oluşurken, Flanagan ve Norman'ın (1978) yaptıkları çalışmada yaklaşık 6. katta, Newton'un (1982) yaptığı çalışmada 3. katta, Çıracı'nın (1996) yaptığı çalışmada 6-12 kat arasında, Harmankaya'nın (2010) yaptığı çalışmada 18. katta oluşmaktadır. Çalışma kapsamındaki binaların kat yüksekliği ortalaması 299,75 cm olup en düşük maliyetin oluştuğu nokta Şekil 4.1'den elde edilen sonuca yakın olarak yaklaşık 65 m'de gerçekleşmektedir.



Şekil 4.2 : Kat sayısı – Toplam birim maliyet.

Yapı yüksekliği ve kat sayısı ile birim maliyet eğrilerinin önceki çalışmalardan farklı olmasının nedenleri olarak binaların inşa edildiği yerlerin, inşaat yapım tekniklerinin ve bina maliyet hesaplarına dahil edilen maliyet kalemlerinin farklı olması gösterilebilir. Her ülke, hatta her kent, inşaat sektörünü ilgilendiren yerel düzenlemelere sahiptir. Bu düzenlemeler bina tasarımlarını doğrudan etkilemektedir ve bu da bina maliyetlerine yansımaktadır. Örneğin her şehirde binalardaki asansör sayısını belirleyen farklı düzenlemeler bulunmaktadır ve asansör sayısının artması birim maliyeti doğrudan arttırmaktadır. Örneğin, Şangay'da on bir kattan yüksek binalarda ikinci asansör zorunluluğu bulunmaktadır (Blackman and Picken, 2010). Öte yandan Hong Kong'taki düzenlemelere göre, asansörlerin sayı ve özelliklerini belirlemek için bir formül kullanılmakta ve buradan çıkan sonuçlara göre asansör sayıları belirlenmektedir (Picken and Ilozor, 2003). İstanbul'da ise, on katın üzerinde olan veya yirminin üzerinde daireye sahip binalarda iki asansör konulması zorunludur (İstanbul Büyük Şehir Belediyesi, 2007). Ayrıca İstanbul'un birinci derece deprem bölgesinde olması sebebiyle, yapılacak binaların deprem yönetmeliklerinin göz önüne alınarak tasarlanması zorunluluğunun olması maliyeti etkileyen bir başka faktördür. Yükseklik maliyet ilişkisini etkileyen bir diğer faktör de binanın bulunduğu yerdeki işçilik ve malzeme temin maliyetleridir. Özellikle İstanbul'da akaryakıt fiyatlarının yüksek olması nakliye maliyetlerini arttırmaktadır. Yüklenicilerin yüksek yapılardaki deneyimi de, hem işin süresini hem de maliyetini büyük oranda etkilemektedir. Örneğin Hong Kong'ta diğer şehirlere göre daha fazla sayıda yüksek yapı bulunmaktadır (Emporis, 2015). Bu şehirdeki inşaat sektörü çalışanlarının yüksek yapı tecrübesinden dolayı Şangay ve İstanbul'a göre işçilik birim maliyetlerin daha düşük olduğu düşünülmektedir. Bunların yanı sıra, her bir çalışmaya dahil edilen maliyet kalemlerinin farklı olması da toplam maliyetlerin farklı olmasına sebebiyet verebilmektedir. Mesela, Blackman ve Picken (2010) yaptıkları çalışmaya ince işler hariç tüm maliyet kalemlerini dahil ettiklerini belirtirken, hangi maliyet kalemlerini çalışma dışında tuttuklarını belirtmemişlerdir. Bu çalışmada ise, ince işler (ör. Zemin ve yer kaplamaları) ile mekanik ve elektrik işlerinin tamamlanma işleri çalışma kapsamına dahil edilmemiştir. Son olarak, bu çalışmadaki binaların betonarmelerinin tünel kalıp sistemi kullanılarak inşa edilmiş olması, binalarda daha fazla perde duvara neden olduğundan, bu çalışmadaki kaba inşaat işleri maliyeti diğer kalıp sistemleri kullanılan çalışmalardaki kaba inşaat işleri maliyetine göre daha yüksek olmaktadır.

Yükseklik ile toplam birim maliyet ilişkisine Şekil 4.3'deki gibi malzeme ve işçilik birim maliyetleri olarak iki farklı açıdan da bakacak olursak toplam birim maliyetteki bu U şeklindeki değişimin, malzeme birim maliyetinden kaynaklandığı görülmektedir. Buradan çıkarılacak diğer bir sonuç ise, yükseklik ile işçilik birim maliyetinin değişiminin çok sınırlı olduğudur. Bunun sebebi olarak da çalışma kapsamındaki iş kalemlerinin birim fiyatlarının yüksekliğin artması ile sabit olması gösterilebilir.



Şekil 4.3 : Yükseklik – Malzeme/işçilik birim maliyetleri.

4.1.2 Kat taban alanının yükseklik ile birim maliyet arasındaki ilişkiye etkisi

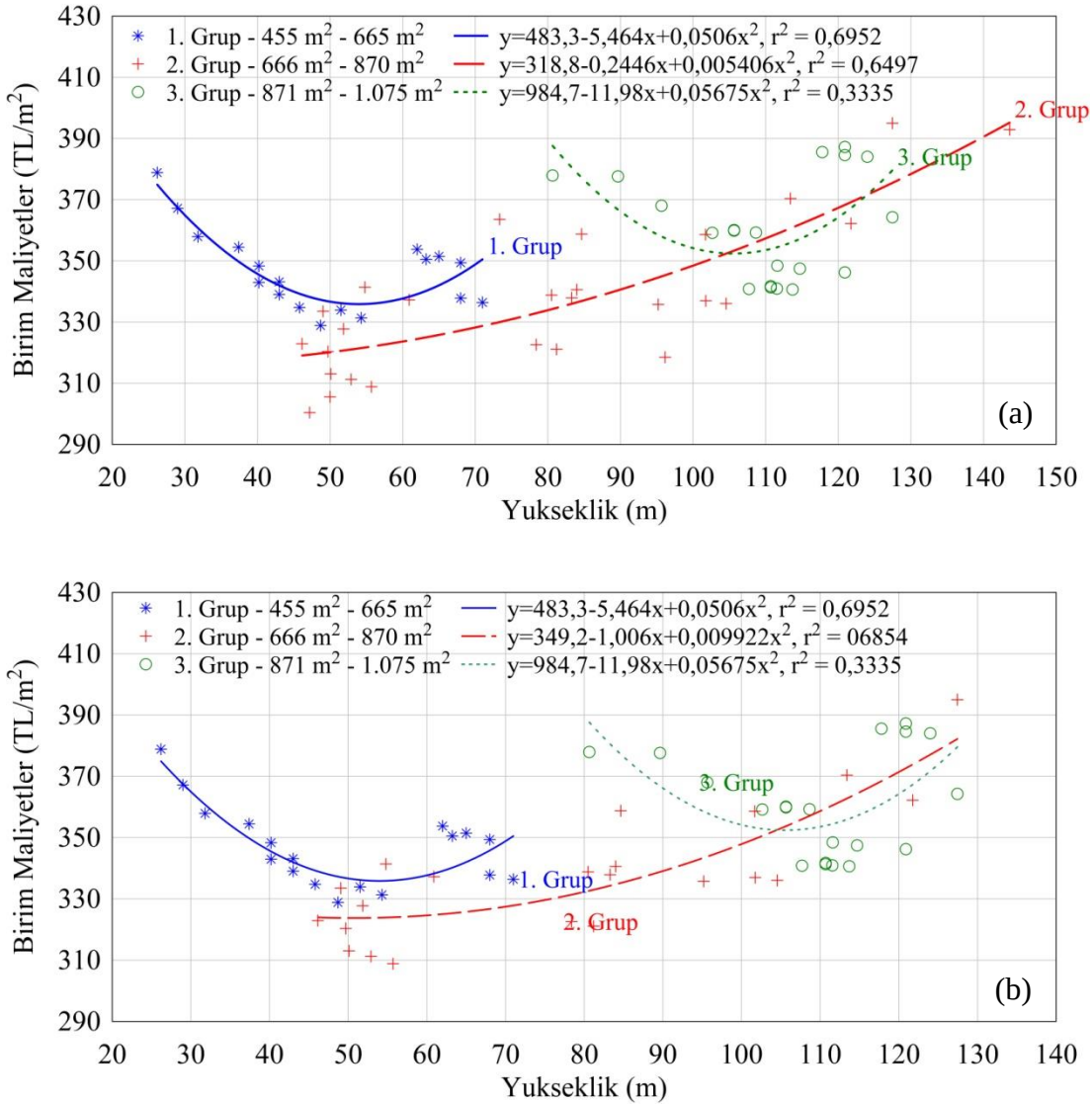
Kat taban alanının yükseklik ile birim maliyet arasındaki ilişkiye etkisini analiz edebilmek için, binalar taban alanı büyüklüklerine göre üç gruba ayrılmıştır (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1 : Binalarda kat taban alanı sınıflandırması.

Kat taban alanı grubu	Kat taban alanı	Örnek bina sayısı	Yükseklik
1. Grup (Küçük)	455~665 m^2	18	26~71 m
2. Grup (Orta)	666~870 m^2	27	46~144 m
3. Grup (Büyük)	871~1.075 m^2	20	81~128 m

Taban alanları 455~665 m^2 arasında olan birinci grup ile taban alanları 871~1.075 m^2 arasında olan üçüncü grubun yükseklik-birim maliyet grafiği Şekil 4.1'deki yükseklik-toplam birim maliyet grafiğine benzer bir eğilime sahiptir ve U şeklindedir. Birinci grupta maliyetin minimum olduğu yükseklik 54 m, üçüncü grupta ise 106 m'dir. Birinci gruptaki binaların yükseklikleri 16 ile 71 m arasında,

üçüncü grupta ise 81 ile 128 m arasında değişmektedir. Kat taban alanı 666~870 m^2 arasında değişen ikinci grupta ise yükseklik ile birim maliyet arasında farklı bir ilişki bulunmaktadır. Bu gruptaki binaların birim maliyetleri yüksekliğin artması ile birlikte artmakta ve bulunan regresyon denklemi sonucunda en düşük birim maliyetin 23 m yüksekliğindeki binalarda oluştuğu hesaplanmıştır (Şekil 4.4.a).



Şekil 4.4 : Kat taban alanı aralıklarına göre yükseklik ile toplam birim maliyet ilişkisi (a)Tüm veri ile (b)Düzeltilmiş veri ile.

İkinci gruptaki binaların birim maliyetleri aynı yükseklikte olan birinci ve üçüncü gruptaki binalara göre genellikle daha düşük olduğu gözlemlenmektedir. Örneğin 60 m yüksekliğindeki binalar incelendiğinde, birinci gruptaki kat alanı düşük olan binalarda birim maliyet 338 TL/m^2 iken, ikinci gruptaki daha büyük kat alanlı binalarda birim maliyet 324 TL/m^2 olmaktadır. Benzer olarak yüksekliği 105 m'ye

kadar olan binalar analiz edildiğinde ikinci grupta daha düşük kat taban alanlı binaların birim maliyetleri, üçüncü gruptaki daha büyük kat alanlı binaların birim maliyetlerinden daha düşük olmaktadır (Şekil 4.4.a). Bu sonuçlar, Chau ve diğ. (2007) tarafından yapılan çalışma ile benzerlik göstermektedir. Chau ve diğ. (2007) yaptıkları çalışmada, aynı yükseklikteki binalardan büyük kat alanına sahip olanın birim maliyetinin her zaman daha yüksek olacağını belirtmiştir. İkinci grupta regresyon analizi eğrisine uzak noktalardaki saçılmış değerler analiz dışında tutulduğunda elde edilen eğri Şekil 4.4.b'de görülmektedir. Bu eğriyi ilk yapılan analiz ile karşılaştırdığımızda da çok yakın sonuçlar elde edilmektedir.

Yapı yüksekliği ve taban alanı ile birim maliyet arasındaki ilişki yasal düzenlemeler ve şartnameler çerçevesinde incelenmelidir. Öncelikle, yapı yüksekliği ve taban alanı ile ilgili sınır değerler yönetmelik ve şartnameler ile belirlenmiştir. Ayrıca, statik şartnameler binalardaki betonarme taşıyıcı sistem kesitlerinin minimum boyutlarını da belirlemektedir. Bu boyutlar belirli yükseklik ve taban alanındaki binalar için asgari şartların sağlanabilmesi için belli bir yüksekliğe kadar sabittir. Dolayısıyla, düşük katlı binalarda, daha küçük kat taban alanına sahip binaların taşıyıcı sitem elemanlarının boyutları, daha büyük kat alanına sahip binaların taşıyıcı sistem elemanlarının boyutları ile hemen hemen aynıdır ve bu durum büyük kat alanına sahip binaların birim maliyetlerinin daha düşük olmasına neden olmaktadır. Fakat bir noktadan sonra, taşıyıcı sistem elemanların boyutları arttırılmak zorunda kalınır ve bu da binanın toplam maliyetini arttırarak bahsedilen ilişkiyi ters yönde değiştirir. Benzer şekilde, mekanik ve elektrik ile asansör işlerinde kapasite yapı yüksekliği ve kat taban alanına bağlı olan toplam inşaat alanı üzerinden belirlenmektedir. Toplam inşaat alanının belirli bir değerine kadar genellikle aynı kapasitedeki elektrik ve mekanik sistemleri kullanılmaktadır. Bu nedenle, toplam inşaat alanı artarken bu sistemlerin maliyetleri sabit kalmakta ve sonuç olarak büyük inşaat alanlarına sahip binalar için birim maliyeti düşmektedir. Bu ilişki, mekanik ve elektrik işlerin birim maliyetlerinin yapı yüksekliği ile değişiminin incelendiği bir sonraki bölümde detaylı analizler ile açıklanacaktır. Asansör işlerinin maliyeti ise, genellikle binadaki yaya trafik hesabına göre yapılmakta ve hem binanın yüksekliği hem de inşaat alanı bu hesabı dolayısıyla maliyeti büyük oranda etkilemektedir. Son olarak, kule vinç maliyetleri ile kat alanı arasında benzer bir ilişki bulunmaktadır, bir başka deyişle kat

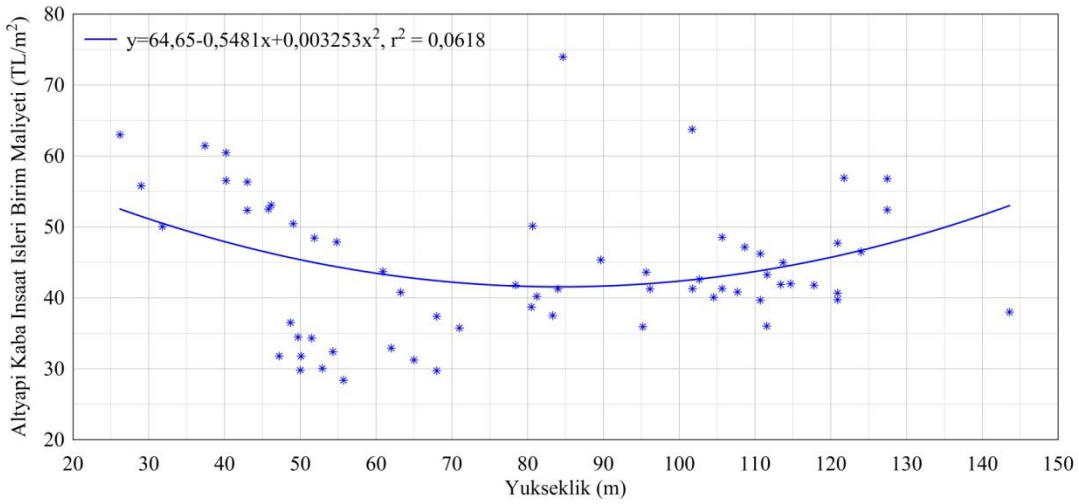
alanı arttıkça vinç maliyeti artmaktadır. Bu da birim maliyet-yükseklik-kat alanı ilişkisini benzer bir şekilde etkilemektedir.

4.1.3 Yükseklik ile iş gruplarının birim maliyetleri arasındaki ilişki

Bu bölümde, her bir iş grubunun birim maliyetinin yükseklik ile ilişkisi araştırılacak ve elde edilen sonuçlar yükseklik-toplam birim maliyet ilişkisi çerçevesinde tartışılacaktır. Çıkan sonuçlara göre, zemin kat altı kaba inşaat işleri, zemin kat üstü kaba inşaat işleri, mekanik işler, elektrik işleri ve asansör işlerine ait birim maliyetler ile yapı yüksekliği arasında anlamlı ilişkiler bulunmaktadır.

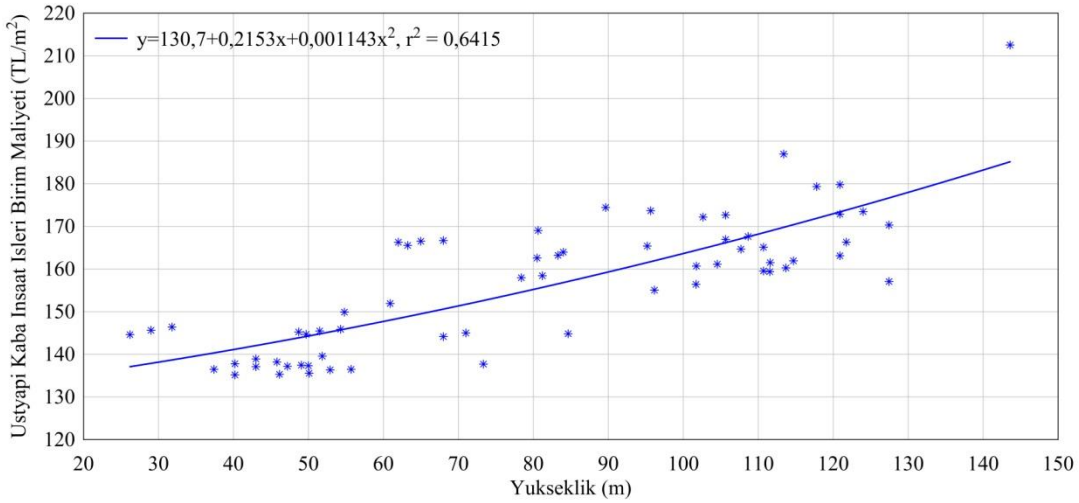
Yükseklik ile zemin kat altı kaba inşaat işleri birim maliyeti arasındaki ilişki Şekil 4.5'de verilmiştir. Buna göre birim maliyet, yapı yüksekliği 84 m'ye (i.e. yaklaşık 29. kat) ulaşana dek azalmakta ve bu noktadan sonra, özellikle statik yüklerdeki artış neticesinde temel ve bodrum katlardaki taşıyıcı sistem boyutlarının büyümesi ile birlikte tekrar bir artış göstermektedir. Temelin ve bodrum katlardaki taşıyıcı sistemin boyutlarının büyümesi ile birlikte demir ve beton miktarları artmakta, bu da maliyetleri arttırmaktadır. Diğer yandan, Blackman ve Picken'ın (2010) yaptıkları çalışmada zemin kat altı kaba inşaat işleri birim maliyeti ile yükseklik arasındaki eğrinin (r^2=0,221) daha düşük bir yükseklikte, 60 m'den sonra, tekrar artış gösterdiği görülmektedir. Fakat, yaptıkları çalışmada yükseklik-toplam birim maliyet arasındaki eğrinin dönüm noktası da bu makalede verilen eğriye göre çok daha düşüktür (24 m'ye karşı 65 m). Ayrıca, Blackman ve Picken (2010) çalışmalarında inceledikleri binaların tümünün zemin kat altı kaba inşaat işlerine ait veriye ulaşamadıkları için sadece 22 binanın verisini kullanarak bu analizleri gerçekleştirmişlerdir.

Elde edilen sonuçlar neticesinde, zemin kat altı kaba inşaat işleri birim maliyeti ile yükseklik arasında toplam birim maliyetin yükseklik ile değişimine benzer bir eğri oluşmaktadır. Fakat toplam birim maliyet zemin kat altı kaba inşaat işleri birim maliyetine göre çok daha düşük katlarda artmaya başlamaktadır.



Şekil 4.5 : Yükseklik – Zemin kat altı kaba inşaat işleri birim maliyeti.

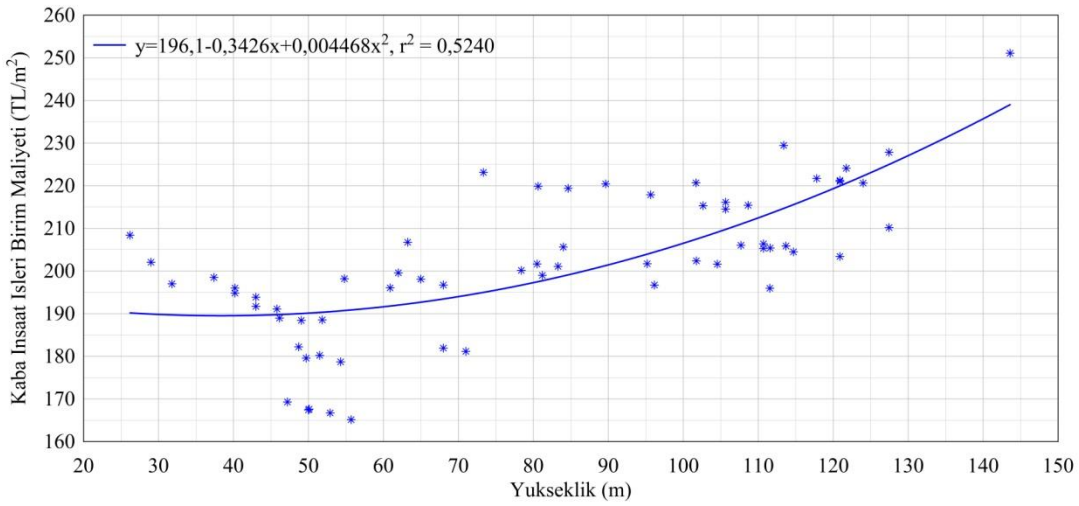
Yükseklik ile zemin kat üstü kaba inşaat işleri birim maliyetinin değişimi Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Elde edilen eğri yükseklik toplam birim maliyet eğrisinden tamamen farklıdır. Zemin kat üstü kaba inşaat işlerine ait birim maliyet, yapı yüksekliğinin artması ile birlikte büyüyen taşıyıcı sistem kesitlerinden dolayı doğrudan artış göstermektedir. Blackman ve Picken'ın (2010) zemin kat üstü kaba inşaat işleri ile birim maliyet arasındaki ilişkiyi inceledikleri çalışmada ise farklı bir eğri gözlemlenmektedir ve birim maliyet önce azalmakta, 40 m'den sonra tekrar artmaktadır. Ancak, yaptıkları bu çalışmanın determinasyon katsayısı (r^2=0,268) çok daha düşüktür.



Şekil 4.6 : Yükseklik – Zemin kat üstü kaba inşaat işleri birim maliyeti.

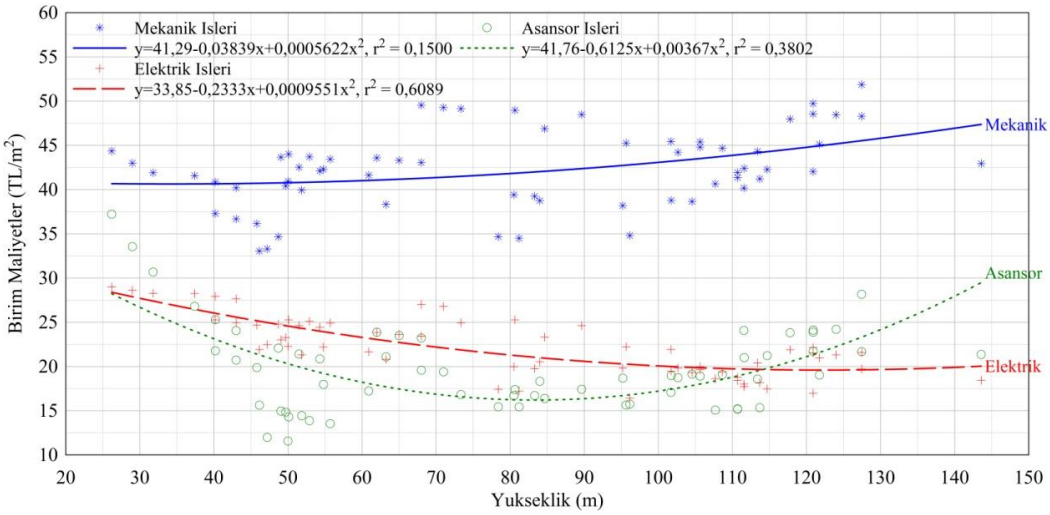
Zemin kat altı ve zemin kat üstü kaba inşaat işleri birim maliyetlerinin toplamı olan kaba inşaat işlerinin birim maliyetinin yükseklik ile değişimi Şekil 4.7'de

gösterilmiştir. Seeley (1996), Warszawski (2003), Kirkham (2007), De Jong ve Wamelink (2008) tarafından yapılan çalışmalarda bulunan sonuçlara benzer olarak yüksekliğin artışı ile artan rüzgar ve deprem yüklerinin neticesinde büyüyen taşıyıcı sistem kesitlerinden dolayı kaba inşaat işleri maliyetlerinin arttığı görülmüştür. Benzer olarak, Bathurst ve Butler (1984) kat sayısının artışı ile kiriş miktarlarının ve kolon kesitlerinin artmasının maliyetin arttıracağını belirtmiştir.



Şekil 4.7 : Yükseklik – Kaba inşaat işleri birim maliyeti.

Şekil 4.8 yükseklik ile mekanik, elektrik ve asansör işleri birim maliyetlerinin değişimini göstermektedir. Mekanik işler birim maliyetinde yüksekliğin 34 m'ye kadar artması ile hafif bir azalma olmaktadır ve yapı yüksekliğin bu değerin üzerine çıkması ile birlikte tekrar artış göstermektedir. Mekanik işler birim maliyetin minimum olduğu yapı yüksekliği, yükseklik-toplam birim maliyet eğrisine göre çok daha düşüktür (65 m) ve yükseklik-mekanik işler birim maliyeti eğrisi genel olarak artan bir eğilim göstermektedir. Daha önce belirtildiği gibi, mekanik ve elektrik işlerinin kapasiteleri büyük oranda brüt inşaat alanına göre hesap edilmektedir. Bu nedenle belli bir yüksekliğe kadar bu sistemlerin toplam birim maliyetleri yükseklik artarken hemen hemen sabit kalmaktadır ve bu da yüksek katlı binalarda düşük birim maliyetlerin olmasına sebep olmaktadır. Mekanik işlerde belli bir yükseklikten sonra birim maliyet artışının en büyük sebeplerinden birisi ise yüksekliğin 51,50 m'yi geçmesi ile birlikte yangın yönetmeliğinden kaynaklanan zorunluluklardır (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2007). Bunlara ilaveten, yüksekliğin artması ile birlikte özellikle su pompaları, hidroforlar, tanklar gibi bazı mekanik elemanların kapasiteleri de artmakta ve bunlar da maliyet artışına sebebiyet vermektedir.



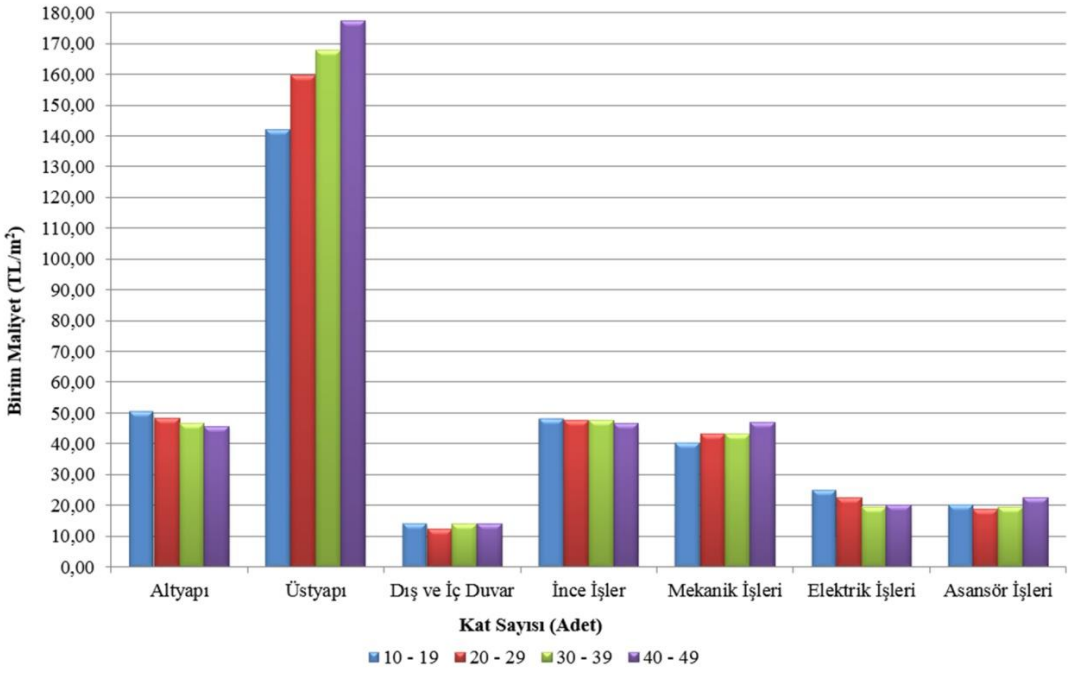
Şekil 4.8 : Yükseklik – Mekanik, elektrik ve asansör işleri birim maliyeti.

Mekanik işlerinin tersine, elektrik işleri birim maliyeti yüksekliğin artması ile birlikte 122 m'ye kadar azalmakta ve bu değerden sonra tekrar bir artış göstermektedir. Mekanik işler ile elektrik işleri birim maliyetlerinin yükseklik ile değişimleri arasındaki temel fark, bazı elektrik iş kalemlerinin maliyetlerinin yüksekliğin değişiminden çok etkilenmemesidir. Örneğin, ana dağıtım panosu, bunların sigortaları ve altyapıları ile şalt malzemelerinin maliyetleri yüksekliğin veya brüt inşaat alanın artması ile büyük ölçüde değişmemektedir. Bu da toplam maliyeti çok düşük oranlarda etkilemektedir. Fakat bu çalışmadan farklı olarak Blackman ve Picken (2010) yükseklik ile elektrik işleri birim maliyeti arasındaki ilişkinin dış bükey bir eğri ile temsil edildiğini belirtmişlerdir. Ancak, iki çalışma arasındaki bu fark çalışmalarda yer alan maliyet kalemlerinin farklılık göstermesinden kaynaklanmaktadır. Blackman ve Picken (2010) çalışmalarına elektrik işleri ile ilgili tüm maliyet kalemlerini dahil etmişler, bu çalışmada ise elektrik bitirme işleri, özellikle kalite ve dekorasyon olgusuna göre çok farklılık göstereceğinden maliyet hesaplarının dışında tutulmuştur.

Asansör işleri birim maliyetinin yükseklik ile değişimi toplam birim maliyetin yükseklik ile değişimi ile büyük benzerlik göstermektedir. Asansör işleri birim maliyeti, yüksekliğin 83 m olması ile birlikte minimum değerine ulaşmakta ve bu yükseklik değerinden sonra hızlıca artmaktadır. Birim maliyetteki bu artış yüksekliğin belirli bir değerin üzerine çıkması ile asansör taşıyıcı halat veya rayları ile asansör makine grubunun kapasitesinin artmasından kaynaklanmaktadır. Asansör kapasiteleri ve buna bağlı olarak maliyetleri, binalardaki yolcu trafiği yoğunluğuna

göre hesap edilmektedir. Bu sebeple, sadece yapı yüksekliği değil aynı zamanda yapının büyüklüğü, bir başka deyişle, brüt inşaat alanı da asansör maliyetini doğrudan etkilemektedir.

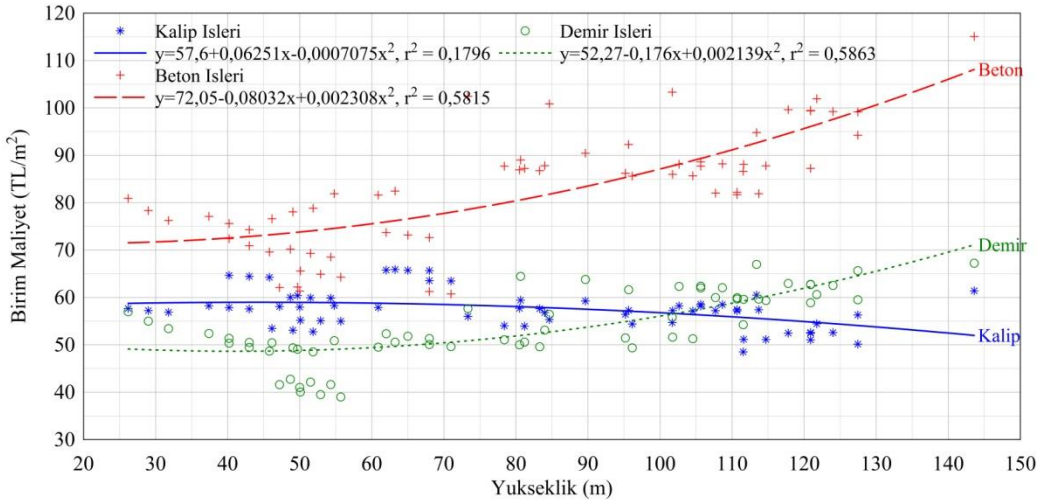
Buraya kadar açıklanan yükseklik ile birim maliyet ilişkisinin dışında birim maliyetin yükseklik ile olan ilişkisini daha iyi etüt edebilmek için Şekil 4.9'taki grafik oluşturulmuştur. Buna göre binalardaki her on katın birim maliyetlerindeki değişiklikleri izleyebilmek için, binalar kat sayılarına göre onar katlı dört gruba ayrılmıştır. Her bir grup için iş grupları bazında ortalama birim maliyetler hesaplanmıştır. Sonuçlara göre; zemin kat üstü kaba inşaat işlerinin ve mekanik işlerinin birim maliyetleri on katta bir artmaktadır. Buna karşılık zemin kat altı kaba inşaat işleri ile elektrik işlerinin birim maliyetleri ise on katta bir azalmaktadır. Zemin kat altı kaba inşaat işleri ile elektrik işleri birim maliyetleri her on katta bir azalmasına rağmen, zemin kat altı kaba inşaat işlerinin birim maliyeti detaylı analizlerde de görüleceği gibi 41. kattan sonra hafifçe tekrar artmaktadır. Benzer şekilde elektrik işlerinin birim maliyeti de dördüncü on kat grubunda yani yaklaşık 40. kattan sonra tekrar artmaktadır. Asansör işlerinin birim maliyeti özellikle 20 ile 29. katlar arasında azalmakta ve daha sonra artmaktadır. Bunun dışında, yapı yüksekliği ile dış ve iç duvar işleri ile ince inşaat işlerinin birim maliyetleri arasında kayda değer bir korelasyon bulunamamıştır (Şekil 4.9).



Şekil 4.9 : Kat sayısı – İş grupları birim maliyeti.

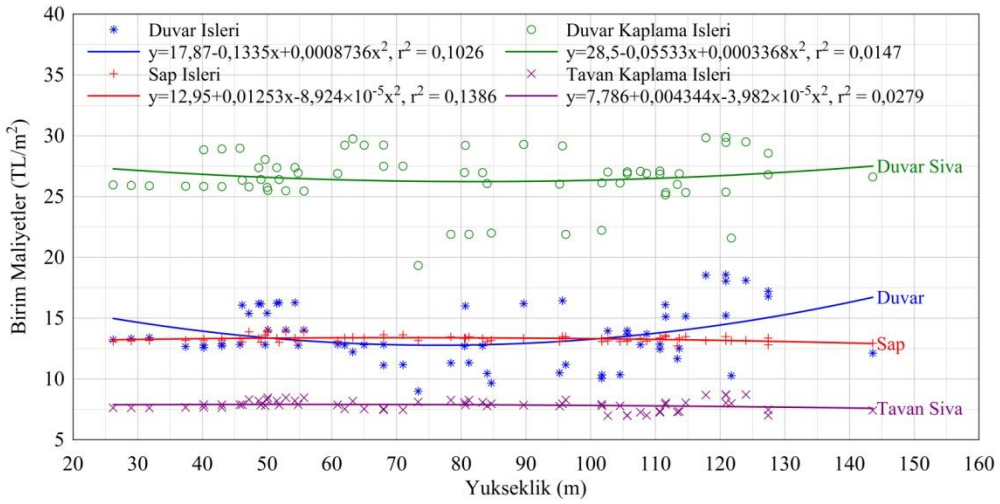
4.1.4 Yükseklik ile iş kalemlerinin birim maliyetleri arasındaki ilişki

Kaba inşaat işleri içerisindeki iş kalemlerine ait birim maliyetler yüksekliğin artması ile birlikte farklı değişimler göstermektedirler (Şekil 4.10). Demir ve beton işlerinin birim maliyetleri, kaba inşaat işleri ile benzerlik göstererek yüksekliğin artması ile birlikte artmaktadır. Bunun nedeni olarak da yüksekliğin artması ile artan taşıyıcı sistem kesitleri gösterilebilir. Bunların dışında yükseklik ile kalıp işleri birim maliyeti arasında çok güçlü bir ilişki bulunamamış olsa da, genel olarak yükseklik arttıkça kalıp işleri birim maliyeti azalmaktadır.



Şekil 4.10 : Yükseklik - Demir, kalıp ve beton işleri birim maliyeti.

Diğer yandan, yükseklik ile dış ve iç duvar işleri, şap işleri, duvar kaplama işleri ve tavan kaplama işleri gibi ince inşaat işlerinin birim maliyet ile ilişkileri araştırılmış ve tüm bu iş kalemleri ile birim fiyat arasında anlamlı korelasyonlar bulunamamıştır (Şekil 4.11). Dolayısıyla bu dört iş kaleminin birim maliyetinin yapı yüksekliğinden etkilenmediği söylenebilir.



Şekil 4.11 : Yükseklik – Duvar, şap, sıva işleri birim maliyeti.

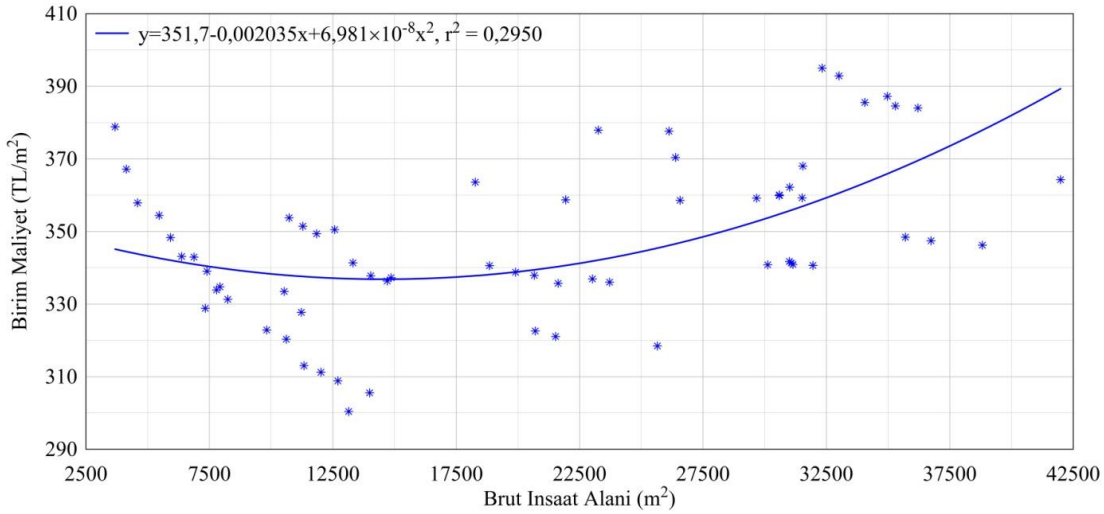
4.2 Yapı Büyüklüğü ile Birim Maliyet Arasındaki İlişki

Bu bölümde yükseklik ile birim maliyet ilişkisine benzer olarak yapı büyüklüğü ile birim maliyet arasındaki ilişki incelenmiştir. Çalışma kapsamında yapı büyüklüğü brüt inşaat alanı olarak tanımlanmaktadır ve tüm katların plan alanlarının toplamına eşittir. Literatür araştırmasında yapı büyüklüğü ile ilgili yükseklik ile birim maliyet ilişkisinde yapıldığı gibi kapsamlı sayısal bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada ise yapı büyüklüğü ile birim maliyet ilişkisi tüm maliyet bileşenleri açısında incelenmiştir.

4.2.1 Yapı büyüklüğü ile birim maliyet arasındaki ilişki

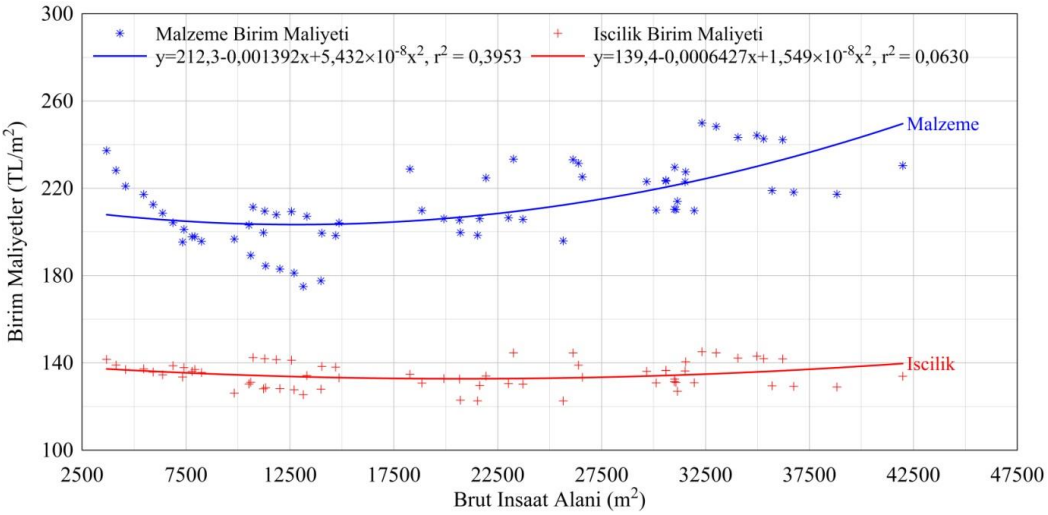
Brüt inşaat alanı ile birim maliyet arasındaki ilişki Şekil 4.12'de verilmiştir. Bu sonuç daha önce yapılmış çalışmalardaki sonuçlardan farklı olarak yapı yüksekliği ile birim maliyet değişimine benzere olarak U şeklindedir. Bugüne kadar yapılmış çalışmaların bazılarında (Ferry, 1970; Ferry ve Brandon, 1984; Seeley, 1996; Cox ve Horsley, 1996; Ashworth, 2004) yapı büyüklüğünün artması ile birim maliyetin azaldığı, bazılarında ise tam tersine arttığı (Çıracı, 1996) belirtilmiştir. Şekil 4.12'deki regresyon analizi sonucunda elde edilen eğride en düşük maliyet yaklaşık 14.572 m^2 brüt inşaat alanına sahip binalarda oluşmaktadır. Çalışma kapsamındaki binaların ortalama normal kat alanı değeri 744,10 m^2 ve ortalama kat yüksekliği değeri de 299,75 cm'dir. Analiz sonucunda elde edilen minimum brüt inşaat alanı değerini çalışmadaki binaların ortalama kat alanı ile ortalama kat yüksekliği değerlerine bölecek olursak yaklaşık 20 katlı 60 m yüksekliğe sahip binalarda

minimum maliyetin oluştuğu hesap edilmektedir (Şekil 4.12). Bu hesaplama sonucunda elde edilen değerler önceki bölümde elde edilen yükseklik (65 m) ve kat sayısı (22 kat) değerleri ile çok yakındır.



Şekil 4.12 : Brüt inşaat alanı – Birim maliyet.

Malzeme ve işçilik birim maliyetleri ile brüt inşaat alanı arasındaki ilişki Şekil 4.13'de verilmiştir. Yükseklik ile olan ilişkiye benzer şekilde malzeme birim maliyeti inşaat alanı arttıkça U şeklinde bir eğilim göstermektedir. İnşaat alanının 12.810 m^2 olması ile malzeme birim maliyet minimum olmaktadır. İşçilik birim maliyeti ise inşaat alanının artışında etkilenmemektedir (Şekil 4.13).



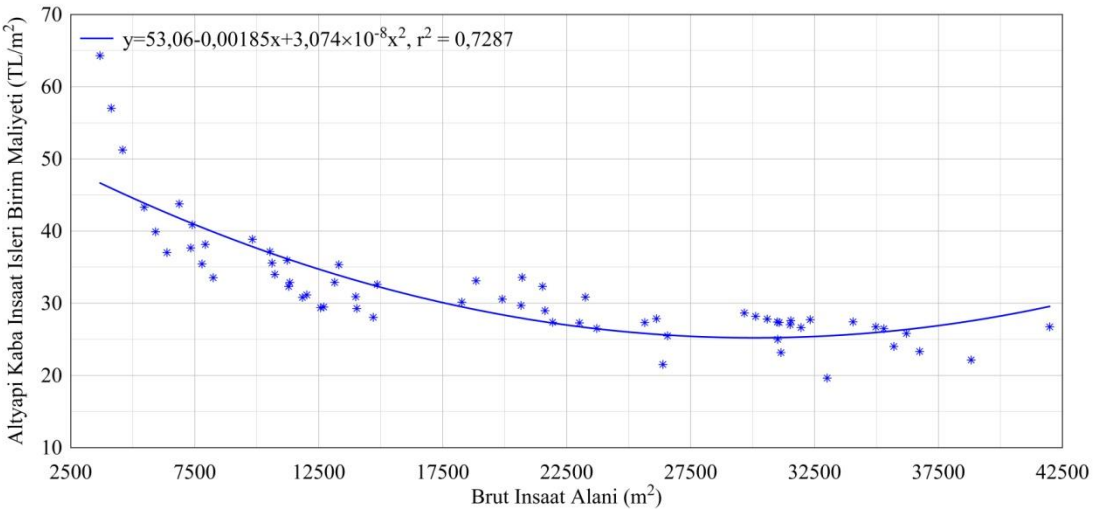
Şekil 4.13 : Brüt İnşaat Alanı – Malzeme/işçilik birim maliyetleri.

4.2.2 Yapı büyüklüğü ile iş gruplarının birim maliyetleri arasındaki ilişki

Bu bölümde bir önceki bölümde ki yükseklik birim maliyet ilişkisine benzer biçimde yapı büyüklüğü ile her bir iş grubunun birim maliyetlerinin ilişkisi araştırılacaktır. Şu

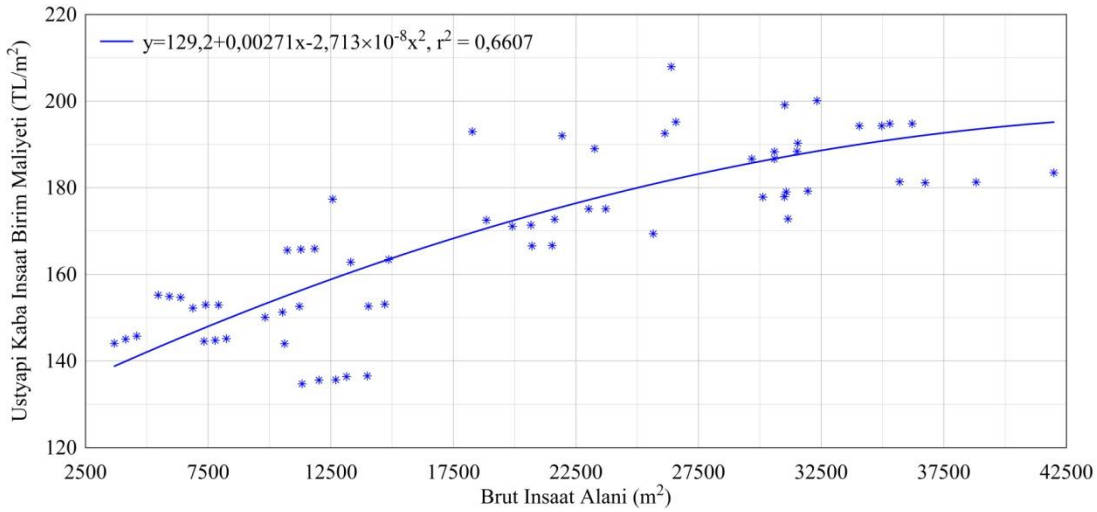
ana kadar yapılmış çalışmaların hiçbirinde iş grupları bazında maliyet ile yapı büyüklüğü detaylı şekilde karşılaştırılmamıştır.

Brüt inşaat alanı ile zemin kat altı kaba inşaat işleri birim maliyeti arasındaki ilişki Şekil 4.14'de verilmiştir. Buna göre birim maliyet, brüt inşaat alanının artışı ile Şekil 4.5'deki yükseklik analizine benzer biçimde U şeklinde bir değişim göstermektedir ve 25.218 m^2 inşaat alanına sahip binalarda minimum olmaktadır. Bu değerin üstünde veya altında inşaat alanına sahip tüm binaların birim maliyetleri daha yüksek olmaktadır. Bunun nedeni olarak inşaat alanındaki artışın belirli bir değere kadar temel ve bodrum katlar taşıyıcı sistemine ek bir yük getirmemesi bu değerden sonra ise hem temelin hem bodrum katların taşıyıcı sistemin büyümesi olarak gösterilebilir.



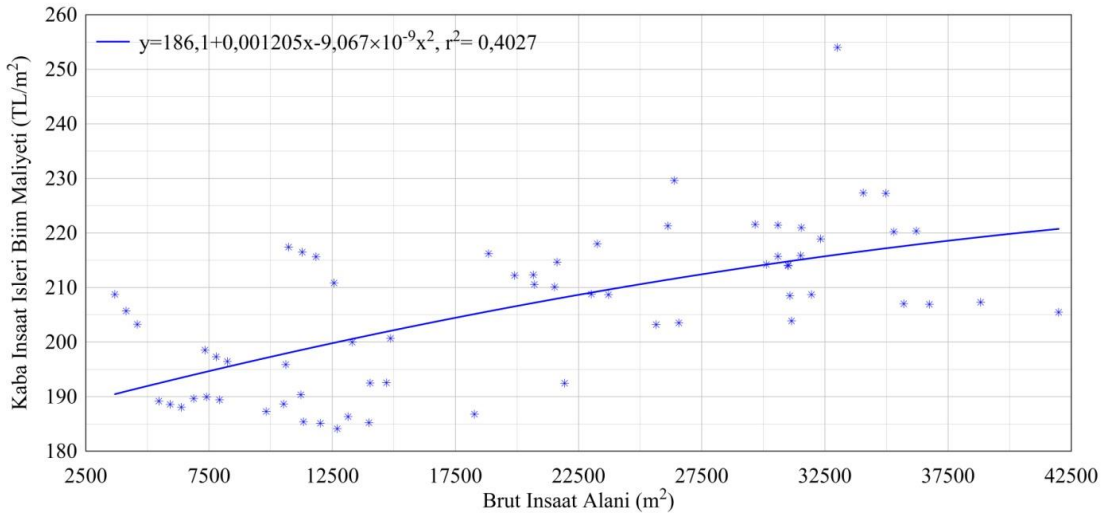
Şekil 4.14 : Brüt inşaat alanı – Zemin kat altı kaba inşaat işleri birim maliyeti.

Brüt inşaat alanı ile zemin kat üstü kaba inşaat işlerine ait birim maliyetin değişimi Şekil 4.15'de gösterilmiştir. Yapılan analiz neticesinde yükseklik brüt inşaat alanı analizindekine benzer biçimde (Şekil 4.7) birim maliyet brüt inşaat alanı arttıkça 49.944 m^2'ye kadar artan bir eğilim göstermektedir. Fakat çalışma kapsamındaki binalara ait verinin 41.986 m^2 ile sınırlı olmasından dolayı, bu değerin üzerindeki binalarda kesin bir kanıya varmak doğru olmayacaktır. Bu kapsamda çalışmanın sınırlarının genişletilmesinde fayda olacaktır.



Şekil 4.15 : Brüt inşaat alanı - Zemin kat üstü kaba inşaat işleri birim maliyeti.

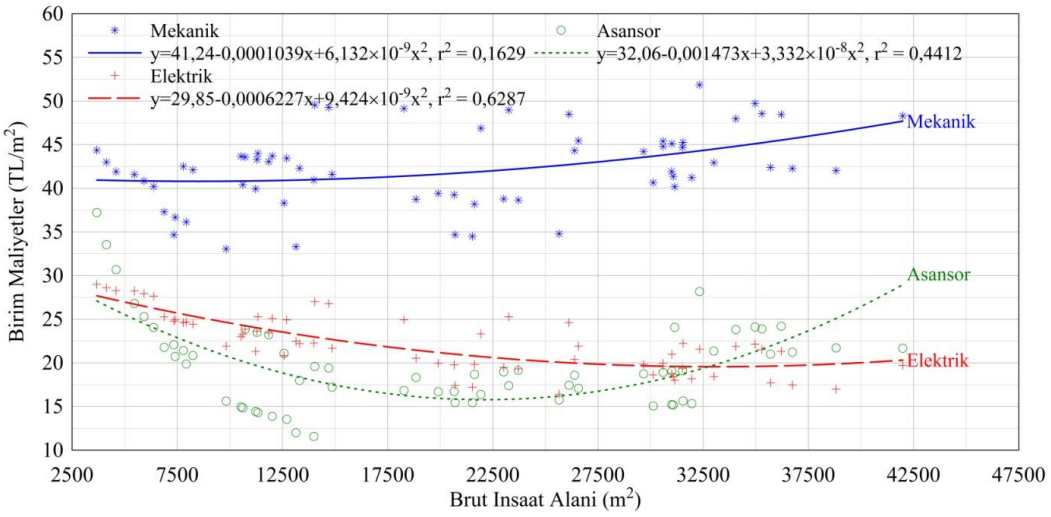
Zemin kat üstü kaba inşaat işlerine benzer şekilde tüm kaba inşaat işlerinin birim maliyeti de yükseklik birim maliyet (Şekil 4.7) ilişkisine benzer şekilde brüt inşaat alanının artışı ile birlikte artmaktadır ve bulunan korelasyon sonucu yaklaşık 66.431 m^2 inşaat alanına sahip binalarda en büyük değere ulaşmaktadır (Şekil 4.16). Fakat yukarıda da bahsedildiği gibi 41.986 m^2'den büyük brüt inşaat alanına sahip binalarda dahil edilerek farklı analizler yapılmalıdır.



Şekil 4.16 : Brüt inşaat alanı - Kaba inşaat işleri birim maliyeti.

Şekil 4.17 brüt inşaat alanı ile mekanik, elektrik ve asansör işlerine ait birim maliyetlerin değişimini göstermektedir. Mekanik, elektrik ve asansör işlerinin birim maliyetleri ile brüt inşaat alanı arasında yapılan bu analizler ile Şekil 4.8'de verilen yükseklik analizleri ile birbirlerine çok benzer eğilimler göstermektedir. Mekanik işler birim maliyeti ile brüt inşaat alanı arasında korelasyonu düşük bir ilişki

bulunmuştur. Mekanik işler birim maliyeti genel anlamda brüt inşaat alanı arttıkça artmaktadır. Bunun nedeni, inşaat alanı arttıkça mekanik işler maliyetini oluşturan kalemlerin miktarlarının artmasıdır. Buna karşılık elektrik işleri birim maliyeti ise inşaat alanının artması ile U şeklinde bir değişim göstermektedir. 33.040 m^2 brüt inşaat alanına sahip binalarda en düşük birim maliyet oluşurken bu değerin üzerinde ve altında inşaat alanına sahip binalarda birim maliyet artış göstermektedir. Bunun nedeni olarak özellikle elektrik pano ve sigortalarının belirli bir kapasite aralığında maliyetlerinin yaklaşık sabit kalması gösterilebilir. Fakat belirli bir ihtiyacın üzerine çıkıldığında bu malzemelerin kapasitelerinin artacak olmasından dolayı maliyetleri de artmaktadır. Elektrik işleri için açıklananları asansör işleri içinde söylemek mümkündür. Özellikle asansörlerin makine ve halat maliyetlerinin belirli kapasite aralıkları için sabit kalmasında dolayı asansör birim maliyeti ile brüt inşaat alanı arasında U şeklinde bir değişim gözlenmektedir. Buna göre yaklaşık 22.100 m^2 inşaat alanına sahip binalarda asansör işleri birim maliyeti minimum olmakta bu değerin üzerinde ve altında birim maliyet daha yüksek olmaktadır.

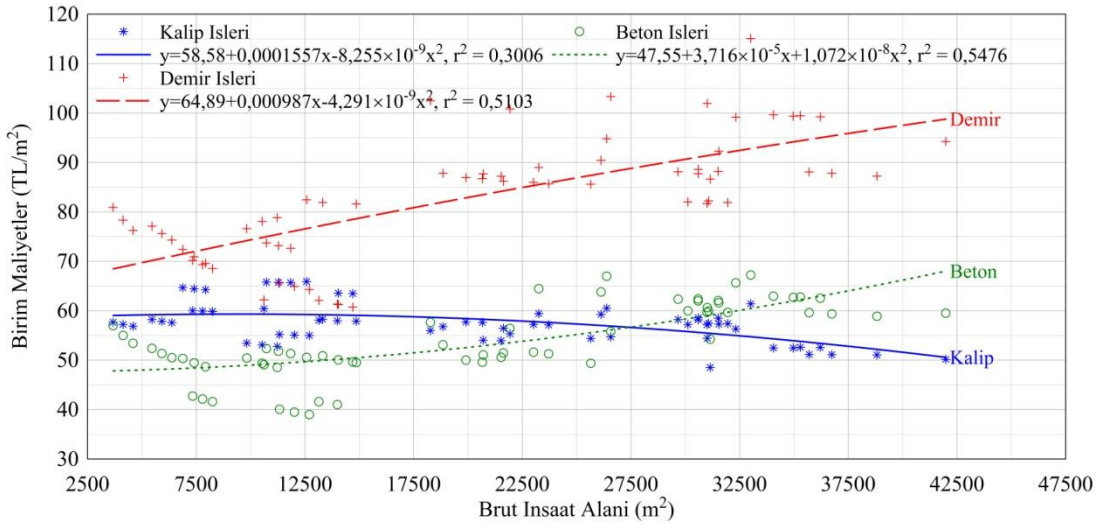


Şekil 4.17 : Brüt inşaat alanı – Mekanik, elektrik ve asansör işleri birim maliyeti.

4.2.3 Yapı büyüklüğü ile iş kalemlerinin birim maliyetleri arasındaki ilişki

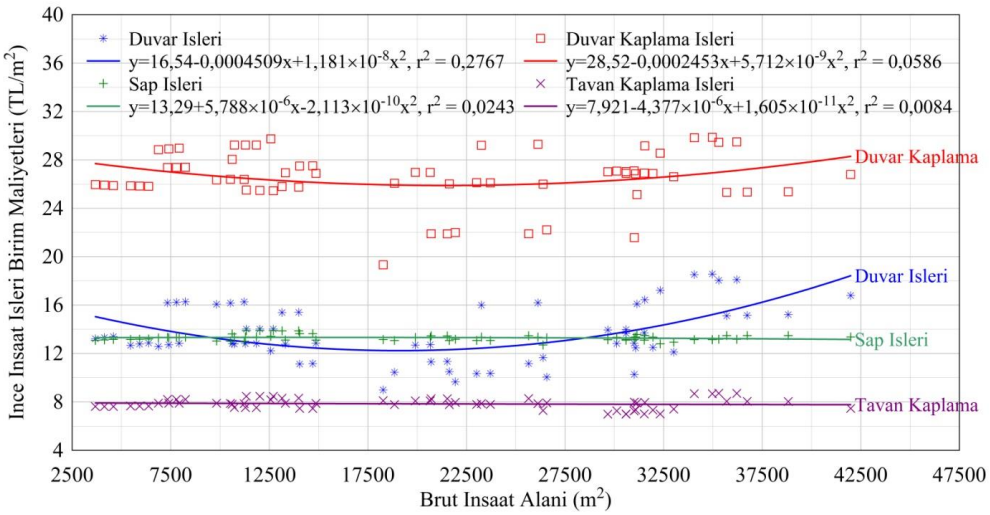
Kaba inşaat işlerini oluşturan imalat kalemlerinin birim maliyetleri ile brüt inşaat alanı arasında yükseklik ile birim maliyettekine benzer ilişkiler bulunmuştur. Buna göre özellikle demir ve beton işlerinin birim maliyetleri inşaat alanı arttıkça artmaktadır. İnşaat alanın artması ile demir ve beton miktarlarının artması kaçınılmazdır. Özellikle inşaat alanın artması ile birlikte bina zati yükünün artması ile taşıyıcı sistem kesitlerinin de büyümesinden dolayı demir ve beton miktarı çok

daha fazla artmaktadır. Bu iki iş kaleminin tersine kalıp işlerinin birim maliyeti brüt inşaat alanı arttıkça azalmaktadır. Bunun sebebi olarak, inşaat alanındaki artışa karşılık birim alana düşen kalıp miktarının azalması gösterilebilir (Şekil 4.18).



Şekil 4.18 : Brüt inşaat alanı - Demir, kalıp ve beton işleri birim maliyeti.

Özellikle inşaat alanının artması ile birlikte dış ve iç duvarların birim maliyeti de U eğrisi şeklinde değişmektedir. 19.095 m^2 inşaat alanına kadar duvar işleri birim maliyeti azalmakta, bu değerden sonra tekrar artmaktadır. Birim maliyetteki bu artışın sebebi artan alan dolayısıyla bölme duvar ihtiyacının, bir başka deyişle bölünmüş alanlara olan ihtiyacın artması olarak gösterilebilir. İnşaat alanının küçük olması durumunda ise birim alan başına yapılan duvar imalatı fazla olacağından birim maliyette yüksek olmaktadır. Duvar kaplama işleri de duvar işlerine benzer bir eğilim göstermektedir. Bunun en önemli sebebi olarak da duvar miktarının artışı gösterilebilir. Dış ve iç duvarlar dışındaki şap işleri ve tavan kaplama işleri iş kalemlerinin birim maliyetleri ile brüt inşaat alanı arasında anlamlı korelasyonlar bulunamamıştır. Dolayısıyla bu iki iş grubunun birim maliyetinin bina alanından etkilenmediği söylenebilir (Şekil 4.19).



Şekil 4.19 : Brüt inşaat alanı – Duvar, şap, sıva işleri birim maliyeti.

4.3 Plan Verimliliği ile Birim Maliyet Arasındaki İlişki

Bu bölümde plan verimliliği ile birim maliyet arasındaki ilişki incelenmiştir. Literatürdeki çalışmaların bazılarında plan verimliliği ile plan şekli genel olarak birlikte incelenmiş, bazı çalışmalar ise bu iki faktör birbirinden ayrı tutulmuştur. Bu çalışmada bu iki faktör birbirinden ayrı olarak incelenecektir.

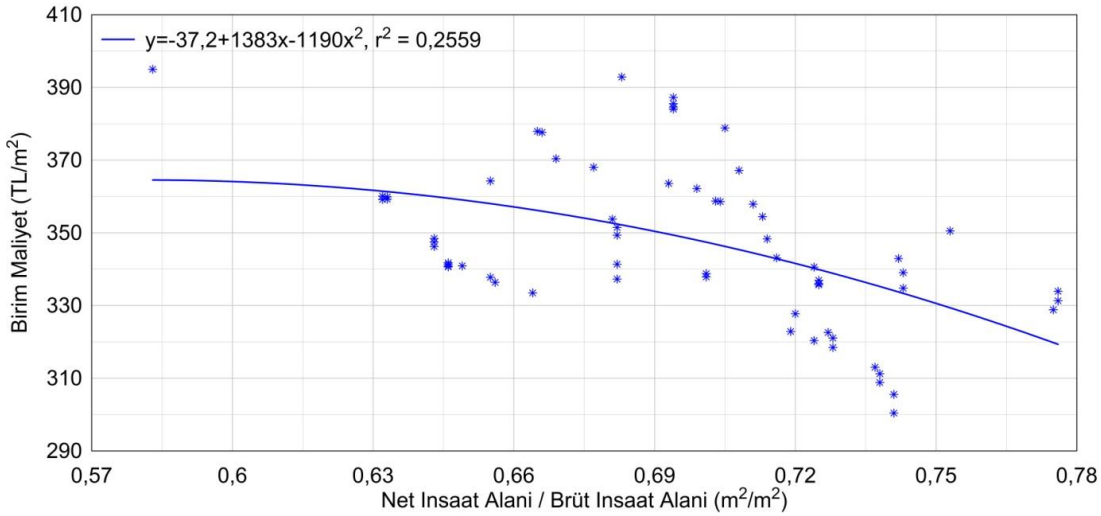
Literatürde plan verimliliği dört şekilde tanımlanmıştır: (1) bina net alanının yani dairelere ait toplam kullanılabilir alanın toplam brüt alana oranı (Steyert, 1972; Ashworth, 2004; De Jong ve Wamelink, 2008), (2) normal kat döşemesinin eninin boyuna oranı (Ashworth, 2004; Belniak ve diğ., 2013), (3) plan verimliliği indeks formülleri (Seeley, 1996; Wing, 1999; Kirkham, 2007; Belniak ve diğ., 2013), (4) kat çevresinin kat alanına oranı (Seeley, 1996; Belniak ve diğ., 2013)

Bu çalışmada literatür çalışması ile bulunan ve yukarıda sıralanan tüm plan verimliliğine ait veriler ile birim maliyet arasındaki ilişkiler incelenmiştir.

4.3.1 Kullanılabilir alan/brüt alan ile toplam birim maliyet arasındaki ilişki

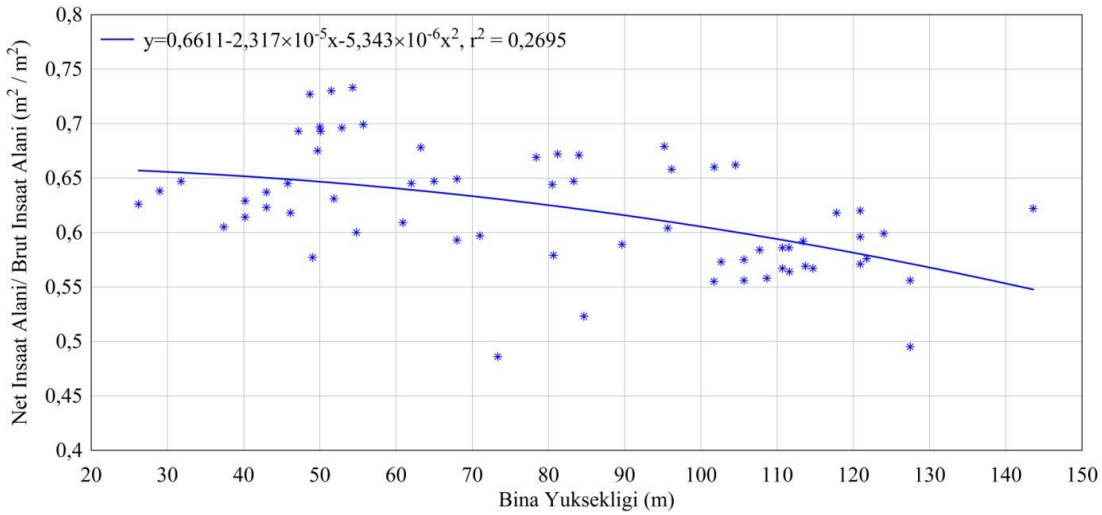
Toplam birim maliyet ile net alan (kullanılabilir alan)/brüt alan arasındaki ilişki Şekil 4.20'de verilmiştir. Steyert (1972), Ashworth (2004) ve De Jong ve Wamelink'in (2008) yaptığı çalışmalarda belirttiği gibi net alanın brüt alana oranı bire yaklaştıkça plan verimliliği artmaktadır. Bir başka deyişle plan şekli kareye yaklaştıkça plan verimliliği artmaktadır. Mimari olarak da asıl amaç bu iki değer arasındaki farkı minimum yapmaktır (Bathurst ve Butler, 1980). Net inşaat alanı, yani dairelere ait kullanılabilir alanlar arttıkça birim maliyet azalmakta, bir başka deyişle verimlilik

arttıkça birim maliyet azalmaktadır. Şekil 4.20'deki analizde de Steyert (1972), Ashworth (2004) ile De Jong ve Wamelink (2008) tarafından belirtildiği gibi net alanın brüt alana oranı bire yaklaştıkça birim maliyet azalmakta ve verimlilik artmaktadır. Bunun sebebi olarak kullanılabilir alan dışında kalan; taşıyıcı sistem, duvarlar, şaftlar, asansörler gibi alanların maliyetlerinin daha yüksek olması gösterilebilir. Bunun neticesinde de bu tip kullanılmayan alanlar binalarda arttıkça birim maliyet artmaktadır.



Şekil 4.20 : Net inşaat alanı/brüt inşaat alanı – Birim maliyet.

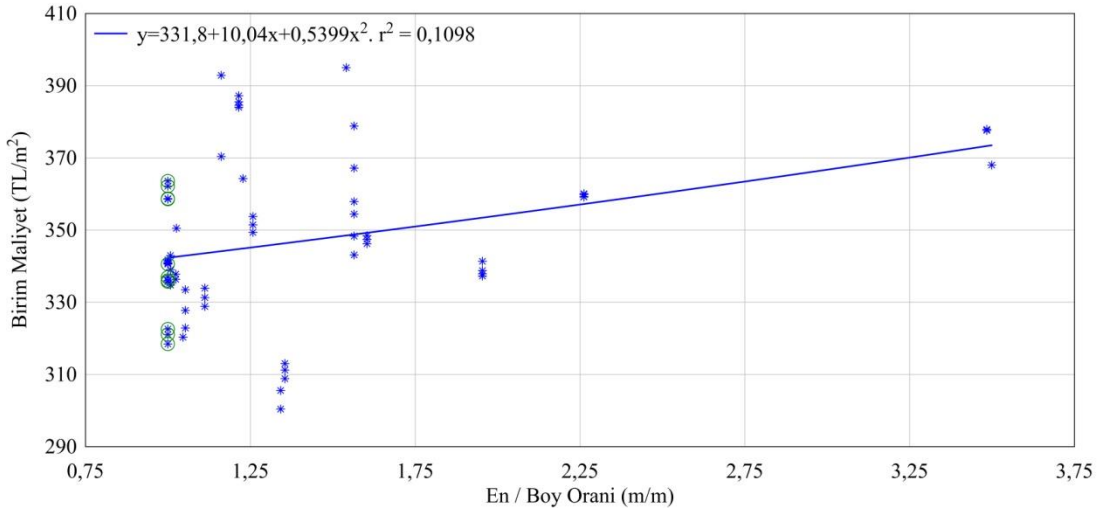
Bathurst ve Butler (1980) kat taban alanının sabit kalması durumunda kat sayısının artması ile net inşaat alanının azalacağını, bunun neticesinde de net alana düşen birim maliyetin kat sayısı arttıkça özellikle bina ortak alanlarının artacak olmasından dolayı artacağını öngörmüştür. Bunu doğrular şekilde Şekil 4.21'den görüldüğü gibi yapı yüksekliği arttıkça net inşaat alanının brüt inşaat alanına oranı azalmaktadır. Bir başka deyişle yapı yüksekliği arttıkça ortak alanların miktarı artmaktadır. Bathurst ve Butler'ın (1980) söylediğini destekler şekilde, Şekil 4.20 ve Şekil 4.21'i birleştirecek olursak bina yüksekliği arttıkça net inşaat alanının azalması birim maliyeti arttırmaktadır.



Şekil 4.21 : Yükseklik - Net inşaat alanı/brüt inşaat alanı.

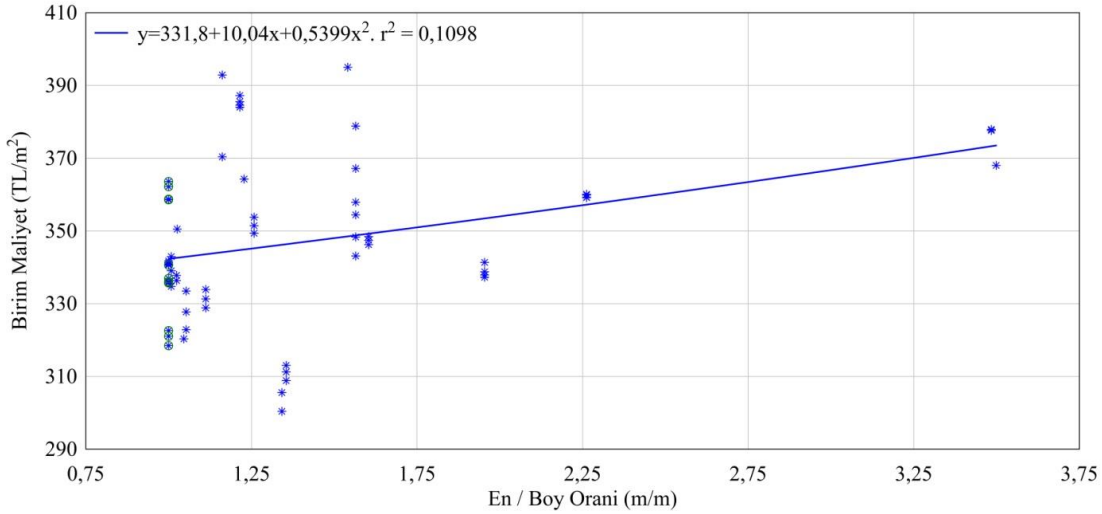
4.3.2 Bina en/boy oranı ile birim maliyet arasındaki ilişki

Dörtgen plan şekilli binalarda toplam birim maliyet ile binanın en / boy oranı arasındaki ilişki Şekil 4.22'de verilmiştir. Şekil 4.22'deki plan verimliliği hesabında daire plan şekline sahip binalar analize katılmamıştır. Buna göre en / boy oranı arttıkça yani bina şekli kareden dikdörtgene doğru değiştikçe maliyet artmaktadır. Bir başka ifade ile bina kat planları narinleştikçe birim maliyet artmaktadır. Burada tasarım sürecinde Seeley (1996) ve Ashworth'ün (2004) de belirttiği gibi en çok dikkat edilmesi gereken husus, plan şekli belirlenirken gün ışığı ve doğal havalandırma gibi kriterler de düşünülerek optimum maliyetin de sağlanacağı plan şeklinin bulunmasıdır.



Şekil 4.22 : Dörtgen plan şekilli binalarda en/boy oranı – Birim maliyet.

Şekil 4.23'te ise daire plan şekilli binalarında diğer binalar ile birlikte hesaba katıldığı regresyon analizi sonucu bulunmaktadır. Bu analizde daire şekilli binaların en/boy oranları bir olarak alınmıştır ve büyük oranda minimum maliyete sahip binalar bunlar olmuştur. Şekil 4.23'te daire planlı binaların değerleri yuvarlak içine alınarak gösterilmiştir. Daire şekilli binaların en düşük birim maliyete sahip oldukları düşünülse de Seeley'in (1996) da belirttiği gibi iç kullanım alanları açısında dezavantajlara sahiptirler. Özellikle daire içi yerleşimlerde ölü alanların ortaya çıkması bu tip binaların tercih edilmesini zorlaştırmaktadır.



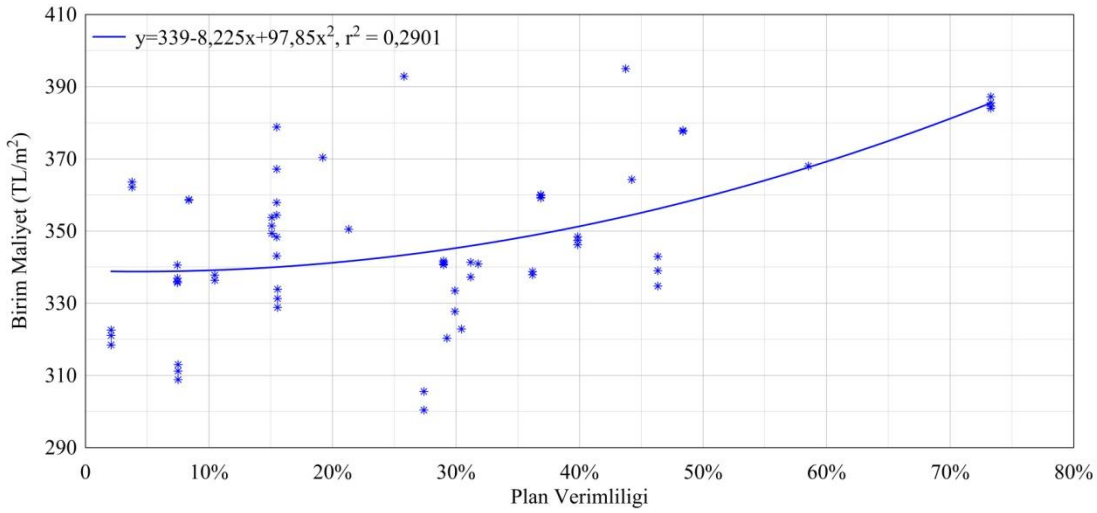
Şekil 4.23 : Tüm binalarda en/boy oranı – Birim maliyet.

4.3.3 Plan verimliliği indeks denklemlerinden çıkan sonuçlar ile birim maliyet arasındaki ilişki

Şekil 4.24'de binaların plan verimliliği katsayıları ile birim maliyetlerinin değişimi gösterilmiştir. Plan verimliliği katsayısı Kirkham (2007) tarafından verilen denklem (2.7)'ye göre hesaplanmıştır.

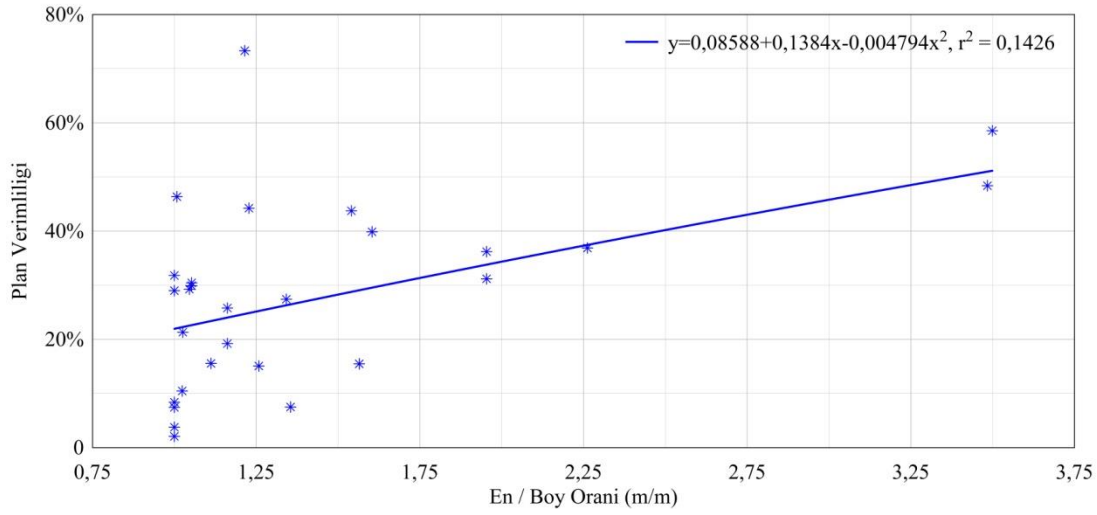
$$Plan\ Verimliliği\ Katsayısı\ = \frac{P - P_S}{P_S} \qquad (2.7)$$

Buna göre Kirkham'ın (2007) önerdiği gibi plan verimliliği katsayısı arttıkça birim maliyet artmaktadır (Şekil 4.24).



Şekil 4.24 : Plan Verimliliği – Birim Maliyet.

Şekil 4.25'deki analizde binaların normal katlarının enlerinin boylarına oranları arttıkça plan verimliliği kat sayısının da arttığı görülmektedir. Yani plan şekli kareden uzaklaştıkça plan verimliliği katsayısı artmakta, bununla birlikte birim maliyet artmaktadır.

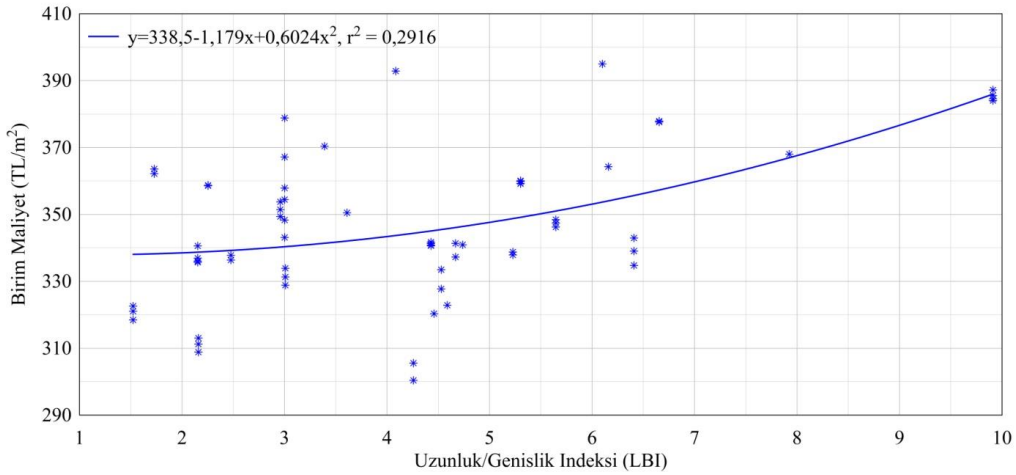


Şekil 4.25 : Normal kat en/boy oranı - Plan verimliliği.

Şekil 4.24 ve Şekil 4.25'teki iki grafiği birleştirecek olursak Seeley (1996) ve Ashworth'un (2004) yaptıkları çalışmalarda belirttikleri gibi daha dar ve narin kesitli yani en boy oranları yüksek binaların birim maliyetleri diğer binalara göre daha yüksek olacaktır. Kare binalardaki gün ışığı, ses yalıtımı, sirkülasyon alanları problemleri (Seeley, 1996; Ashworth, 2004) ile özellikle iç bölme duvarların yerleştirilmesinde yaşanacak sıkıntılardan dolayı (Ashworth, 2004) binaların kullanımları sırasında sorunlar oluşturmaktadır. Özellikle daha fazla aydınlatma

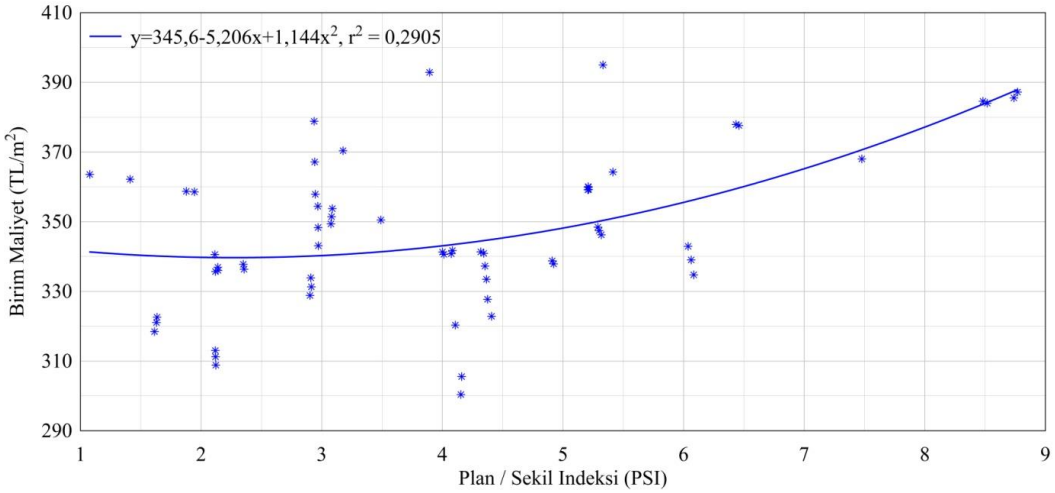
sistemlerine ve bunun neticesinde de enerjiye ihtiyaç duyulacağından kare binalar kullanım açısından da ekonomik olmayacaktır. Daire şeklinde kat planına sahip binalar en ekonomik çözümü veriyor gözükmesine rağmen, özellikle konut binalarında daire içlerinde yerleşim problemlerinden dolayı (Seeley,1996) yaratacakları sıkıntılar nedeniyle tercih edilmemektedirler. Tüm bunlar neticesinde hem kullanım açısından hem de birim maliyet açısından en uygun kesitli binaların en boy oranları yaklaşık 1:2 olan (Belniak ve Diğ., 2013) kareye yakın dikdörtgen binaların olduğu belirtilmiştir.

Wing (1999) çalışmasında plan verimliliğinin belirlenebilmesi için uzunluk/genişlik indeksini (2.4) tanımlamıştır. Aynı şekilde Kirkham'da (2007) yaptığı çalışmada plan verimliliğinin belirlenebilmesi için Wing (1999) tarafından verilen uzunluk genişlik indeksi (2.4) denklemini ve ayrıca bu denklem ile birbirine çok yakın sonuçlar veren plan/şekil indeksi (2.5) denklemini vermiştir. Plan şekil indeksi (2.5) daha önce Seeley (1996) tarafından verilmiş ve indeks değerinin artması ile verimliliğin azalacağı bunun neticesinde de birim maliyetin artacağı belirtilmiştir. Seeley'e (1996) benzer şekilde Kirkham'da (2007) bu bağıntılara göre indekslerin artması ile plan şeklinin karmaşıklaşarak plan verimliliğinin azaldığını bunun neticesinde de birim maliyetin artacağını öngörmüştür. Belniak ve diğ. (2013) de yaptıkları analizlerde uzunluk/genişlik indeksinin (2.4) plan şeklini belirlemede en verimli ve hassas analiz olduğunu belirtmişlerdir. Buna göre denklem (2.4)'e göre hesaplanan uzunluk/genişlik indeksi değeri ile birim maliyeti karşılaştıracak olursak, Wing (1999) ve Kirkham'ın (2007) önerdiklerine benzer olarak indeks değeri arttıkça birim maliyet artmaktadır (Şekil 4.26).



Şekil 4.26 : Uzunluk/genişlik indeksi – Birim maliyet.

Seeley (1996) ve Kırkham (2007) tarafından verilen plan/şekil indeksi denklem (2.3) ile verilmiştir. Buna göre Seeley (1996) ve Kirkham (2007) tarafından da önerildiği gibi Şekil 4.26'dakine benzer olarak plan/şekil indeksi arttıkça birim maliyet artmaktadır (Şekil 4.27).



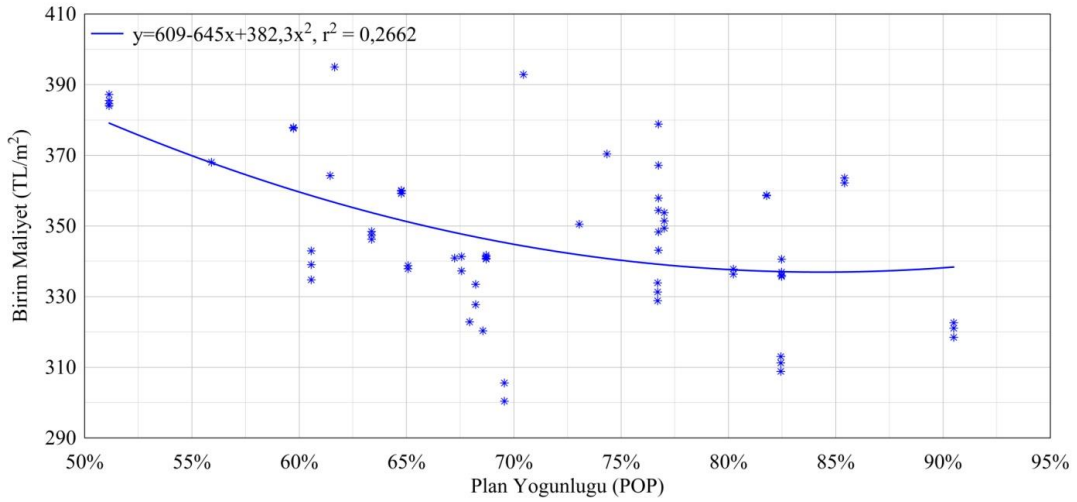
Şekil 4.27 : Plan/şekil indeksi – Birim maliyet.

Şekil 4.26'daki ve Şekil 4.27'deki uzunluk/genişlik indeksi ile plan/şekil indeksinin birim maliyet ile değişimleri birbirlerine çok yakındır ve her ikisinin de artışı ile birlikte birim maliyet artmaktadır.

Wing (1999) ve Kirkham (2007) yaptıkları çalışmalarda plan verimliliğini belirleyebilmek için plan yoğunluğu indeksini (2.5) kullanmışlardır. Buna göre plan yoğunluğu indeks değeri arttıkça Wing (1999) ve Kirkham'ın (2007) önerdiğinden farklı olarak birim maliyet önce azalmakta daha sonra tekrar artmaktadır (Şekil 4.28). Bu faklılığın nedenini bulmak için denklemi (2.5) kare plan şekilli ve bir kenarının uzunluğu "a" olan bir binaya uygulayacak olursak, (2.5) denklemi;

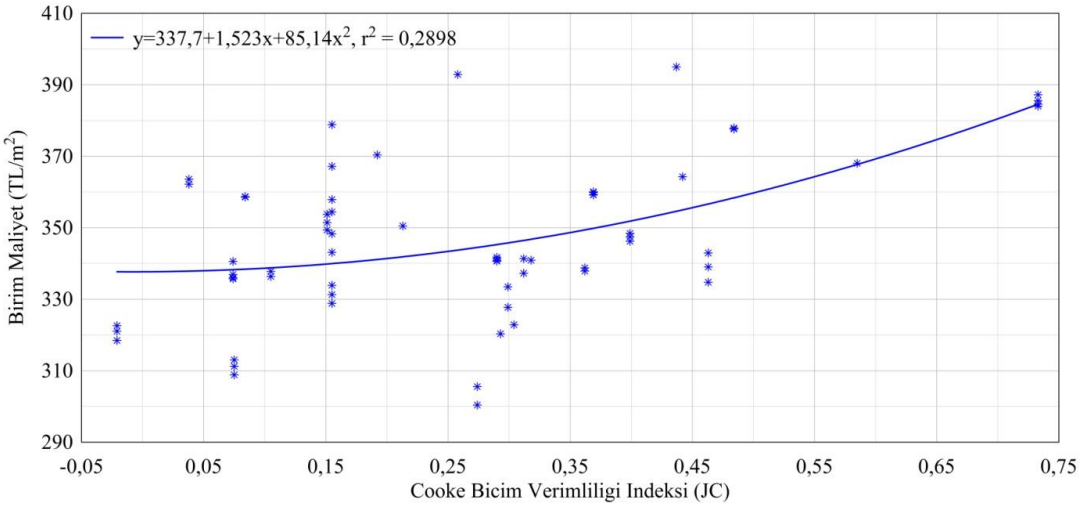
$$POP = \frac{a\sqrt{\pi}}{2} \tag{4.1}$$

şeklinde olmaktadır. Kare şekilli binalarda "a" yani binanın kenar uzunluğu arttıkça kat alanı artmaktadır. Kat alanın artması da aynı kat sayısına sahip binalarda toplam inşaat alanını arttırmaktadır. Toplam inşaat alanın artması ile önceki bölümlerde açıklandığı şekilde (Şekil 4.12) birim maliyet belirli bir değere kadar Şekil 4.28'deki gibi önce azalmakta daha sonra tekrar artmaktadır. Buradan çıkartılacak sonuç ile plan yoğunluğu indeks değeri arttıkça birim maliyet U'ya benzer bir eğilim göstermekte ve önce azalmakta daha sonra tekrar artmaktadır.



Şekil 4.28 : Plan Yoğunluğu indeksi – Birim maliyet.

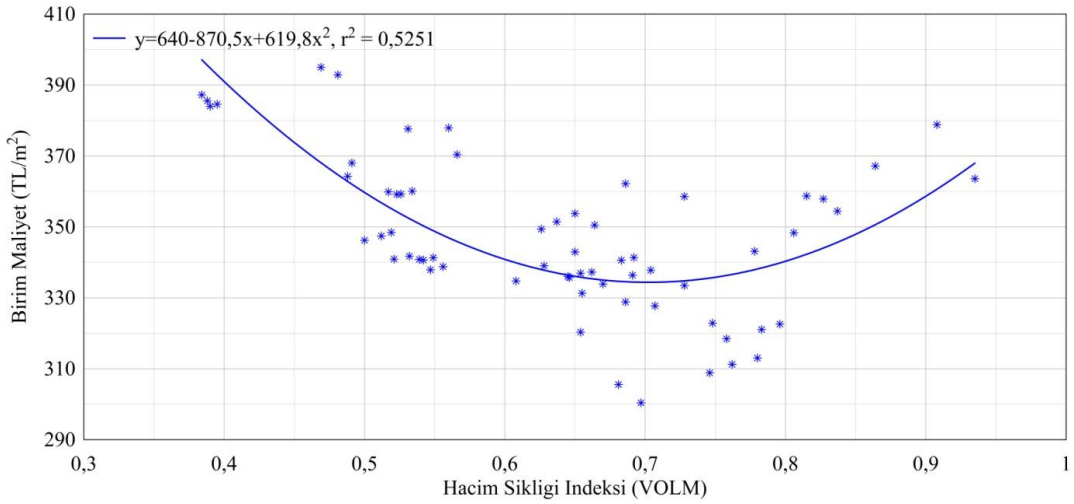
Wing (1999) plan verimliliğini ayrıca Cookie plan verimliliği indeksi (2.6) ile tanımlamıştır. Buna göre indeks değeri arttıkça plan şekli karmaşıklaşmakta ve plan verimliliği azalmaktadır, neticesinde de birim maliyet artmaktadır (Şekil 4.29).



Şekil 4.29 : Cookie plan verimliliği indeksi – Birim maliyet.

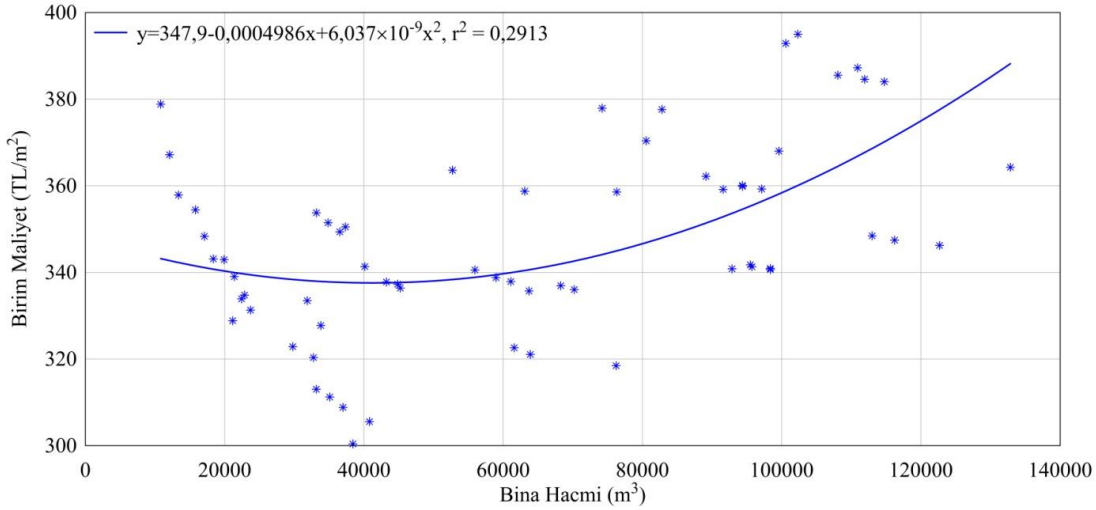
Burada özellikle dikkat edilmesi gereken, daire şeklinde kat planına sahip binaların Cookie indeks değerlerinin negatif çıkmasıdır. Yine yukarıda plan verimliliği indeksinde (2.7) belirtildiği gibi daire kat planına sahip binalar minimum maliyeti vermektedir.

Kirkham (2007) çalışmasında ayrıca hacim sıklığı indeksini (2.8) vermiştir. Şekil 4.30'daki analizde görüleceği gibi hacim sıklığı indeksi ile birim maliyet arasında U şeklinde bir bağıntı bulunmaktadır. Hacim sıklığı indeksinin 0,76 olduğu noktada birim maliyet minimum yani 334,38 TL/m^2 olmaktadır.



Şekil 4.30 : Hacim sıklığı indeksi – Birim maliyet.

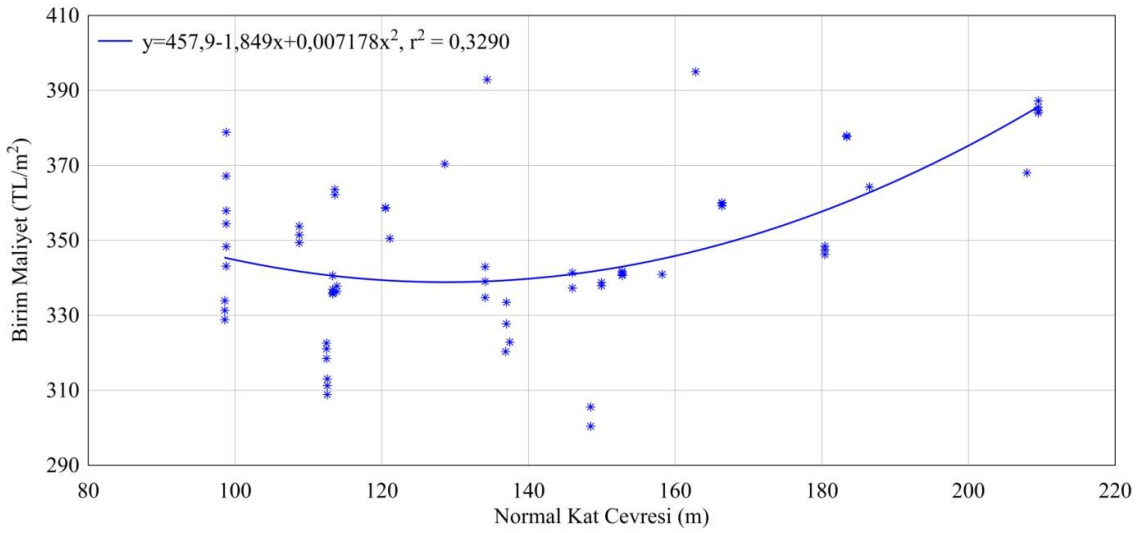
Benzer şekilde bina hacmi ile birim maliyeti karşılaştıracak olursak hacim sıklığı indeksinde çıkan sonuca benzer bir sonuç elde edilmektedir (Şekil 4.31). Buna göre birim maliyet bina hacmin artması ile yine U şeklinde bir eğilim göstermektedir ve hacim indeksinde çıkan sonuca yakın bir değerde (337,57 TL/m^2) minimum olmaktadır. İki sonuç ile elde edilen minimum maliyet değerleri birbirine çok yakın olmaktadır. Birim maliyetin bina hacmi ile U şeklinde değişmesinin sebebi, bina hacmini meydana getiren bileşenler olan yükseklik ve alan değerlerinden kaynaklanıyor olmasıdır. Bir başka deyişle bu iki değer ile birim maliyetin değişimi U şeklindedir ve bu da bina hacmi ile birim maliyetin değişimini aynı şekilde etkilemektedir.



Şekil 4.31 : Bina hacmi– Birim maliyet.

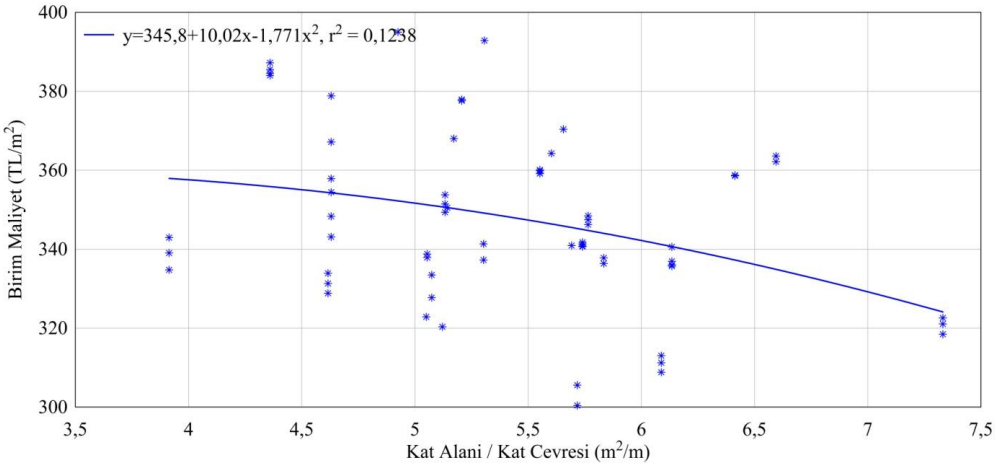
4.3.4 Kat çevresi/kat alanı ile birim maliyet arasındaki ilişki

Seeley (1996) yaptığı çalışmada bina çevre uzunluğu ile birim maliyet arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Buna çalışmaya göre genel anlamda bina şeklinin düzensizliği bina çevre uzunluğunu arttıracağından birim maliyetin düzensiz binalarda daha yüksek olacağını belirtmiştir. Bu kapsamda bina çevre uzunluğu ile birim maliyetin değişimi Şekil 4.32'de incelenmiştir ve bina çevre uzunluğu arttıkça birim maliyet de artmaktadır.



Şekil 4.32 : Kat çevresi– Birim maliyet.

Ayrıca Seeley (1996) özellikle kat çevre uzunluğu ile kat alanı oranın birim maliyeti etkilediğini ve bu oranın artması ile maliyetin artacağını belirtmiştir. Buna göre Şekil 4.33'de birim maliyetin kat alanının kat çevresine oranı ile değişimi görülmektedir. Buna göre plan şekli basitleştikçe bir başka deyişle kat alanı sabit kalırken bina çevresi azaldıkça birim maliyette doğrudan azalmaktadır. Bunun nedeni olarak özellikle betonarme kalıp ve demir imalatları ile duvar imalatlarının çevre miktarı azaldıkça azalması gösterilebilir.



Şekil 4.33 : Kat alanı/kat çevresi– Birim maliyet.

4.4 Plan Şekli ile Birim Maliyet Arasındaki İlişki

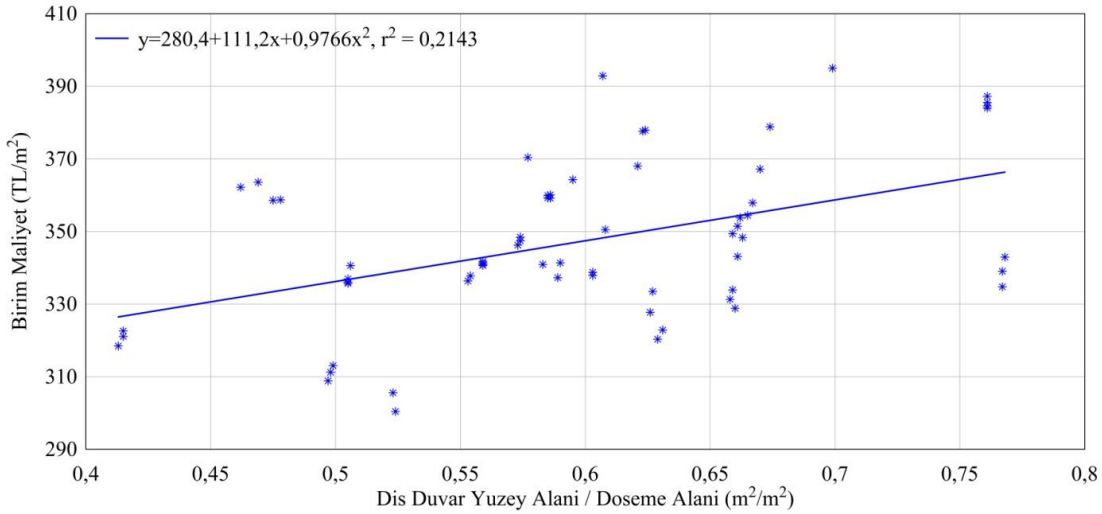
Bu bölümde plan şekli ile birim maliyet arasındaki ilişki incelenecektir. Literatürde plan şekli ile birim maliyet arasındaki ilişki büyük çoğunlukla dış duvar alanının döşeme alanına oranı ile değerlendirilmiştir (Steyert, 1972; Bathurst ve Butler, 1980; Seeley, 1996; Wing, 1999; Bostancıoğlu, 1999 ve 2006; Ashworth, 2004; Kirkham, 2007; Belniak ve Diğ., 2013) Belniak ve diğ. (2013) bunun nedenini duvar imalatının en pahallı imalatlardan birisinin olmasına ve plan şekli karmaşıklaştıkça artacak olan duvar miktarından dolayı maliyetin de artmasına bağlamıştır. Buna ilaveten Wing (1999) ve Kirkham (2007) yaptıkları çalışmalarda plan yoğunluğunun plan şeklinden kaynaklandığını ve plan yoğunluğunun artması ile birim maliyetin artacağını belirtmişlerdir.

Çalışma kapsamında dış duvar alanının kat alanına oranı ile birim maliyetin değişimi incelenecektir. Bunun yanı sıra Belniak ve diğ. (2013) tarafından verilen bina planlama indeksi denklemine göre de birim maliyetin değişimi araştırılacaktır.

4.4.1 Dış duvar alanı/brüt kat alan ile toplam birim maliyet arasındaki ilişki

Şekil 4.34'deki regresyon analizde dış duvar alanının döşeme alanına oranı arttıkça birim maliyet artmaktadır. Dış duvar alanının döşeme alanına oranı yaklaşık olarak 0,41 ile 0,77 arasında değişmektedir. Seeley (1996) yaptığı çalışmada bu oranının 0,60 ile 1,40 arasında olması gerektiğini ve bu oranın artmasıyla birim maliyetin artacağını belirtmiştir. Seeley'nin (1996) belirttiği aralıkta Ashworth'de (2004) benzer kat alanına sahip binalarda dış duvar yüzey alanı ile döşeme alanı oranının plan şeklinin belirlenmesinde en önemli kriterin olduğunu, basit plan şekilli binaların

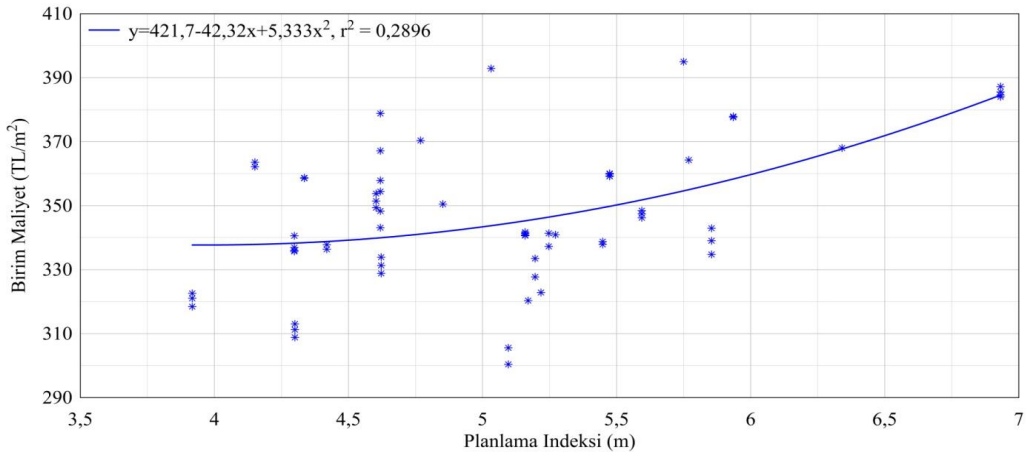
minimum maliyeti vereceğini belirtmiştir. Tüm bunlar bir araya getirilirse basit plan şekilli binaların düzensiz şekilli binalara göre özellikle dış cephede daha az köşeleri bir başka deyişle daha az girintileri çıkıntıları olacağından dolayı daha düşük maliyetli olacağı açıktır.



Şekil 4.34 : Dış duvarlar yüzey alanı/Döşeme alanı – Birim maliyet.

4.4.2 Planlama indeksi ile toplam birim maliyet arasındaki ilişki

Belniak ve diğ. (2013) tarafından verilen denklem (2.2)'ye göre planlama indeksi arttıkça birim maliyet artmaktadır (Şekil 4.35). Bunun nedeni olarak, kat alanı sabit kalırken bina çevre uzunluğunun artması ile maliyetin doğrudan artması gösterilebilir. Bu bağıntı ile görülmektedir ki, çevre uzunluğunun artması dış duvar alanını arttırmaktadır. Bu artış neticesinde de dış duvar yüzey alanı döşeme alanı oranını artmakta bu da bir önceki bölümde açıklandığı gibi maliyeti doğrudan arttırmaktadır.



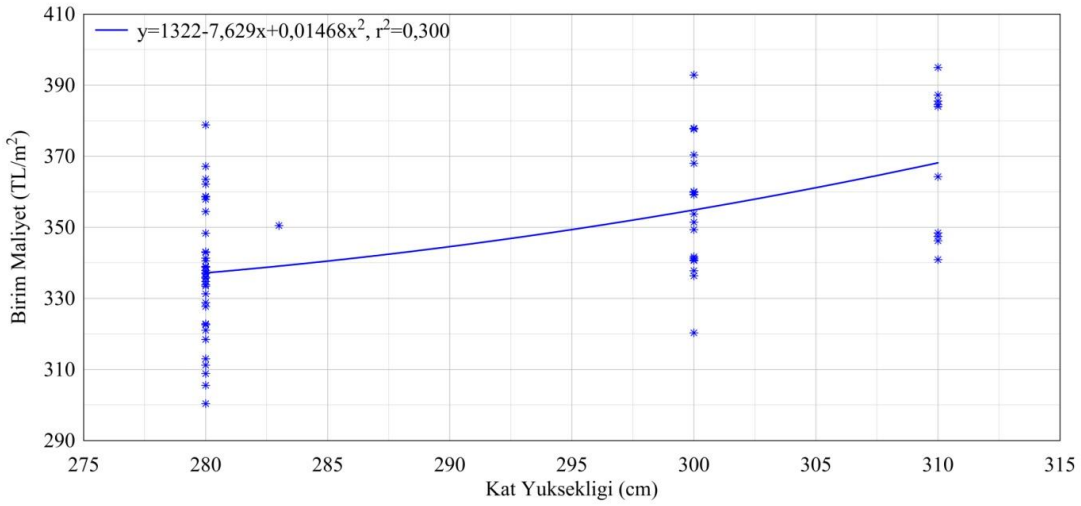
Şekil 4.35 : Planlama indeksi – Birim maliyet.

4.5 Kat Yüksekliği ile Birim Maliyet Arasındaki İlişki

Kat yüksekliği genel anlamda binanın kullanım şekline göre belirlenmektedir. Otel, hastane vb. binalarda kat yükseklikleri daha fazla olmaktadır (Ashworth, 2004). Konut binalarında diğer binalara göre biraz daha kat yüksekliği düşük olsa da, düşük kat yüksekliğine sahip binalar pek tercih edilmemekte ve genellikle çalışma kapsamında olduğu gibi 280 cm ile 310 cm arasındaki yüksekliklerde konut binaları yapılmaktadır.

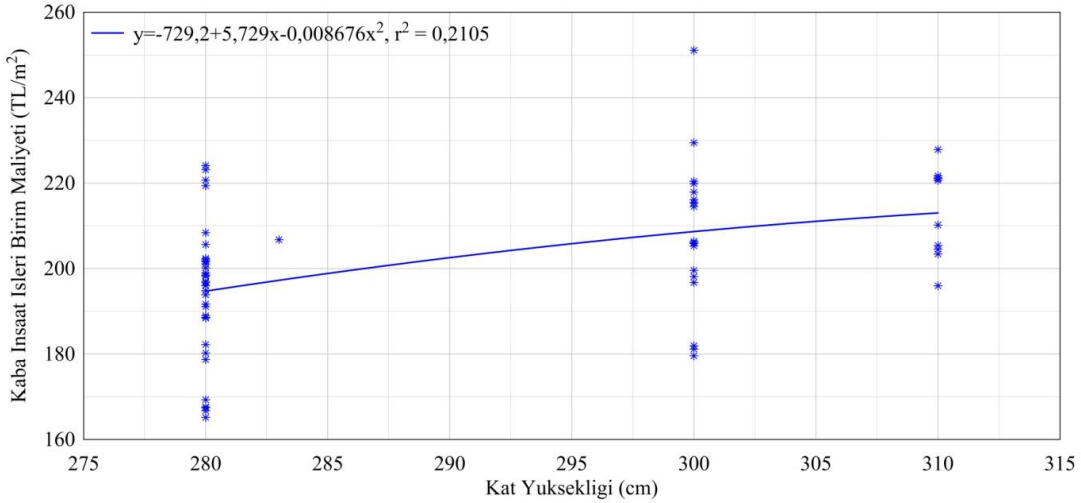
Kat yüksekliği ile birim maliyet değişimini inceleyen çalışmaların tamamında kat yüksekliğinin artması ile birim maliyetin arttığı belirtilmiştir. (Bathurst ve Butler, 1980; Seeley, 1996; Çıracı, 1996; Bostancıoğlu, 1999; Ashworth, 2004). Bostancıoğlu (1999) yaptığı çalışmada farklı yükseklikteki sınırlı sayıdaki binanın birim maliyetlerini karşılaştırmış, bunun yanı sıra Butler ve Bathurst'da (1980) dış duvar alanının döşeme alanına oranının yükseklik ile değişimini araştırmıştır. Bu çalışma kapsamında ise hem toplam hem de iş kalemleri bazında binaların kat yükseklikleri ile birim maliyetleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir.

Çalışmada dört tip kat yüksekliğine sahip bina bulunmaktadır; 280cm, 283 cm, 300 cm ve 310 cm. Şekil 4.36'da binalara ait kat yükseklikleri arttıkça birim maliyetinde doğrudan arttığı görülmektedir. Ancak aynı kat yüksekliğine sahip binaların maliyetleri birbirinden farklıdır. Bu farklılığın nedeni olarak da binaların diğer fiziksel ve geometrik özelliklerinin etkisi gösterilebilir.



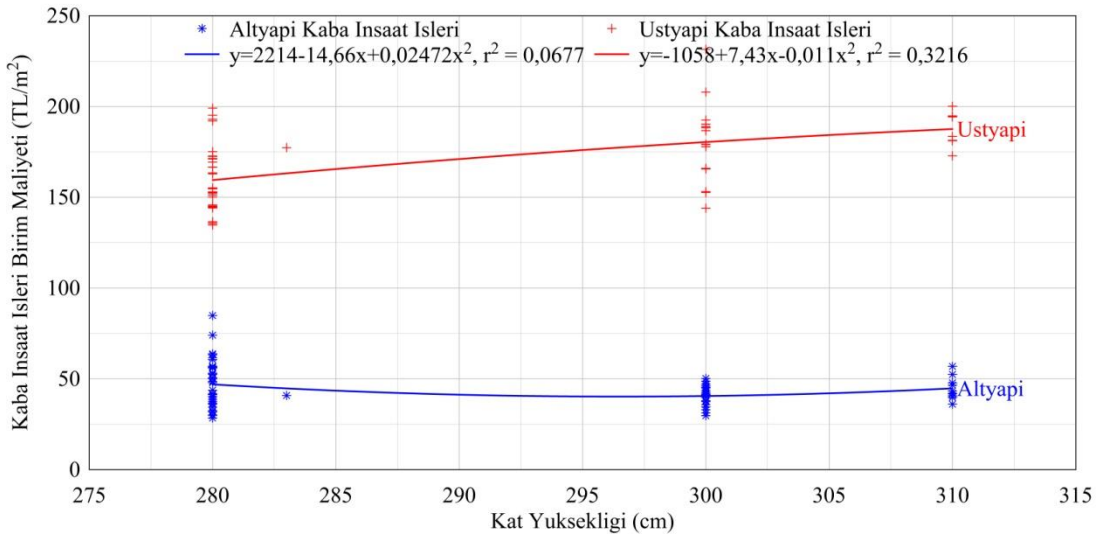
Şekil 4.36 : Kat yüksekliği – Toplam birim maliyet.

Kat yüksekliğinin artması ile birim maliyette meydana gelen artışın başlıca nedeni, brüt inşaat alanı sabit kalırken kat yüksekliğinin artması ile düşey imalat miktarlarının artmasıdır. Bostancıoğlu'nun (1999) da belirttiği gibi kat yüksekliğinin artması ile birlikte özellikle kaba inşaat işlerinin maliyeti büyük oranda artmaktadır. Bunun nedeni ise kolon ve perdelerin yüksekliklerinin artmasından dolayı artan demir ve beton miktarlarından kaynaklanmaktadır. Şekil 4.37'de kaba inşaat işleri birim maliyetinin kat yüksekliği ile değişimi görülmektedir. Buna göre inşaat alanı sabit kalmasına rağmen kat yüksekliğinin artması ile betonarme maliyetleri artmaktadır ve bu da doğrudan birim maliyeti arttırmaktadır. Bunun sebebi ise, hem düşey doğrultuda artan perde ve kolon imalatları, hem de bina yükseldikçe rüzgar ve deprem yüklerinin statik hesaptaki etkisi ile büyüyen taşıyıcı sistem elemanlarıdır.



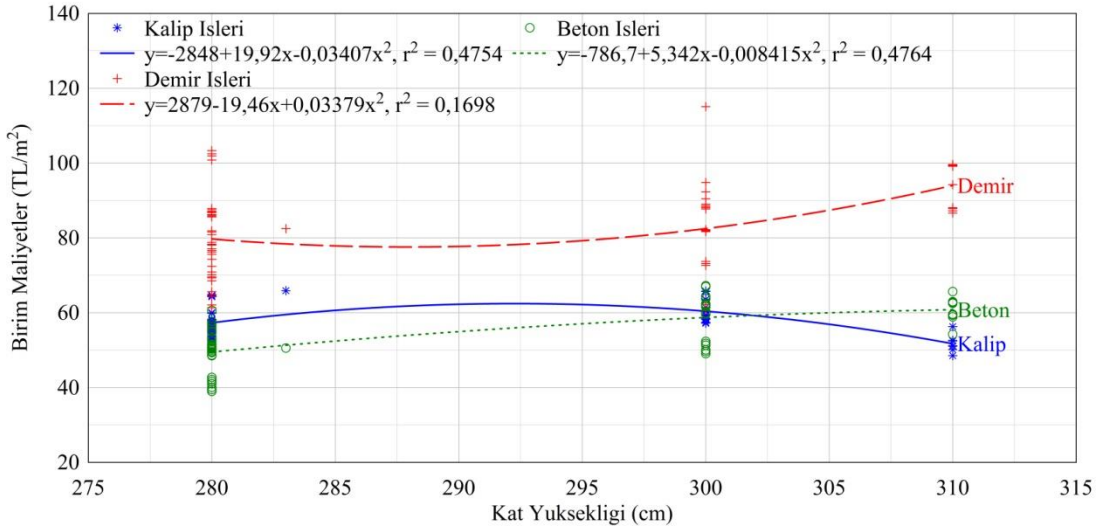
Şekil 4.37 : Kat yüksekliği – Kaba inşaat işleri birim maliyeti.

Kaba inşaat işleri maliyetleri ile kat yüksekliğini zemin kat altı ve zemin kat üstü kaba inşaat işleri olarak ayrı ayrı karşılaştıracak olursak, yukarıda bahsedildiği gibi kat yüksekliğindeki artışın zemin kat üstü kaba inşaat işleri maliyetini doğrudan arttırdığı, zemin kat altı kaba inşaat işleri maliyetine ise kayda değer bir etkisinin olmadığı görülmektedir (Şekil 4.38).



Şekil 4.38 : Kat yüksekliği – Zemin kat altı ve zemin kat üstü kaba inşaat işleri birim maliyetleri.

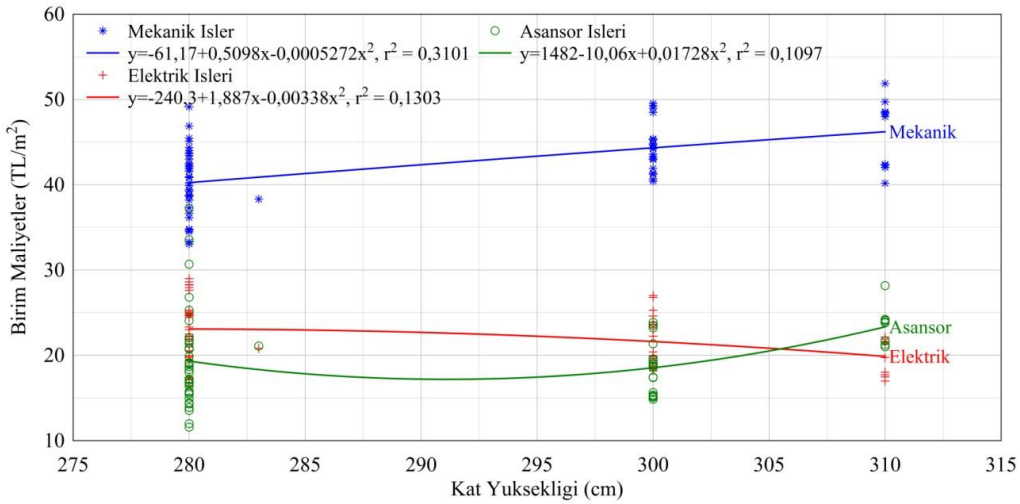
Şekil 4.39'da kat yüksekliği ile kalıp, demir ve beton işleri birim maliyetlerinin ilişkisi görülmektedir. Kat yüksekliğinin artması ile düşey doğrultuda artan betonarme imalatlarından dolayı kolon ve perdelerdeki demir ve beton miktarları artmaktadır. Buna karşılık artan betonarme imalatları yapmak için gerekli olan kalıp miktarı artsa da bu artış birim maliyette önemli bir değişikliğe yol açmamaktadır.



Şekil 4.39 : Kat yüksekliği – Kalıp , demir ve beton işleri birim maliyetleri.

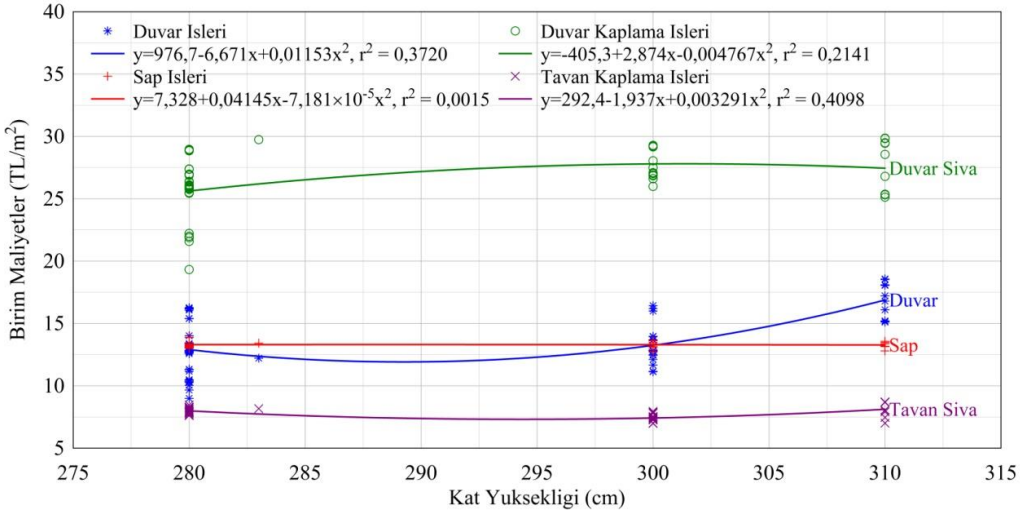
Aynı şekilde kat yüksekliğinin artması ile özellikle düşey temiz ve pis su gibi boru miktarlarını arttıracağından mekanik işler birim maliyeti de artış göstermektedir. Kat yüksekliğinin artışı elektrik işleri maliyetini düşey boru ve kablolama maliyetleri dışında etkilemediğinden elektrik işlerinin birim maliyetinde önemli değişikliklere

neden olmamaktadır. Asansör işleri birim maliyeti kat yüksekliğin artması ile U şeklinde bir eğilim göstermektedir ve yaklaşık 290 cm kat yüksekliğine sahip binalarda minimum olmaktadır. Bunun sebebi olarak özellikle makine, kabin ve kapı maliyetlerinin belirli bir yüksekliğe kadar sabit olması ve bu yükseklikten sonra tekrar artış göstermesi gösterilebilir (Şekil 4.40).



Şekil 4.40 : Kat yüksekliği – Mekanik, elektrik ve asansör işleri birim maliyetleri.

Buraya kadar açıklananlar dışında özellikle duvar ve duvar sıva imalatlarının birim maliyetleri de kat yüksekliğinin artması ile artmaktadır. Buna karşılık şap ve tavan sıva işlerinin birim maliyetlerinde herhangi bir değişim olmamaktadır. Bunun nedeni olarak kat yüksekliğinin değişiminin yatay alanlar üzerinde herhangi bir etkisinin olmamasıdır (Şekil 4.41).

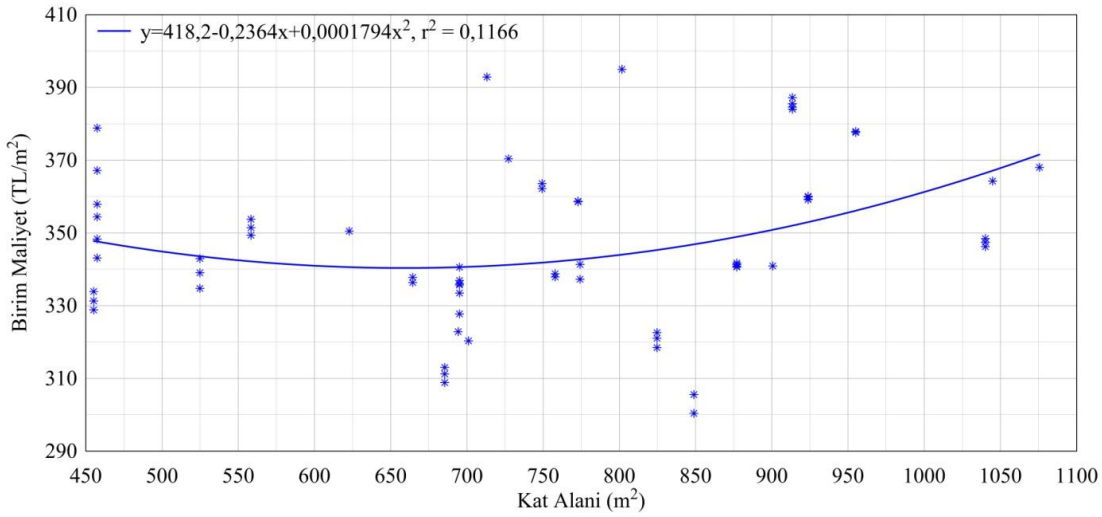


Şekil 4.41 : Kat yüksekliği – Duvar, şap, duvar ve davan kaplama işleri birim maliyetleri.

4.6 Kat Alanı ile Birim Maliyet Arasındaki İlişki

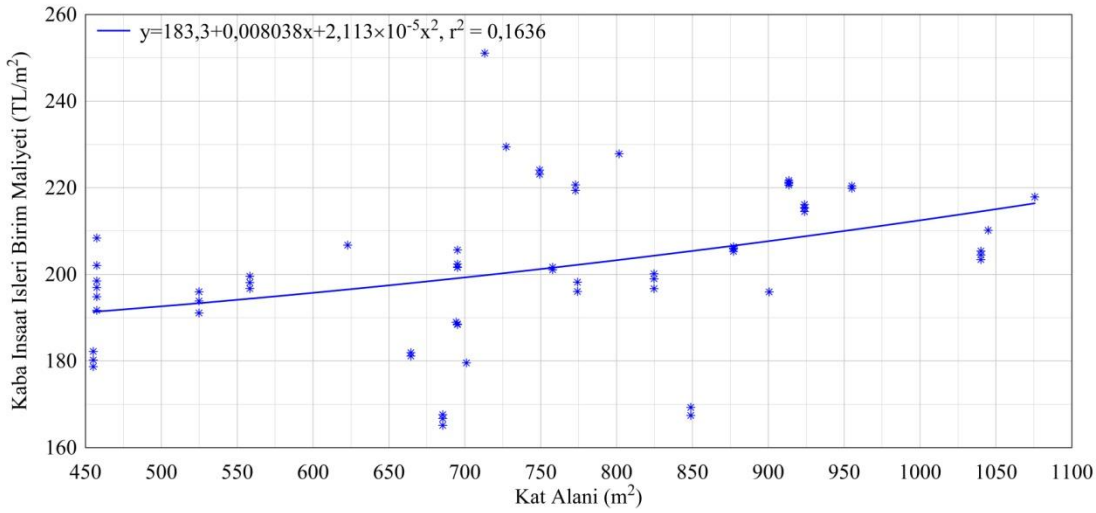
Literatürde kat alanı ile ilgili yapılmış çalışmaların birçoğu plan şekli ve plan verimliliği kapsamında değerlendirilmiş ve genel olarak da dış duvar alanına bağlı olarak değişimleri incelenmiştir. Bu bölümde kat alanı dışındaki tüm parametrelerin sabit olduğu varsayımı yapılarak, 455 m^2 ile 1.075 m^2 arası kat alanına sahip binalarda birim maliyetin kat alanına bağlı olarak değişimi incelenmiştir.

Kat alanı ile maliyetin değişimi şu ana kadar sadece Steyert (1972) tarafından incelemiştir. Steyert (1972) kat alanın artması ile toplam birim maliyetin büyük oranda azaldığını belirtmiştir. Bu tez kapsamında yapılan çalışmalarda Steyert'tan (1972) farklı olarak Şekil 4.42'deki gibi kat alanı ile birim maliyet arasındaki ilişki toplam inşaat alanı ile birim maliyet ilişkisine benzer olarak U şeklindedir. Birim maliyet kat alanının 658 m^2 olmasına kadar azalmakta bu değerden sonra tekrar artmaktadır. Ancak farklı bir durum olarak önceki bölümlerde de açıklandığı gibi aynı yüksekliğe sahip binalarda, kat alanı arttıkça birim maliyet artmaktadır.



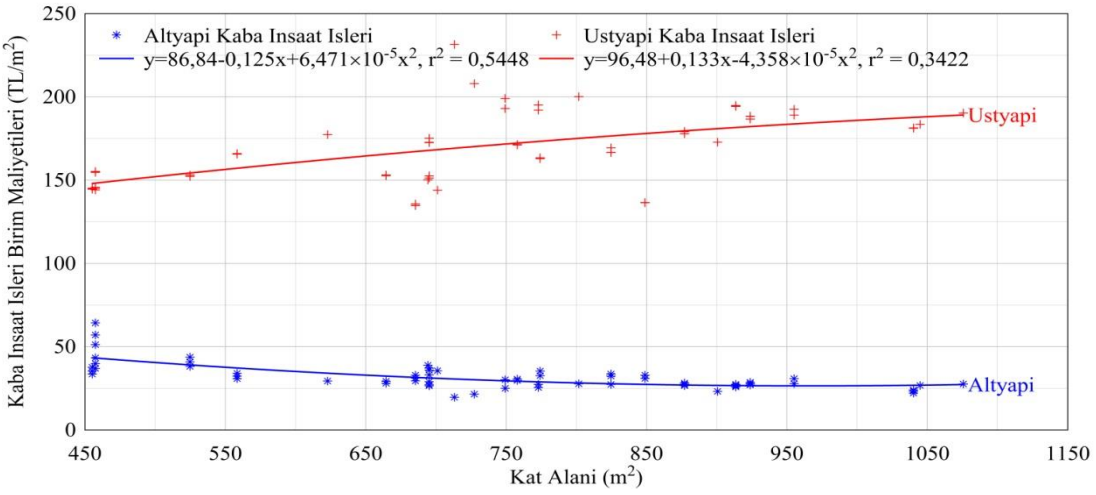
Şekil 4.42 : Kat alanı – Birim maliyet.

Toplam birim maliyetin kat alanı ile değişimden farklı olarak kaba inşaat işleri birim maliyeti kat alanının artması ile doğrudan artmaktadır (Şekil 4.43). Bunun nedeni olarak kat alanın artması ile temel alanının artması, döşeme ve taşıyıcı sistem elamanlarının hem sayıların artması hem de büyümeleri gösterilebilir. Bir başka deyişle maliyetin büyük bir kısmını oluşturan kaba inşaat işleri maliyetleri kat alanına bağlı olarak artan kalıp, demir ve beton miktarlarından dolayı kat alanı artışı ile artmaktadır.



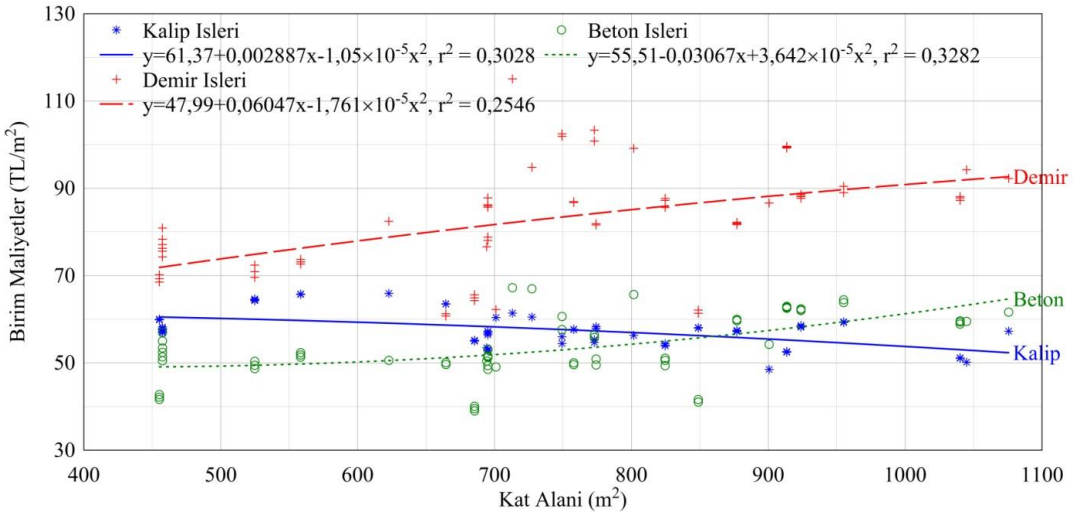
Şekil 4.43 : Kat alanı – Kaba inşaat işleri birim maliyeti.

Şekil 4.44'de zemin kat altı ve zemin kat üstü kaba inşaat işlerine ait birim maliyetlerin kat alanı ile değişimi gösterilmiştir. Yukarıda da bahsedildiği gibi, kat alanı arttıkça betonarme imalatların miktarı ve dolayısıyla maliyeti artmaktadır. Bu da özellikle zemin üstü katların maliyet içerisindeki dağılımlarının yüksek olmasından dolayı zemin kat üstü kaba inşaat işleri birim maliyetini arttırmaktadır. Temel ve bodrum katlarda yani zemin kat altı kaba inşaat işlerinde, zemin üstü katlara oranla toplam maliyetinin daha düşük olmasından ve kat alanının artışına bağlı olarak toplam inşaat alanının da artmasından dolayı zemin kat altı kaba inşaat işleri maliyeti bir miktar azalmaktadır. Bunun nedeni olarak birim maliyet hesap edilirken maliyeti bölen durumda olan inşaat alanın zemin kat altı kaba inşaat işlerinin maliyetinden daha fazla oranda artması gösterilebilir.



Şekil 4.44 : Kat alanı – Zemin kat altı ve zemin kat üstü kaba inşaat işleri birim maliyetleri.

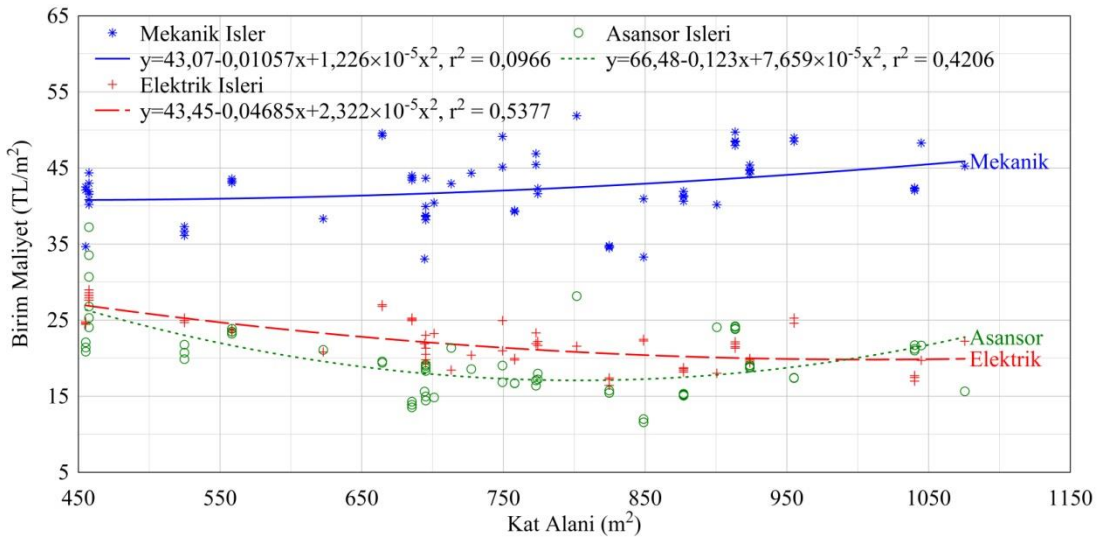
Kat alanın artması ile artan döşeme, kolon, kiriş gibi yapısal elemanların miktarlarının artışı kaba inşaat işleri birim maliyetini arttırmaktadır. Bunun nedeni kaba inşaat işlerine ait imalat kalemlerinin maliyetlerinin artışından kaynaklanmaktadır. Şekil 4.45'de görüldüğü gibi kat alanı arttıkça özellikle demir ve beton birim maliyetleri artmakta bunun neticesinde de Şekil 4.43'den de görüldüğü gibi kaba inşaat işleri toplam birim maliyeti de artmaktadır. Kalıp işlerinin birim maliyeti ise toplam inşaat alanındaki daha büyük artıştan dolayı tıpkı yükseklik (Şekil 4.10) ve toplam inşaat alanında (Şekil 4.18) olduğu gibi kat alanı arttıkça azalmaktadır. Steyert (1972) ise farklı olarak kaba inşaat işlerine ait birim maliyetinde toplam birim maliyete benzer olarak kat alanının artışı ile azaldığını bunun sebebi olarak da bölen durumunda olan toplam inşaat alanı miktarının artışını göstermiştir.



Şekil 4.45 : Kat Alanı – Kalıp, demir ve beton işleri birim maliyetleri.

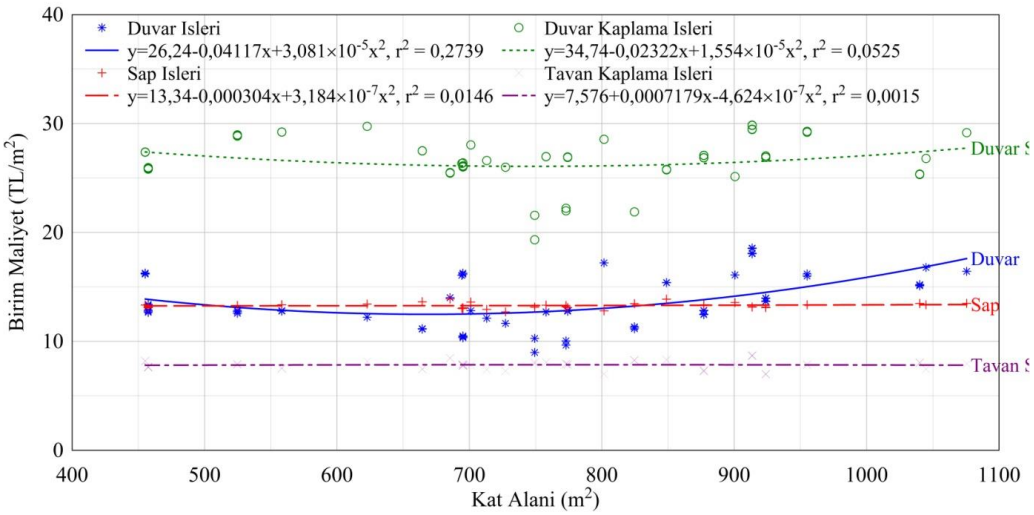
Steyert'ın (1972) yaptığı çalışmada mekanik, elektrik ve asansör işlerine ait tüm birim maliyetler azalmaktadır. Buna karşılık bu çalışmada kat alanın artışı ile mekanik işler birim maliyeti artarken, elektrik işleri birim maliyeti azalmakta ve asansör işleri birim maliyeti ise U şeklinde eğilim göstermektedir (Şekil 4.46). Mekanik işler birim maliyetinin kat alanın artması ile artmasının özellikle borulama miktarının artmasında bunun neticesinde de maliyetlerinin artışından kaynaklanmaktadır. Elektrik işlerindeki azalmanın nedeni ise kat alanın artışı neticesinde borulama ve kablolalama maliyetlerindeki artışın, birim maliyetin böleni durumundaki inşaat alanı artışından az olmasından kaynaklanmaktadır. Bir başka açından da elektrik işleri boru ve kablo maliyetlerinin çok düşük olmasından dolayı

kat alanı arttıkça elektrik işleri birim maliyeti azalmaktadır. Asansör işleri birim maliyeti ise toplam birim maliyete benzer şekilde kat alanın artışı ile U şeklinde değişmektedir ve 803 m^2'ye kadar azalmakta bu değerden yüksek kat alanına sahip binalarda tekrar artmaktadır. Bu U şeklindeki değişimin sebebi olarak özellikle asansör maliyetinin büyük çoğunluğunu oluşturan makine maliyetinin belli bir büyüklüğe kadar sabit kalması bunun neticesinde de alan artışı ile birim maliyetin azalması gösterilebilir.



Şekil 4.46 : Kat alanı – Mekanik, elektrik ve asansör işleri birim maliyetleri.

Steyert (1972) yaptığı çalışmada ince iş kalemlerinin maliyetlerinin kat alanın artışı ile azaldığını söylemiş olsa da çalışma kapsamında bu imalat kalemlerinin birim maliyetleri ile kat alanı arasında duvar işleri dışında korelasyonu yüksek olan bir ilişki bulunamamıştır (Şekil 4.47). Duvar işleri birim maliyeti kat alanının artması ile U eğrisi şeklinde bir değişim göstermektedir. Bunun nedeni olarak önceki bölümlerde de açıklanmış olan özellikle kat alanın artışı ile belirli bir değere kadar artacak olan bölme ihtiyacı gösterilebilir. Bu bölme duvar ihtiyacındaki artış hem duvar işlerinin maliyetini belirli bir noktaya kadar hem de duvar sıva işlerinin maliyetini arttırmaktadır.



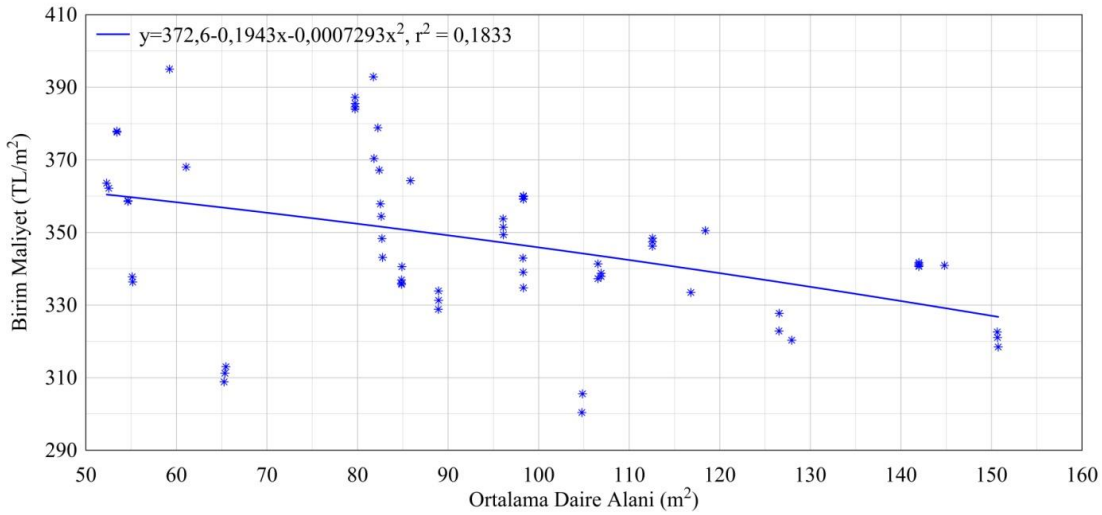
Şekil 4.47 : Kat alanı – Duvar, şap, duvar ve tavan kaplama işleri birim maliyetleri.

4.7 Daire Büyüklüğü ve Sayısı ile Birim Maliyet Arasındaki İlişki

Bu bölümde binalardaki dairelerin büyüklükleri ve daire toplam sayıları ile birim maliyet arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Literatürde binalardaki daire büyüklükleri ve sayıları ile maliyet arasındaki çalışmalar çok kısıtlı kalmıştır. Burada bu iki değerin değişimi ile maliyetin nasıl etkilendiği ayrı ayrı incelenecektir.

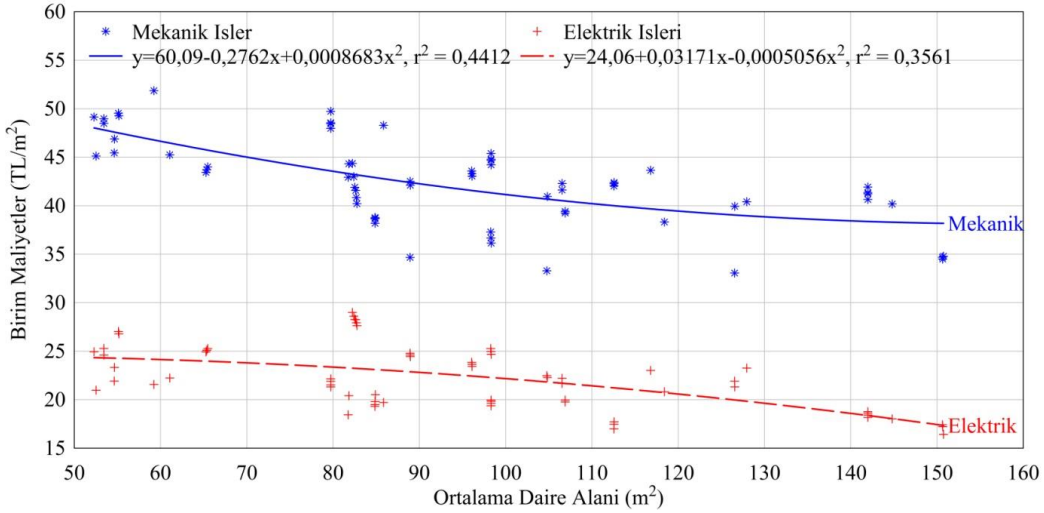
4.7.1 Daire büyüklüğü ile toplam birim maliyet arasındaki ilişki

Daire büyüklükleri ile birim maliyet arasındaki ilişki Şekil 4.48'de verilmiştir. Bu sonuç daha önce Steyert (1972), Seeley (1996) ve Bostancıoğlu (1996) tarafından yapılmış çalışmalardaki gibi binalardaki daire alanları arttıkça birim maliyetin azaldığını göstermektedir. Daire büyüklüğü ile birim maliyet arasında Steyert (1972) yaptığı çalışmada daire büyüklüğünün artması ile toplam maliyetin arttığını buna karşılık artan inşaat alanından dolayı bu çalışmaya benzer olarak birim maliyetin azaldığını belirtmiştir. Bostancıoğlu'da (1999, 2006) aynı şekilde kattaki daire büyüklüklerinin artması birim maliyeti düşüreceğini belirtmiştir.



Şekil 4.48 : Ortalama daire alanı – Birim maliyet.

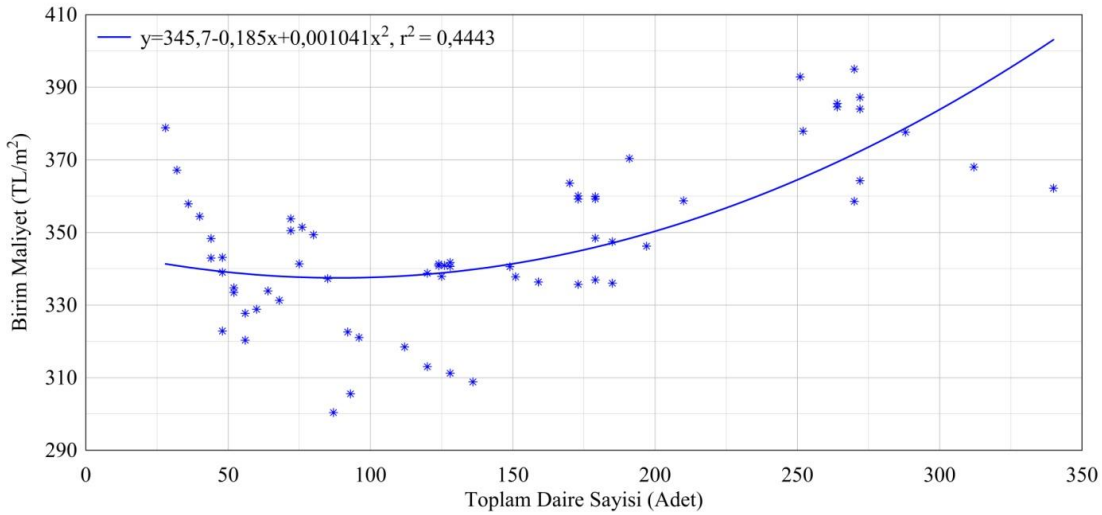
Bunun sebebi olarak özellikle Şekil 4.49'da görüldüğü gibi mekanik ve elektrik işleri birim maliyetlerinin düşmesi gösterilebilir. Aynı kat alanında daha büyük alanlı dairelerin yapılması kattaki daire sayısı azaltacaktır. Daire sayısının azalması özellikle mekanik ve elektrik tesisatın yoğun olduğu mutfak ve banyo sayısını azaltacağından birim maliyette bunlara bağlı olarak azalmaktadır. Mekanik ve elektrik işleri dışındaki diğer iş grup ve kalemlerinin birim maliyetleri ile ortalama daire alanı arasında yapılan analizlerde kayda değere bir değişiklik olmadığı görülmüştür.



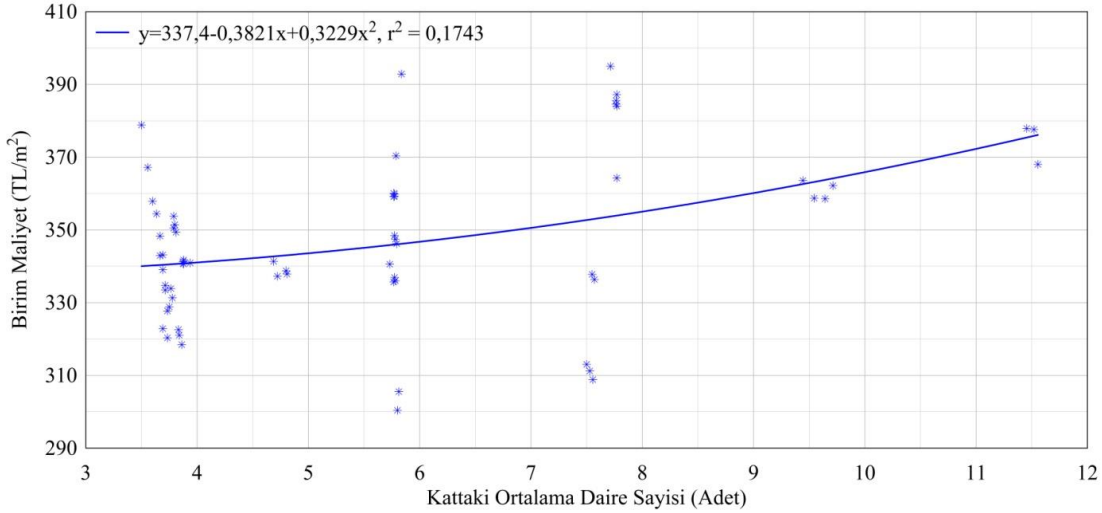
Şekil 4.49 : Ortalama daire alanı – Mekanik ve elektik işleri birim maliyetleri.

4.7.2 Daire sayısı ile toplam birim maliyet arasındaki ilişki

Şekil 4.50'deki analizde toplam daire sayısı arttıkça birim maliyet artmaktadır. Yine şekilde Şekil 4.51'deki gibi kattaki daire sayısı arttıkça da birim maliyet artmaktadır.



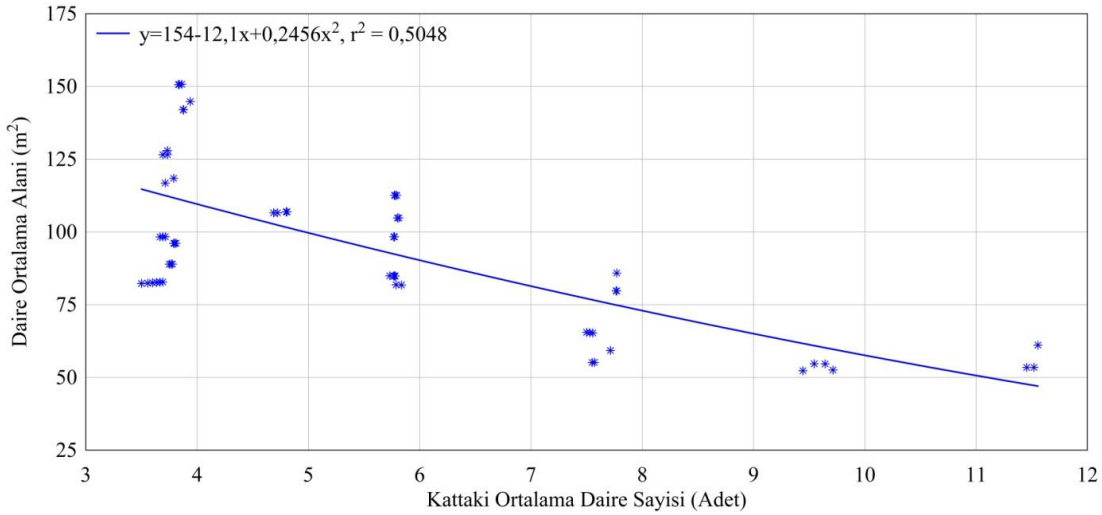
Şekil 4.50 : Toplam daire sayısı – Birim maliyet.



Şekil 4.51 : Kattaki ortalama daire sayısı – Birim maliyet.

Hem toplam daire hem de kattaki daire sayılarının artması ile birim maliyetlerin artmasının ana nedeni olarak Şekil 4.52'de görüldüğü gibi daire sayısı ile daire ortalama alanının ters orantılı olarak değişen ilişkisi gösterilebilir. Bir başka ifadeyle önceki bölümde Şekil 4.48'de açıklandığı gibi daire alanın artması ile birim maliyet azaldığından ve daire alanı ile daire sayısı da ters orantılı olarak değiştiğinden dolayı Şekil 4.51'deki gibi daire sayısı arttıkça birim maliyet artmaktadır. Özellikle yukarıda açıklandığı gibi daire alanındaki değişimin tam tersi olarak düşünecek olursak, daire sayısı arttıkça ıslak hacim sayısı arttığından mekanik ve elektrik işlerinin birim maliyetleri daire sayısına bağlı olarak artacaktır. Bu da toplam birim maliyetin artmasına neden olacaktır. Ayrıca daire sayısının artması ile birlikte duvar miktarı ve kalınlığı aratacağından duvar işlerinden gelen ekstra maliyette inşaat alanı

sabit kalırken toplam maliyeti arttıracaktır. Hepsine ek olarak daire sayısının artması binada oturan kişi sayısı artacağından dolayı asansör ihtiyacı artacaktır. Bu şekilde hem kapasite hem de sayı olarak daha fazla asansöre ihtiyaç duyulacaktır.



Şekil 4.52 : Kattaki ortalama daire sayısı – Daire ortalama alanı.

Bostancıoğlu (1999, 2006) yaptığı çalışmada kattaki daire sayısının artması ile ters orantılı olarak birim maliyetin azaldığını söylemiştir. Bunun nedenini de ortak olarak kullanılan elemanların artmasına bağlamıştır. Fakat bu çalışmada daire sayısının değişimi inşaat alanı üzerinde herhangi bir etki yapmamaktadır. Aynı kat alanı içinde daire sayısının değişimi bu nedenle birim maliyeti azaltmamakta, tam tersine arttırmaktadır.

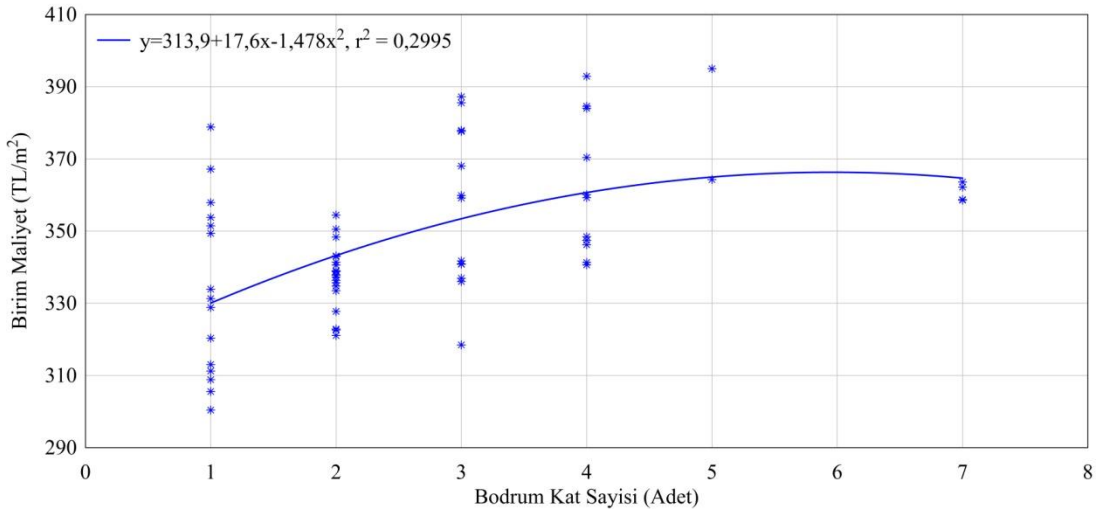
4.8 Bodrum Kat Sayısı ile Birim Maliyet Arasındaki İlişki

Literatür de bodrum kat sayısı ile yapılan çalışmalar çok sınırlı kalmıştır ve genel olarak bodrum kat sayısının artışı ile birim maliyetin artacağı belirtilmiştir. Bunun nedeni olarak özellikle hafriyat ve izolasyon maliyetlerindeki artışlar gösterilmiştir. Burada dikkat edilmesi gereken, çalışmada açıklanmış nedenlerden ötürü hafriyat ve izolasyon maliyetlerinin kapsama alınmamış olmasından dolayı diğer çalışmaların bu çalışma ile karşılaştırılmalarının uygun olmadığıdır. Bu nedenle bu konuda karşılaştırma yapılmamış ve sadece çıkan sonuçlar incelenmiştir.

Yapılan araştırmalar sonucunda bodrum kat sayısı ile ilgili olarak literatürde sadece Bostancıoğlu'nun (1999, 2006) çalışmasına rastlanmış ve bu çalışmada da bodrum kat sayısının artması ile maliyetin artacağı belirtilmiştir. Buna ilaveten Ashworth

(2004) sadece binalara fazladan bodrum kat eklemenin maliyeti arttıracağını söylemiştir.

Şekil 4.53'den görüleceği gibi bodrum kat sayısının artması ile birim maliyet artmaktadır. Çalışma kapsamındaki binaların bodrum kat sayıları 1 ile 7 arasında değişmektedir.



Şekil 4.53 : Bodrum kat sayısı – Birim maliyet.

Bodrum kat sayısı binanın kullanım amacına göre değişkenlik gösterebileceği gibi ayrıca zemin koşullarına bağlı olarak da değişmektedir. Özellikle eğimli arazilerde binanın iki cephesi arasında kot farkının olduğu yere inşa edilmesi durumunda bu kot farkının giderilebilmesi için bodrum kat sayısı arttırılmaktadır. Ayrıca bodrum katların otopark olarak kullanılacağı binalarda, araç park yeri sayısına göre de bodrum kat sayısı artırılabilmektedir. Bunlara ilaveten özellikle deprem yüklerinden dolayı da binaların bodrum kat sayıları artmaktadır. Bunların hepsini birlikte düşünecek olursak, bodrum kat sayısı hem zorunluluklar hem de yukarıda sıralana zorlayıcı sebeplerden dolayı değişkenlik göstermektedir. Bu sıralanan nedenler olmaksızın, fazladan bodrum kat yapılması her koşulda maliyeti arttırıcı sebeplerin başında gelmektedir.

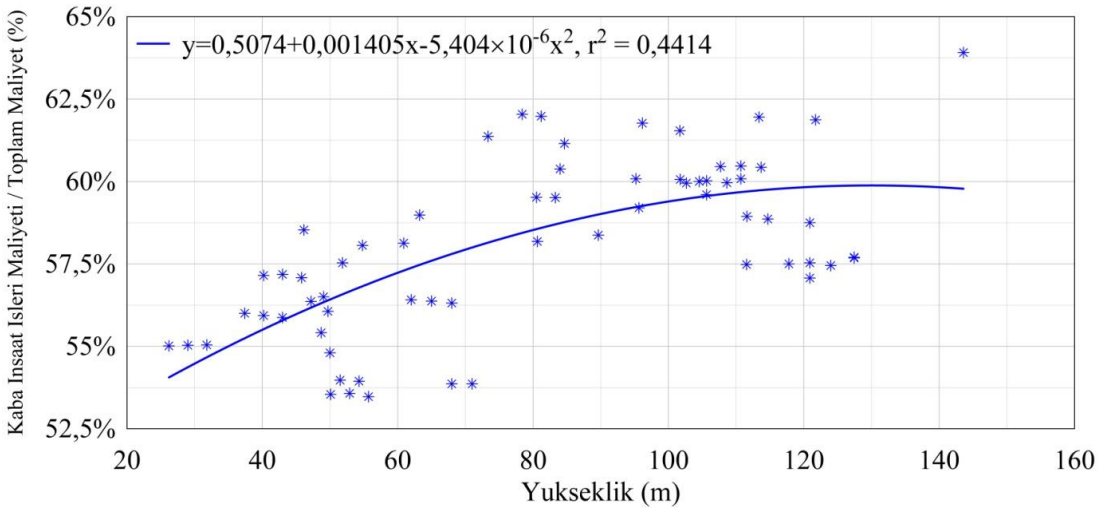
4.9 Yapı Yüksekliğinin ve İnşaat Alanının Değişimleri ile Maliyet Oranlarının Değişimi

Bu bölümde yapı yüksekliği ile brüt inşaat alanındaki değişimin, kaba inşaat işleri ve kaba inşaat işlerine ait iş grupları ve iş kalemlerinin maliyetlerinin toplam maliyete oranlarına etkisi incelenecektir. Literatürde şu ana kadar yapılmış çalışmalarda bu

ilişkinin incelendiği her hangi bir analize rastlanmamıştır. Bu analizlerdeki amaç yapı yüksekliği ve inşaat alanı arttıkça özellikle maliyetin önemli bir kısmını oluşturan kaba inşaat işlerine ait iş gruplarının ve iş kalemlerinin maliyetlerinin toplam maliyetin değişimini nasıl etkilediğini incelemektir. Kaba inşaat işlerine ait iş gruplarının ve iş kalemlerinin maliyetleri dışında kalan maliyetlerin toplam maliyet içerisindeki oranları ile yükseklik ve inşaat alanı arasında yapılan analizlerde anlamlı sonuçlara varılamadığından diğer imalat kalem ve grupları için bu analizler yapılmamıştır.

4.9.1 Yükseklik ile kaba inşaat işleri maliyetlerinin toplam maliyete oranı arasındaki ilişki

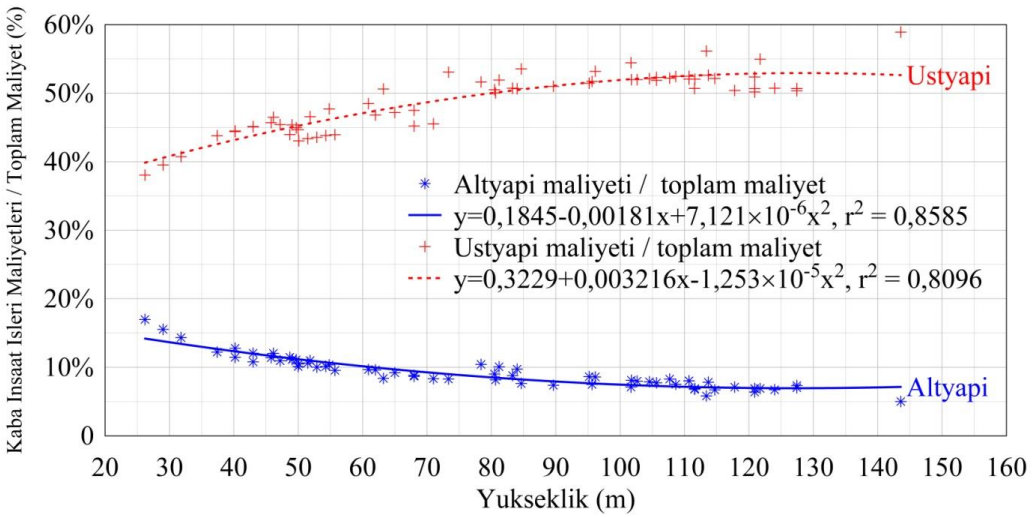
Yükseklik ile kaba inşaat işlerinin toplam maliyete oranı arasındaki ilişki Şekil 4.54'de verilmiştir. Buna göre, kaba inşaat işlerinin toplam maliyet içerisindeki oranı yapı yüksekliğin artması ile 130 m'ye kadar artmakta, 130 m'den sonra ise yataya yakın bir eğilim göstermektedir. Bu analizdeki sonuçtan farklı olarak Şekil 4.7'de ise kaba inşaat işlerine ait birim maliyet yüksekliğin artması ile sürekli bir artış göstermektedir. Bu iki analiz arasındaki bu fark yüksekliğin artması ile kaba inşaat işleri dışındaki diğer iş kalemlerinin maliyetlerinin kaba inşaat işlerinin maliyetindeki artışa göre daha fazla artmasından kaynaklanmaktadır. Bu artış da kaba inşaat işlerinin maliyetinin toplam maliyet içerisindeki oranının düşürmektedir.



Şekil 4.54 : Yükseklik – Kaba inşaat işleri maliyetinin toplam maliyete oranı.

4.9.2 Yükseklik ile kaba inşaat işleri zemin kat altı ve zemin kat üstü kaba inşaat işleri maliyetlerinin toplam maliyete oranı arasındaki ilişki

Yükseklik ile zemin kat altı ve zemin kat üstü kaba inşaat işlerine ait maliyetlerin toplam maliyete oranları arasındaki ilişki Şekil 4.55'de verilmiştir. Buna göre Şekil 4.5'deki analize benzer olarak yüksekliğin 127 m'ye kadar artması ile zemin kat altı kaba inşaat işlerinin toplam maliyete oranı önce azalmakta daha sonra tekrar artmaktadır. Bu artışın nedeni olarak yapı yükseldikçe temel ve bodrum katların taşıyıcı sistem elemanlarının boyutlarının artması gösterilebilir. Zemin kat üstü kaba inşaat işlerinin toplam maliyete oranı ise Şekil 4.6'daki analizden farklı olarak 128 m'ye kadar önce artmakta daha sonra azalmaktadır. Bu azalma, bina belli bir yüksekliğe ulaştıktan sonra diğer maliyetlerin de artmaya başlamasından dolayı zemin kat üstü kaba inşaat işlerinin toplam maliyet içerisindeki oranının azalmasından kaynaklanmaktadır.

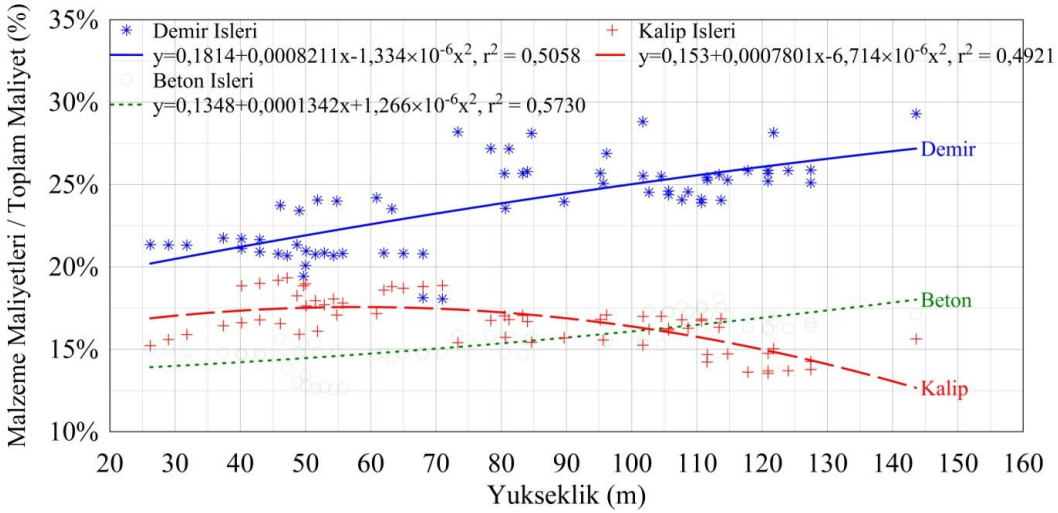


Şekil 4.55 : Yükseklik – Zemin kat altı ve zemin kat üstü kaba inşaat işleri maliyetlerinin toplam maliyete oranları.

4.9.3 Yükseklik ile demir, kalıp ve beton işleri maliyetlerinin toplam maliyete oranı arasındaki ilişki

Şekil 4.56'da yükseklik ile demir, kalıp ve beton işlerine ait maliyetlerin toplam maliyete oranlarının değişimleri verilmiştir. Buna göre demir, kalıp ve beton işlerinin maliyetlerinin toplam maliyete oranları ile yükseklik arasındaki ilişki bu kalemlere ait Şekil 4.10'da verilen birim maliyetlerin yükseklik ile ilişkilerinin bir benzerdir. Yapı yüksekliği arttıkça demir ve beton işlerinin hem birim maliyetleri artmakta hem de toplam maliyet içerisindeki oranları artmaktadır. Tam tersi olarak, kalıp işlerinin

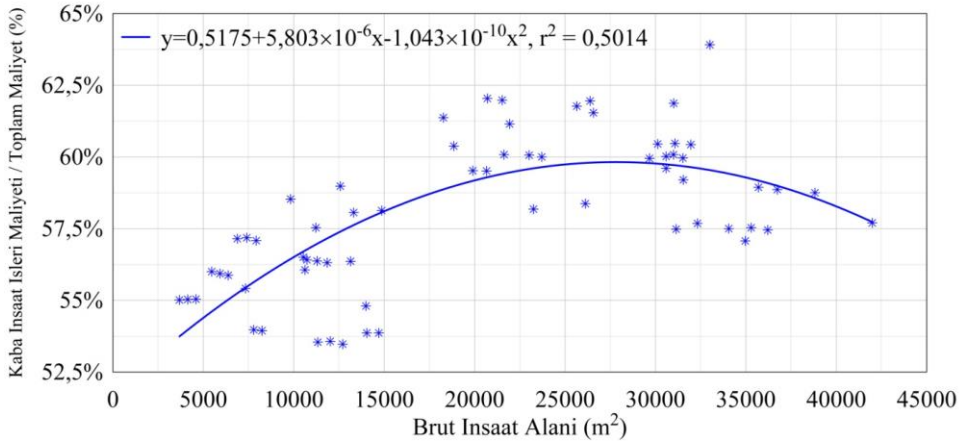
yükseklik ile birim maliyeti azalmakta bununla birlikte toplam maliyet içerisindeki oranı da azalmaktadır.



Şekil 4.56 : Yükseklik – Demir, kalıp ve beton işleri maliyetlerinin toplam maliyete oranları.

4.9.4 İnşaat alanı ile kaba inşaat işleri maliyetlerinin toplam maliyete oranı arasındaki ilişki

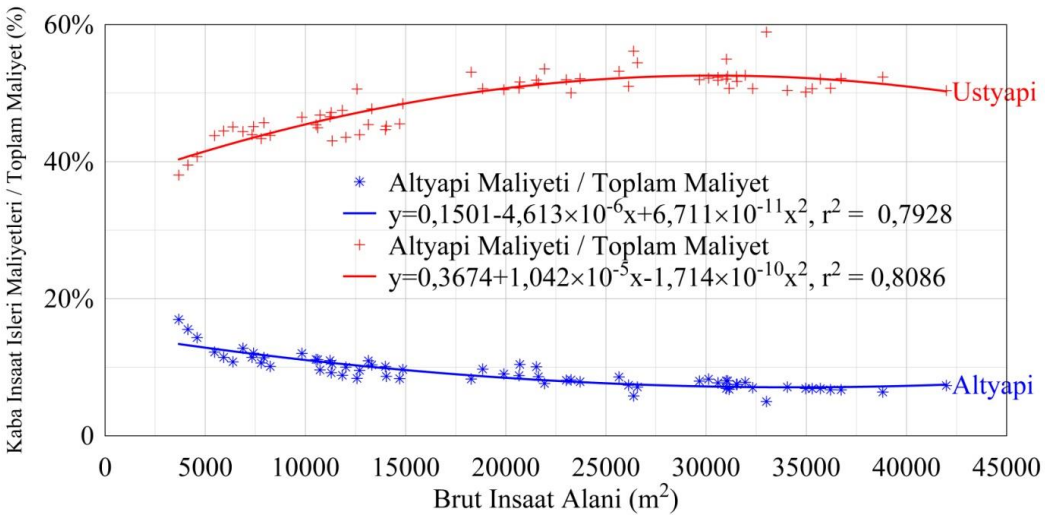
İnşaat alanı ile kaba inşaat işlerinin toplam maliyete oranı arasındaki ilişki Şekil 4.57'de verilmiştir. Bu analize göre inşaat alanının 27.827 m^2 olmasına kadar kaba inşaat işlerinin toplam maliyet içerisindeki oranı artmakta bu değerden sonra ise Şekil 4.16'daki brüt inşaat alanı ile birim maliyet arasındaki ilişkiden farklı olarak binanın inşat alanının artması ile azalmaktadır. Bunun nedeni olarak özellikle ince inşaat işleri olmak üzere diğer imalat grup ve kalemlerinin maliyetlerinin inşaat alanın artması ile kaba inşaat işlerinin maliyetindeki artışa oranla daha fazla artması gösterilebilir.



Şekil 4.57 : İnşaat alanı – Kaba inşaat işleri maliyetinin toplam maliyete oranı.

4.9.5 İnşaat alanı ile kaba inşaat işleri zemin kat altı ve zemin kat üstü kaba inşaat işleri maliyetlerinin toplam maliyete oranı arasındaki ilişki

Brüt inşaat alanı ile zemin kat altı ve zemin kat üstü kaba inşaat işlerine ait maliyetlerin toplam maliyete oranları arasındaki ilişki Şekil 4.58'de verilmiştir. Buna göre Şekil 4.14'deki analize benzer olarak brüt inşaat alanının 34.370 m^2'ye kadar artması ile zemin kat altı kaba inşaat işlerinin toplam maliyete oranı önce azalmakta daha sonra artmaktadır. Bu artışın nedeni olarak yapı büyüklüğü arttıkça temel ve bodrum katların taşıyıcı sistem elemanlarının boyutlarının artması gösterilebilir. Zemin kat üstü kaba inşaat işlerinin toplam maliyete oranı ise yine Şekil 4.15'deki analize benzer olarak 30.388 m^2'ye kadar önce artmakta daha sonra azalmaktadır. Bu azalma, bina belli bir yüksekliğe ulaştıktan sonra diğer maliyetlerin de artmaya başlamasından dolayı zemin kat üstü kaba inşaat işlerinin toplam maliyet içerisindeki oranının azalmasından kaynaklanmaktadır.

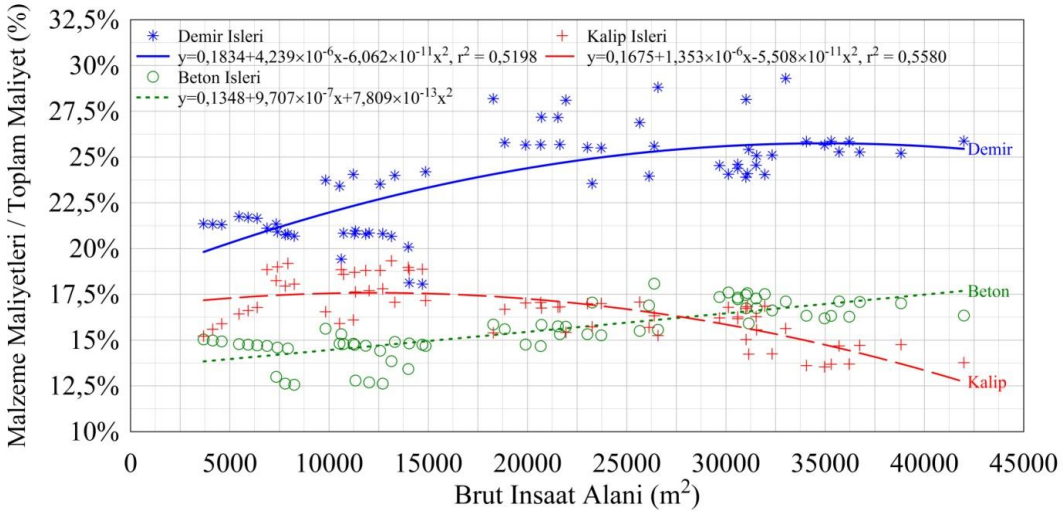


Şekil 4.58 : İnşaat alanı – Zemin kat altı ve zemin kat üstü kaba inşaat işleri maliyetlerinin toplam maliyete oranları.

4.9.6 İnşaat alanı ile demir, kalıp ve beton işleri maliyetlerinin toplam maliyete oranı arasındaki ilişki

İnşaat alanı ile demir, kalıp ve beton işlerine ait maliyetlerin toplam maliyete oranlarının değişimleri Şekil 4.59'da verilmiştir. Buna göre demir, kalıp ve beton işlerinin maliyetlerinin toplam maliyete oranları ile yükseklik arasındaki ilişki bu kalemlere ait Şekil 4.18'de verilen tüm bu iş kalemlerinin birim maliyetlerinin inşaat alanı ile ilişkilerinin bir benzerdir. İnşaat alanı arttıkça demir ve beton işlerinin hem birim maliyetleri artmakta hem de toplam maliyet içerisindeki oranları büyük oranda artmaktadır. Tam tersi olarak, kalıp işlerinin inşaat alanı ile birim maliyeti azalmakta

bununla birlikte toplam maliyet içerisindeki oranı da azalmaktadır. Bu iki analiz arasındaki farklılık demir işlerinin toplam maliyet içerisindeki oranının inşaat alanının 34.960 m^2 olması ile azalmaya başlamasıdır. Burada da daha önceki bölümlerde açıklandığı gibi çalışma kapsamında analizi yapılan binaların inşaat alanı değerlerinin maksimum 41.986 m^2 olmasından dolayı, bu brüt inşaat alanından büyük alana sahip binalardaki eğilim doğru olarak görülememektedir.



Şekil 4.59 : İnşaat alanı– Demir, kalıp ve beton işleri maliyetlerinin toplam maliyete oranları.

4.10 Kat Alanı ve Kat Sayısı ile Toplam Maliyet İlişkisi

Bina maliyetleri açısından tasarım evrelerinde alınacak bina özelliklerine ait kararlar büyük önem taşımaktadır. Tasarım evreleri için bina özelliklerini dikkate alan maliyet analiz yöntemi ilerleyen süreçlerde binanın maliyetinin düşürülmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Aynı araziye daha yüksek ve küçük taban alanlı bir bina mı yoksa daha alçak geniş oturum alanlı bir bina mı yapmak daha az maliyetli olacak? Bu sorunun cevabını bulmak için bina özelliklerinin maliyet üzerine etkilerinin özellikle tasarım evresinde bilinmesi çok büyük önem taşımaktadır. İmar planlarında yer alan TAKS, KAKS ve h_{max} değerlerini en verimli şekilde kullanarak maliyet açısından en uygun çözümü üretmek nihai bina maliyetlerini büyük oranda azaltacaktır Bunun için Karshenas'ın (1984) belirttiği gibi verimli, kolay uygulanabilir ve ucuz bir metoda ihtiyaç duyulmaktadır. Genellikle bu maliyetlerin belirlenmesinde uygulanan metot ise, birim metrekare yöntemi olmaktadır (Karshenas, 1984). Bu yöntem ile maliyetler belirlendiğinde binanın sadece toplam inşaat alanı dikkate alınmakta, yapı yüksekliği hesaba

katılmamaktadır. Bu şekilde yapılan hesaplama yöntemi de maliyet tahminlerinin doğru olma şansını iyice azaltmaktadır. Buna karşılık Karshenas (1984), Chau ve diğ. (2007) ile De Jong ve Wamelink (2008) tasarım evresinde basit şekilde maliyeti belirleyebilmek için kat alanı veya toplam inşaat alanı dışında yapı yüksekliğinin de dikkate alındığı çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışmalarda yükseklik ile kat alanın toplam maliyet üzerine ilişkisi incelenmiştir. Bu çalışmada da önceki çalışmalara benzer olarak yüksekliğin bir fonksiyonu olan kat sayısı ve kat alanın maliyet üzerine etkisi incelenecektir. Tasarım evrelerinde bu yöntem ile maliyet hesaplamanın birim maliyet yönteminden farklı olarak avantajı bina özelliklerinin maliyete yansıtılıyor olmasıdır. Bu şekilde alternatif tasarım seçenekleri arasında kolaylıkla karşılaştırılma yapılması sağlanmış olur ve maliyetin düşürülmesi için erken evrede bina özelliklerinin değiştirilmesi sağlanır. Fakat bu sistemin iki önemli dezavantajı da bulunmaktadır: (1) analizin yapıldığı yıla ait birim fiyatların kullanılmasından dolayı takip eden süreçte güncel maliyetin elde edilememesi, (2) analiz için kullanılan binalara ait özellikler (kat alanı ve kat sayısı) dışında özelliklere sahip binalarda hatalı sonuçlar verebilmesi. Bir başka deyişle 9 ile 47 katlı ve kat alanları 455 m^2 ile 1.075 m^2 arasında değişen binalarda analiz yapıldığından, bu değerler dışında farklı büyüklüklere sahip binalarda sonuçlar değişebilecektir. Bu sayılan olumsuzluklara rağmen oluşturulan bu denklem tasarım evresinde farklı binalarda hesaplanan maliyetlerin karşılaştırılması için kullanılabileceğinden hesap sonucu çıkan en düşük maliyetli bina seçilerek yine aynı şekilde tasarımda alınacak önlemler ile nihai maliyetin düşürülmesi sağlanabilir. Ayrıca yapılan analiz ile oluşturulan denkleme yıllık eskalasyon katsayıları eklenerek, denklemden çıkan sonuçların güncel tutulması sağlanabilir.

Önceki bölümlerde iki değişkenli regresyon analizleri ile açıklanan bina özellikleri ile maliyet arasındaki ilişkiler bu bölümdeki analizde Karshenas (1984) ile Chau ve diğ. (2007) yaptıkları gibi birden fazla bina özelliğini kapsayacak şekilde çok değişkenli regresyon analizi ile yapılacaktır. Bu analizde, literatürde ve önceki bölümlerde belirtildiği gibi tasarımı ve dolayısıyla maliyeti en çok etkileyen iki faktör olan kat sayısı ve kat alanı değerleri çerçevesinde incelenecektirler. Bu analizde normal kat alanı ve zemin üstündeki toplam kat sayısı ile toplam maliyet arasındaki ilişki Mathematica programı yardımı ile hesaplanmıştır. Toplam maliyet; kat alanı ve kat sayısının fonksiyonu olarak kabul edilmiştir. Bu fonksiyonda kat

alanı ve kat sayısı dışında kalan tüm özelliklerin sabit olduğu kabulü yapılmıştır. Buna göre toplam maliyet "TM", "A" kat alanı ve "n" zemin katta dahil olmak üzere son kata kadar ki katların toplam sayısı olmak üzere fonksiyon;

$$M = f(A, n) \tag{4.1}$$

denklemi (4.1) ile tanımlanmıştır. Bu fonksiyon açılarak birinci dereceden denklem haline getirilmiş ve (4.2).şeklinde düzenlenmiştir.

$$TM = (C_1.A) + (C_2.A.n) + (C_3.n) + C_4 \tag{4.2}$$

Mathematica programı ile yapılan analiz sonucunda denklem (4.2)'e ait hesaplanan sabitler Çizelge 4.2'de gösterilmiştir.

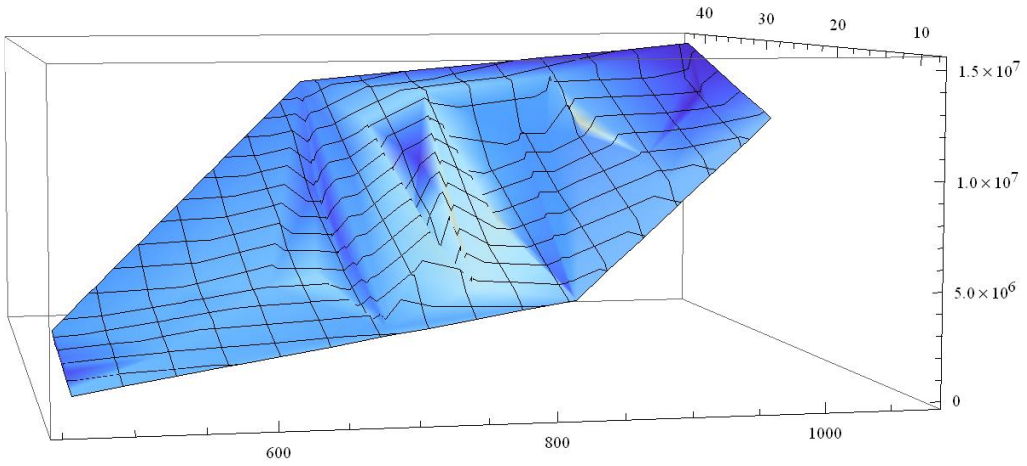
Çizelge 4.2 : Denklem (4.2) değerleri.

Denklem Sabitleri	
C_1	-3.435
C_2	535
C_3	-72.803
C_4	1.473.320

Çizelge 4.2'deki, değerlere göre (4.2) denklemi (4.3)'de sabitleri yerine konulmuş şekilde verilmiştir.

$$TM = (-3.435A) + (535An) - (72.803n) + 1.473.320 \ (r^2 = 0{,}9643) \tag{4.3}$$

Bu denkleme ait determinasyon katsayısı (r^2) 0,9643 olmaktadır ki bu son derece yüksek bir değerdir. Mathematica'da kat alanı ve kat yüksekliği ile toplam maliyet arasındaki üç boyutlu görsellerde, düzgün bir yüzey elde edilmiştir (Şekil 4.60). Karshenas (1984) tarafından yapılan benzer çalışmada 24 bina kullanmış ve r^2=0,90 olan bir bağıntı bulunmuştur.



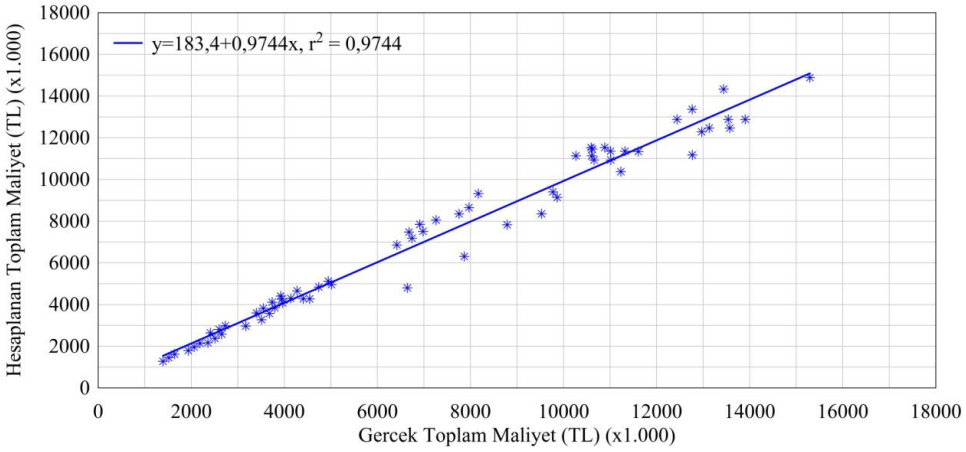
Şekil 4.60 : Kat alanı – Kat sayısı ve toplam maliyet yüzeyi.

Bulunan denklem ile hesaplanan toplam maliyetler verileri ile gerçek toplam maliyet verileri arasındaki istatistiksel değerler Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.3 : Denklem (4.3)'e ait istatistiksel veriler.

İstatistiksel Değerler	
Minimum Sapma	%72,17
Maksimum Sapma	%114,00
Ortalama Sapma	%100,37
Standart Sapma	%8,28
Varyasyon Katsayısı	%8,25

Ayrıca bulunan denklem yardımıyla hesaplanan toplam maliyet verileri ile gerçek toplam maliyet verileri karşılaştırıldığında determinasyon katsayısı (r^2) 0,9744 olarak elde edilmiştir (Şekil 4.61).



Şekil 4.61 : Gerçek maliyet – Hesaplanan maliyet korelasyonu.

Bu çalışma sonucunda elde edilen denklem (4.3) ile özellikle tasarımın başlangıç evresinde KAKS, TAKS ve h_{max} değerlerine göre kat sayısı 9 ile 47 (yüksekliği 25-142 m), normal kat alanı 455 m^2 ile 1.075 m^2 (inşaat alanı 3.675-42.000 m^2) olan tünel kalıp ile inşa edilecek alternatif bina tasarımları arasında maliyet karşılaştırması kolaylıkla yapılabilir. Bu şekilde binaya ait fiziksel ve geometrik özelliklerde yapılacak değişiklikler ile maliyet en düşük seviyeye getirilebilir. Karshenas (1984) çalışmasında bu kolay, ucuz ve kolay anlaşılır metodun diğer bina tipleri içinde yapılıp, geliştirilmesi gerektiğini belirtmiştir.

5. SONUÇLAR

Tünel kalıp sistemlerinin son yıllarda konut projelerinde ki yoğun kullanımına rağmen özellikle maliyetlerinin belirlenmesi konusunda yeterli kaynak bulunmamaktadır. Oysaki binaları daha düşük maliyet ile tamamlayabilmek için özellikle tasarım evrelerinde maliyete yönelik alınacak kararlar çok büyük önem taşımaktadır. Bu çalışma ile tünel kalıp sistemleri ile inşa edilmiş binalarda bina özelliklerinin maliyetleri nasıl etkilediği incelenmiştir. Bu kapsamda belirtilen amaca ulaşmak için üç kademeli bir çalışma yapılmıştır.

Öncelikle kapsamlı bir literatür araştırması yapılmıştır. Literatürde tasarım kriterleri ile maliyetin değişimini inceleyen çalışmalar araştırılmıştır. Çalışmalardan bina maliyetine etki eden; yapı yüksekliği, kat sayısı, plan şekli, plan verimliliği, plan büyüklüğü, kat yüksekliği, daire büyüklüğü, kat alanı, bodrum kat sayısı, daire sayısı, kat en/boy oranı, kat çevresi gibi bina özellikleri belirlenmiştir. İkinci aşamada metraj ve maliyet çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalar için tünel kalıp sistemi ile yapılmış 65 adet çok katlı binanın projeleri yeniden çizilerek detaylı metrajları hesaplanmıştır. Hesaplanan metraj değerleri ile 2013 yılı piyasa koşulları birim fiyatları kullanılarak maliyetler oluşturulmuştur. Bununla birlikte maliyete etkileri araştırılacak binalara ait büyüklükler de projeler üzerinden ayrıntılı şekilde hesaplanmıştır. Literatür çalışmaları ve projelerden elde edilen tüm bilgiler neticesinde çalışmanın üçüncü aşamasında maliyetler ile belirlenen bina özellikleri arasında önceki çalışmalar ile karşılaştırılmalı regresyon analizleri yapılmıştır. Aşağıdaki bölümlerde analizler sonucunda elde edilen çalışmanın katkıları, pratik sonuçları ve gelecekteki araştırma çalışmaları için önerilir verilmiştir.

5.1 Çalışmanın Katkıları

Yapılan analizlerden çıkan sonuçlar neticesinde çalışmanın en önemli katkılarından biri, birim maliyet ile bina özellikleri arasındaki ilişkinin İstanbul'da tünel kalıp sistemi ile inşa edilmiş binalar için elde edilmiş olmasıdır. Şu ana kadar yapılmış çalışmaların hiçbirinde tünel kalıp sistemi kullanılan binaların maliyetleri bu kadar ayrıntılı olarak incelenmemiştir. Bununla birlikte çalışmada literatürde incelenmemiş

olan birçok bina özelliği ile maliyet arasındaki ilişki ayrı ayrı incelenmiş ve bulunan sonuçlar değerlendirilmiştir.

Çalışmanın başlangıcında yapı yüksekliği, kat sayısı, yapı büyüklüğü ve kat alanı ile ilgili analizler yapılmıştır. Bu analizlerin öncelikli olmalarındaki neden, özellikle yeni bir inşaatın yapılması planlanırken tüm tasarım detaylarının bu parametreler üzerinden düzenlenmesidir. Buna göre yapı yüksekliği ile birim maliyet arasında yapılan analizde U şeklinde bir eğri elde edilmiştir ve 65 m yüksekliğindeki binalarda maliyetin minimum olduğu görülmüştür. Çalışmadaki binaların ortalama kat yüksekliği 299 cm olup 65 m yüksekliğindeki binaların yaklaşık 22 katlı olduğu hesap edilmektedir. Buna ilaveten kat yüksekliği ile birim maliyet arasındaki ilişki de incelendiğinde kat yüksekliği analizinden elde edilen sonuçla aynı sonuç elde edilmiş olup 22 katlı binalarda maliyetin minimum olduğu görülmüştür. Benzer şekilde brüt inşaat alanı ile birim maliyet arasında yapılan analiz sonucu yaklaşık 14.572 m^2 alanlı binaların minimum maliyeti verdiği görülmüştür. Bu analize göre çalışmadaki binaların normal katlarının ortalama alanının 744,10 m^2 olduğu göz önüne alındığında yaklaşık 20 katlı ve 60 m yüksekliğindeki binaların maliyetlerinin minimum olduğu hesap edilmektedir. Buradan çıkarılacak sonuçlar ile 20~22 katlı, 60~65 m yüksekliğinde ve yaklaşık 745 m^2 normal kat alanına sahip tünel kalıp sistemi ile yapılmış binalar minimum maliyetli olmaktadır. Bunlara ilaveten kat planlarının en/boy oranı ile birim maliyet arasında yapılan analiz sonucunda binaların enlerinin boylarına oranı ne kadar artarsa, yani binalar ne kadar narin kesitli hale gelirlerse birim maliyetleri de o kadar yüksek olmaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken husus en/boy oranının doğru ayarlanmasıdır. Binaları kare yapmak da özellikle havalandırma ve gün ışığından yararlanma problemlerine neden olacağından en/boy oranları 1:2'ye yakın dikdörtgen planlı binalar yapmak en uygun çözüm olmaktadır. Ayrıca binanın dış cephesinde yapılacak girinti ve çıkıntılar, bina çevre uzunluğunu arttıracağından birim maliyeti doğrudan arttırmaktadır. Mimari kaygılar dışında binaların cephesinde en az seviyede yapılacak tasarımsal hareketler maliyet açısından olumlu katkılar sağlayacaktır. Bu şekilde bina çevre uzunluklarının en aza indirilmesi, binaların dış cephe duvar miktarını bir başka deyişle dış cephedeki malzeme ve işçilik maliyetlerini azaltacağından toplam maliyeti de düşürecektir. Bina çevre uzunluğu ve en/boy oranı dışında kat yüksekliği de birim maliyeti doğrudan etkilemekte ve büyük oranda arttırmaktadır. Tasarım evresinde

kullanım amacı dışında kat yüksekliğinin fazla arttırılmaması gerekmektedir, çünkü kat yüksekliği arttıkça birim maliyet doğrudan artmaktadır. Daire alanlarının arttırılması maliyeti düşürürken, aynı kat alanında daha fazla daire yapılması birim maliyeti arttırmaktadır. Fazla daire yapılmasının birim maliyeti arttırmasının diğer bir nedeni ise, yapı yüksekliğinin arttırılması ile aynı olup, daire sayısı ve yapı yüksekliği arttıkça brüt kat alanının artmasıdır. Buna göre bu iki değerin artması ile sirkülasyon ve ortak alanların miktarı artmakta ve bu da birim maliyeti arttırmaktadır. Bodrum kat sayısının arttırılması da maliyeti doğrudan arttıran sebeplerin başında gelmektedir. Statik açıdan zorunluluk olmadıkça, bodrum kat yapılması maliyeti doğrudan arttırdığından tercih edilmemelidir. Analizlerden çıkarılan tüm bu sonuçları özetleyecek olursak 750 m^2 kat alanına sahip, 22 katlı, yaklaşık 290 cm kat yüksekliğine ve toplamda 65 m yüksekliğine sahip dış cephesinde fazla girinti çıkıntı olmayan kareye yakın kat planlı binalarda maliyet minimum olmaktadır.

Çalışmanın diğer bir önemli katkısı, bina kat alanın birim maliyet ile yükseklik arasındaki ilişkiye etkisinin belirlenmesidir. Küçük ve büyük kat alanına sahip binaların yükseklik birim maliyet ilişkisi yine U eğrisi şeklinde olmaktadır. Bu iki kat alanı aralığından farklı olarak orta büyüklükte kat alanına sahip binalarda birim maliyet yüksekliğin artması ile birlikte doğrudan artmaktadır. Bununla birlikte, orta büyüklükte kat alanın sahip binaların birim maliyetleri, genellikle aynı yükseklikteki daha büyük kat alanına sahip binalardan daha düşük olmaktadır.

Çalışmanın katkılarından bir diğeri ise şu ana kadar hiç araştırılmamış olan malzeme ve işçilik birim maliyetlerinin bina özellikleri ile değişimlerinin analiz edilmesidir. Yükseklik ve brüt inşaat alanı ile işçilik birim maliyetinin büyük oranda sabit kalmaktadır. Malzeme birim maliyeti ise toplam birim maliyetin değişimine benzer U eğrisi şeklinde değişmektedir. Buradan çıkarılacak sonuç ile bu iki bina özelliği karşısında toplam birim maliyetteki değişimin malzeme birim maliyetinden kaynaklandığı görülmektedir.

Toplam maliyeti oluşturan iş grupları ve bunların da alt kırılımları olan iş kalemlerinin maliyetleri ile yükseklik ve yapı büyüklüğü arasında analizler yapılmıştır. Yüksekliğin ve yapı büyüklüğünün artması ile kaba inşaat işleri, mekanik işler, duvar işleri maliyetleri artmaktadır. Bunlardan farklı olarak elektrik işleri ve asansör işleri maliyet U eğrisi şeklinde bir değişim göstermektedir. Zemin

kat altı kaba inşaat işleri maliyeti toplam maliyete benzer U eğrisi şeklinde değişirken zemin kat üstü maliyeti ise doğrudan artmaktadır. İş kalemleri bazında ise beton ve demir işlerinin birim maliyetleri artarken kalıp işlerinin maliyeti azalmaktadır. Sıva işleri ile şap işlerinde ise kayda değer bir değişim olmamaktadır. Ayrıca iş grup ve kalemlerine ait maliyetlerin toplam maliyete oranlarının yükseklik ve brüt inşaat alanı ile değişimleri de incelenmiştir. Buna göre yapı yüksekliğinin ve inşaat alanın artışı ile kaba inşaat işlerinin toplam maliyet içerisindeki oranı önce artmakta daha sonra azalmaktadır. Bu iki bina özelliğinin artışına karşılık, zemin kat altı kaba inşaat işlerinin toplam maliyet içerisindeki oranı artarken zemin kat üstü kaba inşaat işlerinin oranı tam tersi olarak azalmaktadır. Kalıp, demir ve beton işleri iş kalemleri birim maliyetleri bazında incelediğimizde ise, bu iş kalemlerinin toplam maliyet içerisindeki oranları birim maliyet analizlerine çok benzer değişimler göstermektedir.

Çalışmanın katkılarından bir tanesi de, literatürde genellikle plan verimliliği çerçevesinde birim maliyetin değişiminin araştırıldığı indeks değerlerinin ne kadar gerçeği yansıttığının incelenmesidir. Plan verimliliği, plan şekli basitleştikçe artmaktadır, bunun neticesinde de birim maliyet azalmaktadır. Tüm verilen indeks değerleri birim maliyetin değişimini bu çerçevede incelemişlerdir. Buna göre indeks değerlerinin birçoğu ile birim maliyet genellikle doğru orantılı olarak atmaktadır. Bir başka deyişle literatürdeki indeks değerlerinin minimum olduğu binalarda maliyette minimum olmaktadır. Bu indeks değerleri arasında büyük oranda farklılık gösteren plan yoğunluğu indeksi ile hacim sıklığı indeksi olmaktadır. Plan yoğunluğu indeksi ile birim maliyetin değişimi diğer tüm indeks değerlerinin aksine ters orantılıdır. Başka bir ifade ile plan yoğunluğu indeks değeri arttıkça birim maliyet azalmaktadır. İndeks değerleri arasında en farklı sonucu hacim sıklığı indeksi vermektedir. Diğer indeks değerlerinden çok daha farklı biçimde hacim sıklığı indeksi ile birim maliyet arasında U şeklinde bir ilişki bulunmaktadır. Hacim sıklığı indeks denklemine benzer biçimde, bina hacmi ile toplam birim maliyette incelendiğinde bu iki değer arasındaki ilişkide U şeklinde olmaktadır.

Pratik hayatta tasarım evrelerinde kullanılmak üzere çalışmanın önemli bir katkısı da binaların kat sayısı, kat alanı ve toplam maliyet arasındaki ilişkinin incelemiş olmasıdır. Toplam inşaat alanı, kat sayısı ve kat alanı değerleri imar planları ve şartnameler ile büyük oranda sınırlandırılmaktadır. Tasarım süreçlerinde bu kriterler

arasındaki ilişki doğru düzenlenebilirse daha düşük maliyetli binaların yapılması sağlanmış olacaktır. Bu kapsamda çalışmanın analiz bölümünün sonunda geliştirilen denklem ile binaların tasarım evrelerinde kat sayısı ve kat alanına bağlı olarak yapılacak maliyet tahminlerinde daha gerçekçi sonuçlar elde edilebilecektir. Bu denklem yardımıyla elde edilen sonuçlar, tasarım sırasında kat sayısı ve kat taban alanının maliyeti minimize edecek şekilde seçilmesine yardımcı olacaktır. Bu da kaynakların daha verimli kullanılması ile işin bütçesinin daha dengeli yapılmasına, finansal modeli ile nakit akışının doğru olarak kurgulanmasına olanak sağlayacaktır. Özellikle ülkemizde TAKS, KAKS ve h_{max} değerleri ile binaların yapısal özellikleri sınırlandırıldığından, elde edilen bu veriler çerçevesinde aynı kullanım amacına hizmet eden minimum maliyetli binaların tasarlanması sağlanabilecektir.

Literatürdeki çalışmalardan bu çalışmanın farklılık göstermesinin nedenleri olarak; çalışmada kullanılan bina fiziksel ve geometrik özelliklerinin diğer çalışmalardaki binalara göre farklılık göstermesi, çalışmaların farklı ülke ve şehirlerdeki veriler ile yapılmış olması dolayısıyla farklı yönetmelik ve şartnamelere tabi olması, maliyet çalışmalarına dahil edilen imalat kalemlerinin her çalışma için farklı olması ve bu imalat kalemlerinin birim maliyetlerindeki farklılıklar gösterilebilir. Binaların farklı deprem bölgelerinde olması statik açıdan binalarda farklılıklara yol açmaktadır. Bu da özellikle bina taşıyıcı sistemlerinin değişmesine neden olmaktadır. Benzer şekilde özellikle yangın yönetmeliklerden kaynaklanan farklardan dolayı mekanik tasarımlarda ve inşaat tekniklerindeki farklara neden olabilmektedir. Aynı şekilde ülkeden ülkeye ve hatta şehirden şehre değişen koşul ve şartnamelerden dolayı kullanılan asansörlerin yapısı ve sayısı da değişmektedir. Bu sayılan farklılıklar dışında çalışmanın diğer çalışmalardan en büyük farkı ise, bu çalışmada kullanılan binaların taşıyıcı sistemlerinin, bir başka deyişle betonarmelerinin tünel kalıp sistemi ile yapılmış olmasıdır. Tüm bu nedenlerden dolayı çalışmanın kapsamı diğer şehir ve yapım teknolojileri içinde genişletilmelidir.

5.2 Çalışmanın Pratik Sonuçları

Bu çalışmanın sonuçları, akademisyenler ve inşaat sektörü çalışanları tarafından özellikle İstanbul'da tünel kalıp sistemi ile yapılacak binalarda başta yapı yüksekliği ve kat alanı olmak üzere bina özellikleri ile birim maliyet arasındaki ilişkinin daha iyi değerlendirilmesi için kullanılabilir. Bu şekilde maliyetlerin daha düşük seviyede

tutulması, projelerin başlangıcında nakit akışların daha düzgün şekilde yapılması sağlanabilir.

5.3 Gelecek Çalışmalar İçin Öneriler

Tünel kalıp sistemi kullanılmış betonarme binalardan elde edilmiş verilerin, bu çalışmada kullanılan regresyon yöntem dışında yapay sinir ağları, Monte Carlo analizi gibi literatürde maliyet tahmininde kullanılan diğer metotlar ile de incelenerek, elde edilen sonuçların bu çalışma ile karşılaştırılarak geliştirilmesinde fayda bulunmaktadır. Bununla birlikte çalışmada kullanılan bina özellikleri arasında çoklu regresyon analizleri yapılarak sonuçlar değerlendirilebilir. Ayrıca çalışmada kullanılan binalar dışında fiziksel ve geometrik özellikleri farklı (Ör. kat yükseklikleri, kat alanları, kat sayıları, kat şekilleri vb.) binalarda da benzer çalışmalar yapılarak çalışma kapsamı genişletilebilir. Gelecekte benzer çalışmalar özellikle ofis binaları, okullar ve hastaneler gibi farklı tip binalar ile İstanbul dışındaki özellikle farklı deprem bölgelerindeki konut binaları için de yapılabilir.

KAYNAKLAR

Ankara Büyükşehir Belediyesi İmar Yönetmeliği ve İlgili Mevzuat. (2010). T. C. Ankara Büyükşehir Belediye Başkanlığı İmar Ve Şehircilik Dairesi Başkanlığı.

Ashworth, A. (2004). *Cost Studies of Buildings.* Pearson Education Limited, 4th Edition,

Bathurst, P. E. & Butler, D. A. (1980). *Building Cost Control Techniques and Economics,* William Heinemann Ltd., (2nd Edition). London.

Bayazıt, M. ve Oğuz, B. (1994). *Mühendisler için İstatistik.* İstanbul, Birsen Yayınevi.

Belniak, S., Lesniak, A., Plebankiewicz, E., Zima, K. (2013). The influence of the building shape on the costs of its construction, *Journal of Financial Management of Property and Construction*, Vol. 18 No. 1, 90 – 102.

Benli, N. (2005). *Çok Katlı Yüksek Yapılarda Kullanılan Kalıp Sistemlerinin İrdelenmesi.* (Yüksek Lisans Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Bennett, J. (1982). *Cost planning and computers.* Building cost techniques: New directions, P.S. Brandon, ed., E & FN Spon, London., 17 – 27.

Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik. (2007). *T. C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı*

Blackman, I. Q. & Picken, D. H. (2010). Height and Construction Costs of Residential High-Rise Buildings in Shanghai, *Journal Of Construction Engineering And Management*, ASCE, Vol.136, No.11, 10.1061/ ASCE CO.1943-7862.0000226

Bostancıoğlu, E. (1999). *Konut binalarının ön tasarımı evresinde maliyeti etkileyen faktörler ve faktörlere dayalı bir maliyet tahmin yöntemi.* (Doktora Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Bostancıoğlu, E. (2006). Konut Binalarının Ön Tasarımında Bir Maliyet Tahmin Modeli, *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, Cilt:8, Sayı:3, 27 - 49.

Chau, K. W., Wong, S. K., Yeung, A. K. C. (2007). Determining Optimal Building Height, *Urban Studies*, Vol. 44, No. 3, 591 – 607.

Cox, B. J. & Horsley, F. W. (1996). *Square Foot Estimating Methods.* R.S. Means Company, Inc. Massachusetts.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Mimarlık Ve Mühendislik Hizmet Bedellerinin Hesabında Kullanılacak 2015 Yılı Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri Hakkında Tebliğ. (2015). *T. C. Resmi Gazete*, 29300, 19 Mart 2015.

Çıracı, M. (1996). *Konutlarda Maliyet Tahmini İçin Bir Model.* T.C. Başbakanlık Toplu Konut İdaresi Başkanlığı, Konut Araştırmaları Dizisi 6.

De Jong, P. & Wamelink, H. (2008). Building Cost and eco-cost aspects of tall buildings, *CTBUH 8th World Congress Dubai*, March 3 – 5.

Durmuş, A. (1994). *Sinanoba, Eryaman konut tiplerine dayalı, standart inşaat sınıfları açısından iç bitirme imalatları ve iç donatı elemanlarının konut maliyetlerine etkisi.* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Eker, N. (2003). *Bina bilgisi ve maliyeti.* (Doktora Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Ertf Modüler Tünel Kalıp Sistemleri. (t.y.). Erişim: 01 Temmuz 2015, http://www.mesaimalat.com/tr/ertf-moduler-tunel-kalip-sistemi.

Ferry, D. J. & Brandon, P. S. (1984). *Cost Planning of Buildings.* Collins Professional and Technical Books, (5h Edition). London.

Ferry, D. J. (1970). *Cost Planning of Buildings.* Crosby Lockwood & Son Limited, London, Second Edition.

Flanagan, R. & Norman, G. (1978). *The relationship between construction and height.* E.&F.N. Spon Ltd, New York.

Freund, J. E. & Walpole, R. E. (1987). *Mathematical Statistics.* Englewood Cliffs, Prentice-Hall, New Jersey, A.B.D.

Gündüz, A. N. ve Hasgür, Z. (1996). *Betonarme Çok katlı Yapılar.* Beta Basım, İstanbul

Hall, M. & Tomkins, C. (2001). A cost of quality analysis of a building project: towards a complete methodology for design and build, *Construction Management and Economics*, ISSN 0144–6193 print/ISSN 1466-433X online 2001 Taylor & Francis Ltd, 19, 727 – 740, DOI: 10.1080/01446190110066146.

Harmankaya, Z. Y. (2010). *Türkiye'de Uygulanan Çok Katlı Yapı Üretiminde Kat Adedi Ve Beton Sınıfının Kaba İnşaat Maliyetine Etkisi.* (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Harmankaya, Z. Y. ve Tuna, M. E. (2011). Türkiye'de Tünel Kalıp İle Uygulanan Çok Katlı Yapı Üretiminde Kat Adedi Ve Beton Sınıfının Maliyete Etkileri, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, Cilt 26, No 2, 427 – 433

Hasol, D. (1979). *Mimarlık sözlüğü.* Yapı Endüstri Merkezi, İstanbul

Ibrahim, A. D. (2007). Effect of Changes in Layout Shape on Unit Construction Cost of Residential Buildings, *Samaru Journal of Information Studies*, Vol. 7 (1)

İstanbul İmar Yönetmeliği. (2007). İstanbul Büyükşehir Belediyesi Başkanlığı.

İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği. (2008). Boğaziçi Üniversitesi Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü.

İzmir Büyükşehir Belediyesi Yüksek Yapılar Yönetmeliği. (2013). T. C. İzmir Büyükşehir Belediyesi.

Karshenas, S. (1984). Predesign cost estimating method for multistory buildings, *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 110, No. 1, 79 - 86.

Kasapoğlu, F. (2008). *Tünel Kalıp Sistemlerle Üretilen Perdeli Taşıyıcı Sistemlerin, Konvansiyonel Sistemlerle Karşılaştırılması.* (Yüksek Lisans Tezi). Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Kazaz, A. & Soyçopur, B. (2009). Tünel Kalıp Maliyetleri ile Geleneksel Kalıp Maliyetlerinin Karşılaştırılması, *TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası 5. Yapı İşletmesi/Yapım Yönetimi Kongresi (pp* 291 – 298), 22-23 Ekim.

Kıncal, T. (2006). *Tünel Kalıpla İnşa Edilen Yapıların Tasarımı.* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kim, G., An, S., Kang, K. (2004). Comparison of construction cost estimating models based on regression analysis, neural networks, and case-based reasoning, *Building and Environment*, 39 (2004) 1235 – 1242, doi:10.1016/j.buildenv.2004.02.013

Kirkham, R. (2007). *Ferry and Brandon'd Cost Planning of Buildings,* (8th Edition). Blackwell Publishing, Oxford.

Kuruoğlu, M. ve Sevim, D. (2011). Süresel Planlamadaki Verimliliklerin Mevsime Göre Değişiminin Regresyon Analizi, *TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Bursa Şubesi 6. İnşaat Yönetimi Kongresi*, (pp. 358-369). 25 – 27 Kasım

Lowe, D. J., Emsley, M. W., Harding, A. (2006). Predicting Construction Cost Using Multiple Regression Techniques, *Journal of Construction Enginnering and Management*, Vol. 132, No. 7, July 1, ASCE, ISSN 0733-9364/2006/7 – 750 – 758.

Milli Savunma Bakanlığı 2012 yılı Yapı İşleri Fiyat Analizleri ve Birim Fiyat Listesi. (2012). Erişim: 01 Temmuz 2015, http://arsiv.agri.ankara.edu.tr/peyzaj/1365__birimfiyat2012.pdf

Neru Kalıp Sistemleri Kataloğu. (t.y.). Erişim: 01 Temmuz 2015, http://www.neru.com.tr/tr/index2.php?Id=6

Newton, S. (1982). Cost modeling: A tentative specification, *Building cost techniques: New directions, P.S. Brandon, ed., E & FN Spon, London.*, 192 – 209.

Novak, A. S. & Collins, K. R. (2000). *Reliability of Structures.* Mc Graw Hill Higher Education, R. R. Donnelery&Sons Company.

Özgen, A. & Sev, A. (2000). *Çok Katlı Yüksek Yapılarda Taşıyıcı Sistemler.* Birsen Yayınevi, İstanbul.

Özkan, E. (2010). *Çok Katlı Betonarme Yapılarda Kullanılan Kalıp Sistemleri.* (Yüksek Lisans Tezi). Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

Özmen, B., Nurlu, M. ve Güler, H. (1997). Coğrafi Bilgi Sistemi İle Deprem Bölgelerinin İncelenmesi, *T.C. Bayındırlık Ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü*, Ankara.

Öztürk, T. ve Bulgu, N. N. (2007). Tünel Kalıpla İnşa Edilen Çok Katlı Binaların Deprem Davranışının İncelenmesi, *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul, P. 397 – 412,16 - 20 Ekim.

Panel Makine Tünel Kalıp Sistemleri Kataloğu. (t.y.). Erişim: 01 Temmuz 2015, http://www.panelmakina.com/pnelyeni/ttuneltr.htm

Picken, D. H. & Ilozor, B. D. (2003). Height and construction costs of buildings in Hong Kong, *Construction Management and Economics*, 21, 107 – 111.

Polat, D. A. (2004). *Türkiye'de tasarım öncesi evrede bina maliyeti tahmini için veri tabanı oluşturulmasına yönelik bir model.* (Doktora Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Sarıçay, E. (2009). *Tünel Kalıpla İnşa Edilen Binaların Deprem Yükleri Etkisindeki Davranışının İncelenmesi.* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Seeley, I. H. (1996). *Building Economics*, (4th edition). Palgrave Macmillan, Houndmills, Basingstoke, Hampshire.

Steyert, R. D. (1972). *The economics of high-rise apartment building of alternate design configuration.* The Construction Research Council, ASCE 345 East 47 th Street New York 10017.

Tamer Kalıp ve İskele Sistemleri Kataloğu. (t.y.). Erişim: 01 Temmuz 2015, http://tamer.com.tr/?page_id=69

Tan, W. (1999). Construction cost and building height, *Construction Management and Economics*, 17, 129 – 132.

Tregenza, P. (1972). Association between building height and cost, *The Architects Journal Information Library*, 1 November 1972 - CI/SfB (9-) (Y2)

Trost, S. M. & Oberlender, G. D. (2003). Predicting Accuracy of Early Cost Estimates Using Factor Analysis and Multivariate Regression, *Journal Of Construction Engineering and Management*, Vol. 129, No. 2, April 1, ASCE, ISSN 0733-9364/2003/2-198–204

TS 708 - Betonarme Donatı Çeliği Türk Standardı. (2010). *Türk Standartları Enstitüsü.*

Verlinden, B., Duflou, J. R., Collin, P., Cattrysse, D. (2008). Cost estimation for sheet metal parts using multiple regression and artificial neural networks: A case study, *International journal of production economics*, 111 (2008) 484-492 doi:10.1016/j.ijpe.2007.02.004

Warszawski, A. (2003). Analysis of Costs and Benefits of Tall Buildings, *Journal Of Construction Engineering And Management*, ASCE, Vol.129, No.4, 10.1061/(ASCE)0733-9364(2003)129:4(421).

Wing, C. K. (1999). On the issue of plan shape complexity; plan shape indices revisited, *Construction Management and Economics*, 17, 473-482

Url-1 <*http://www.ctbuh.org/TallBuildings/tabid/485/language/enUS/Default.aspx*>, erişim tarihi 01 Temmuz 2015.

Url-2 <*http://www.emporis.com/*>, erişim tarihi 01 Temmuz 2015.

EKLER

EK A: Binalara ait görünüş, kesit ve kat planları

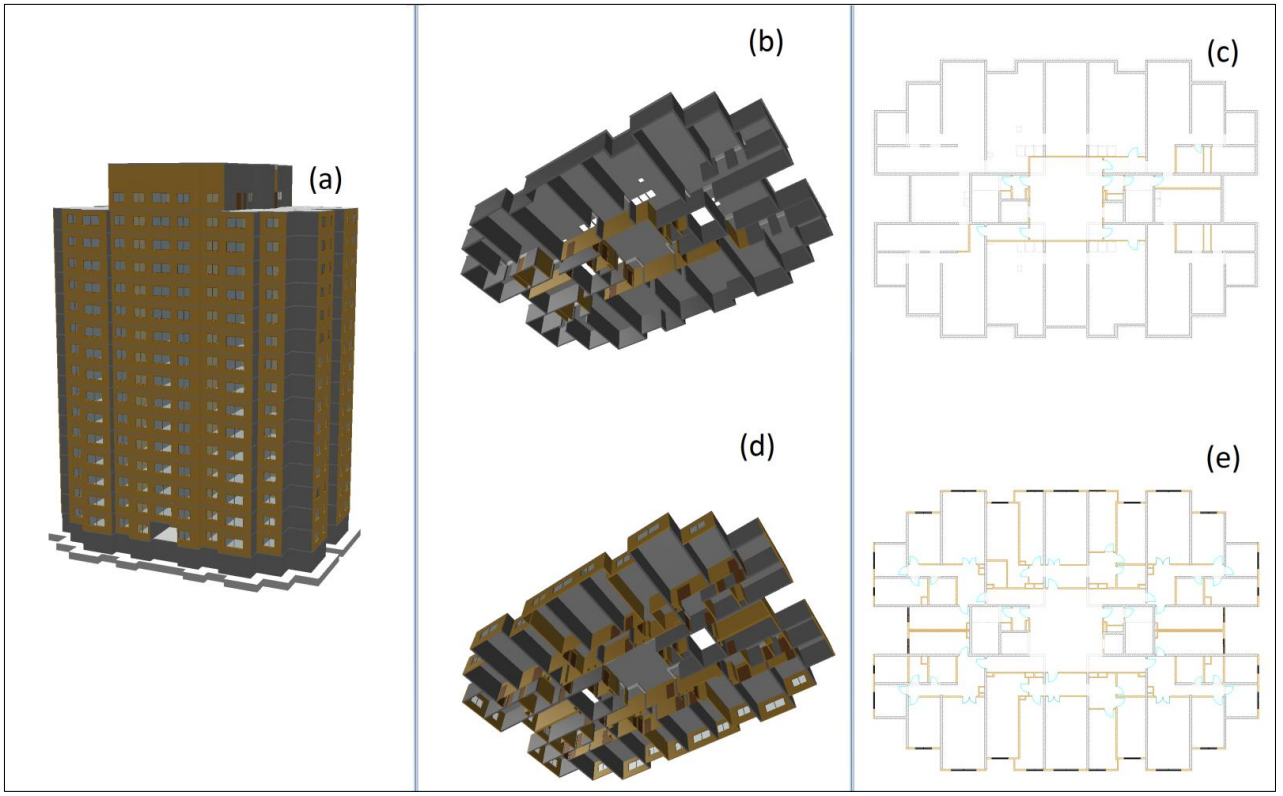
EK B: Binalara ait genel büyüklükler

EK C: Binalara ait metrajlar

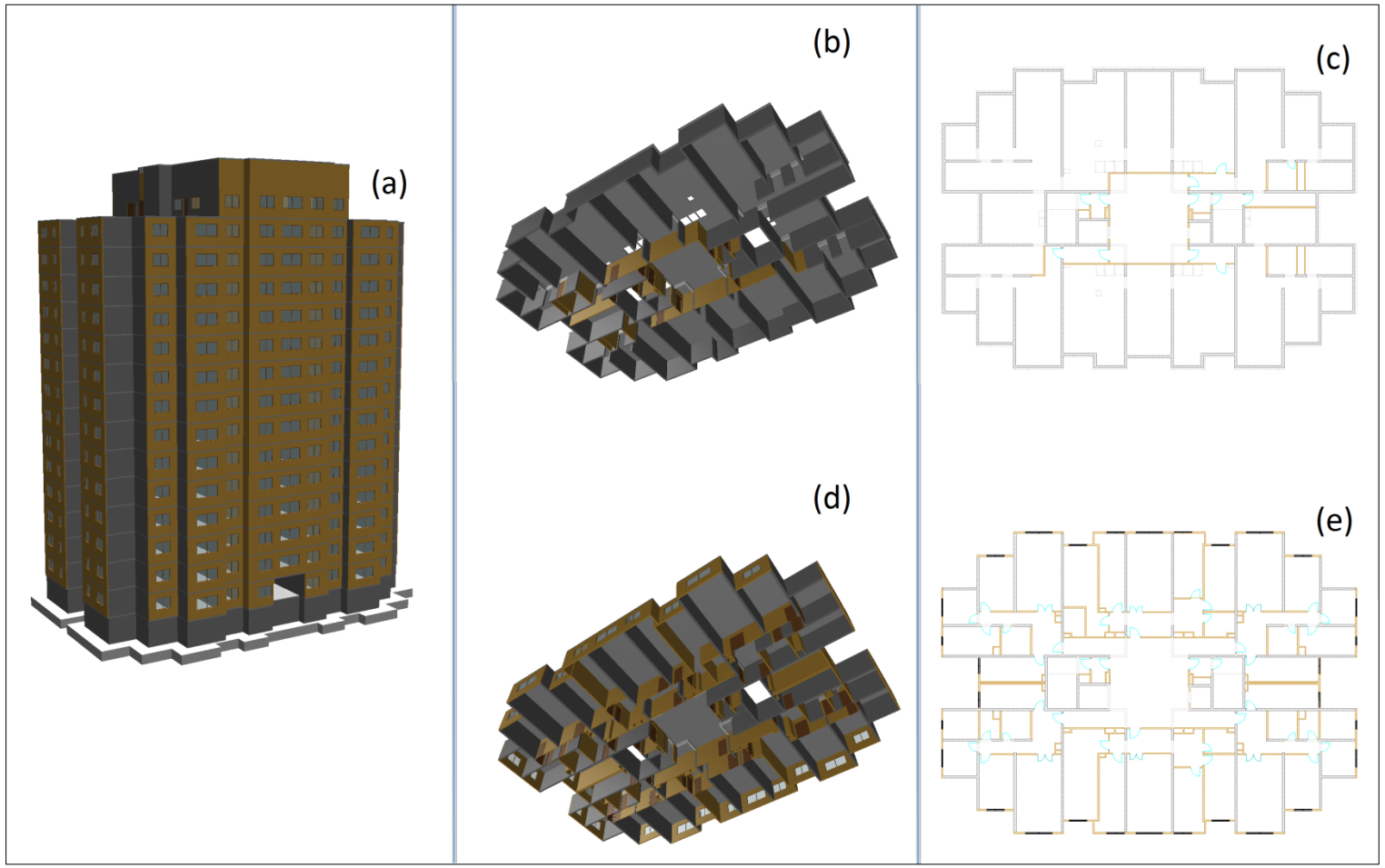
EK D: Maliyetler

EK E: Histogramlar

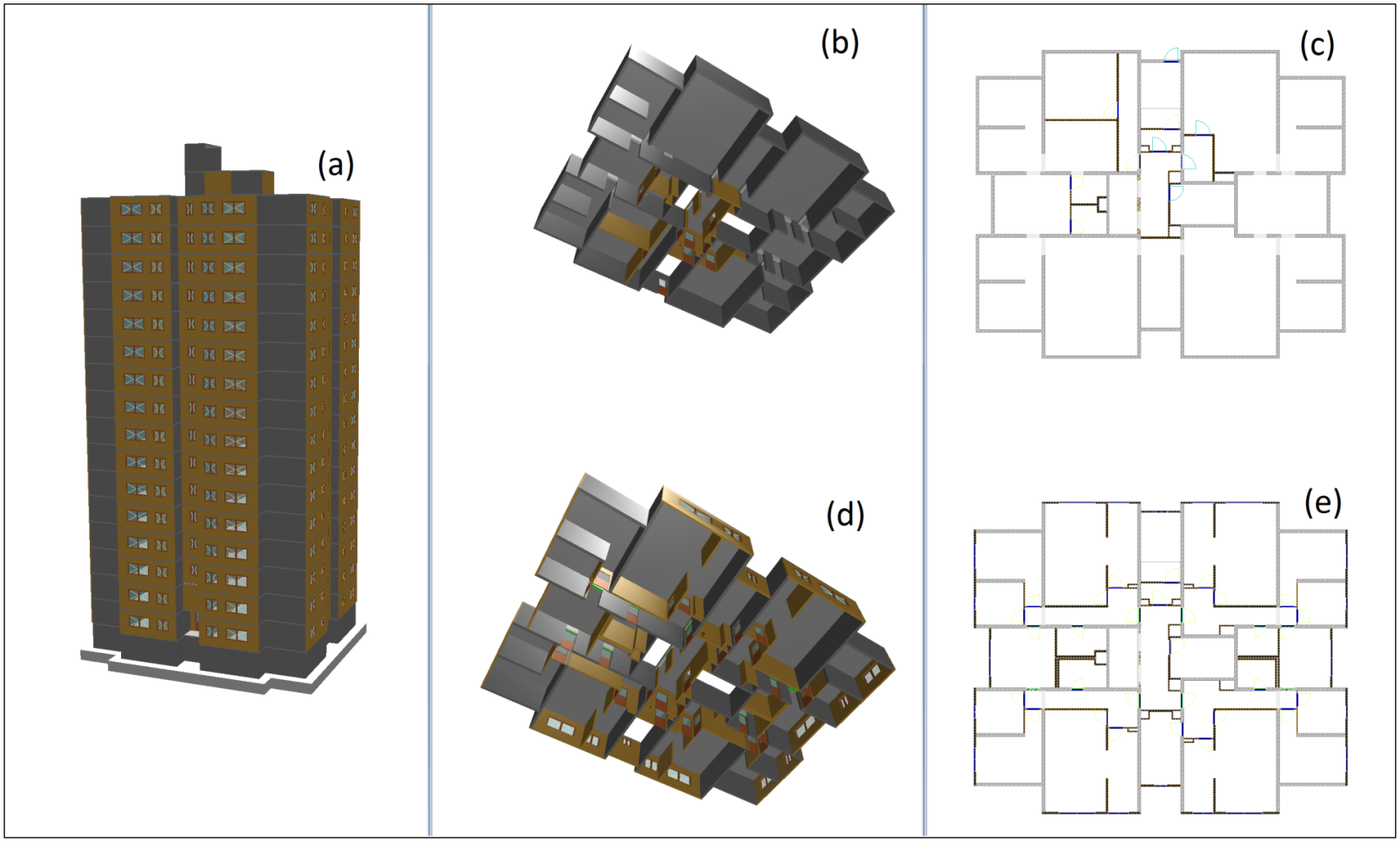
EK A: Binalara ait görünüş, kesit ve kat planları



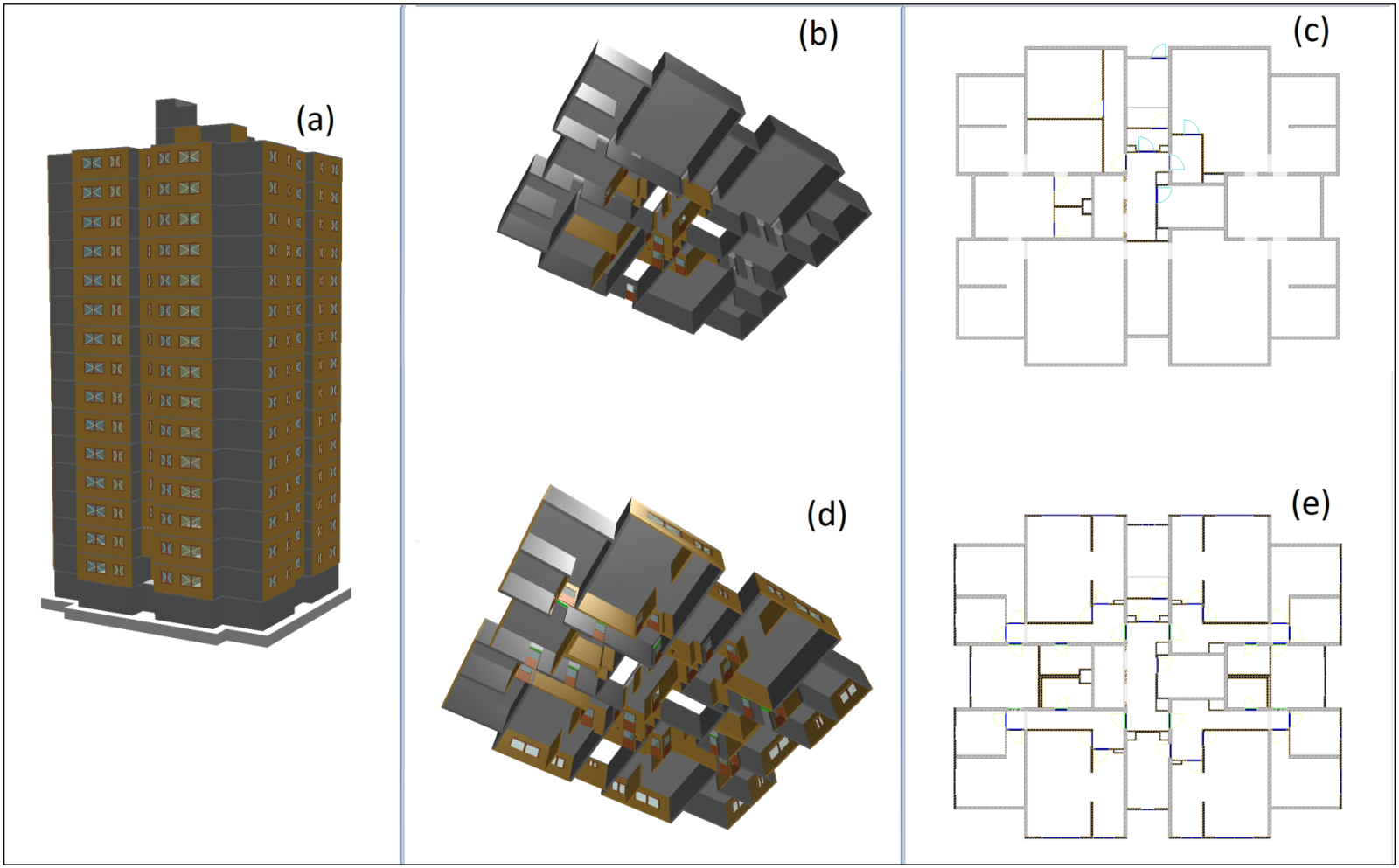
Şekil A.1: Bina A1-1 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



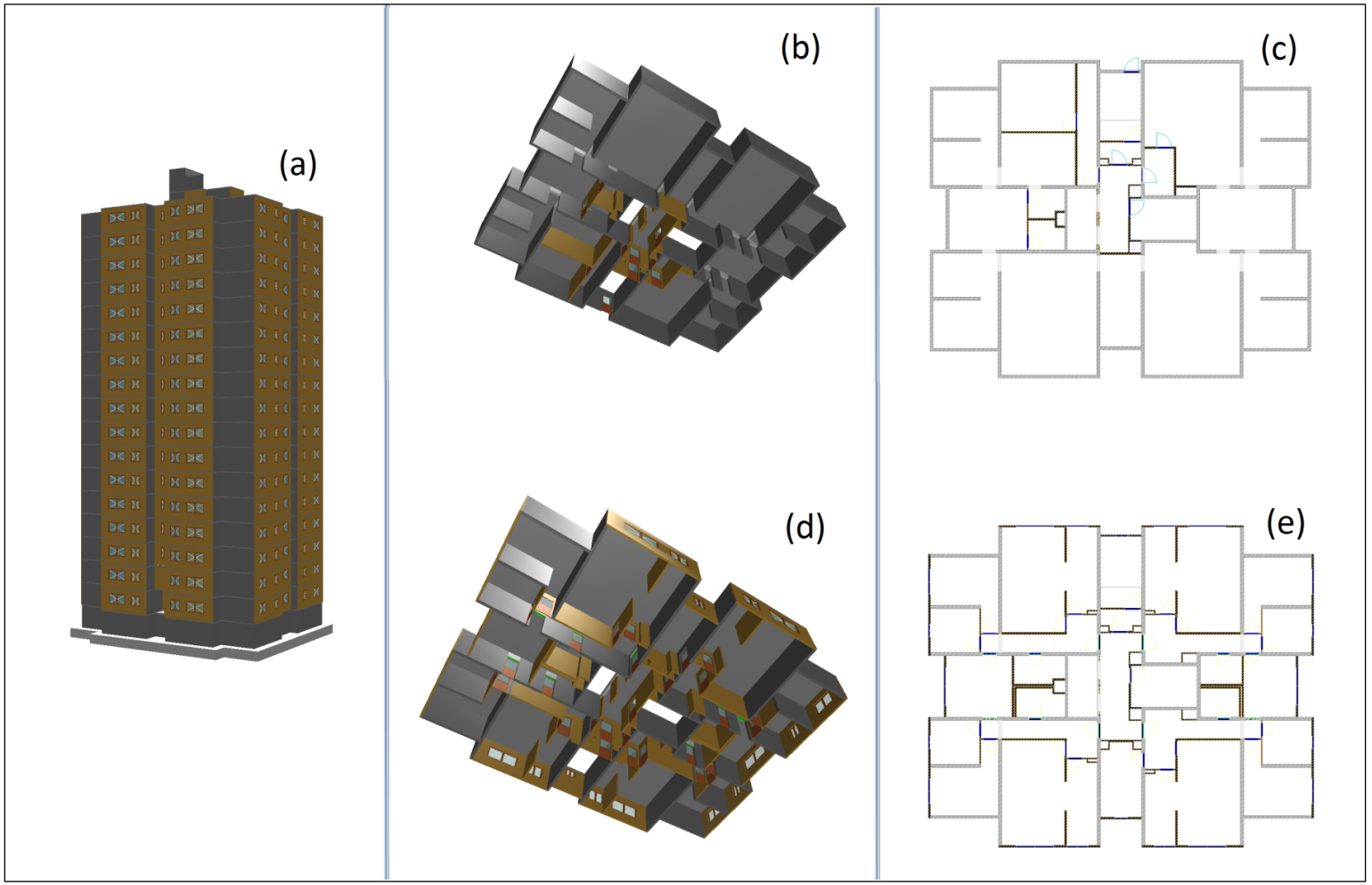
Şekil A.2: Bina A1-2 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



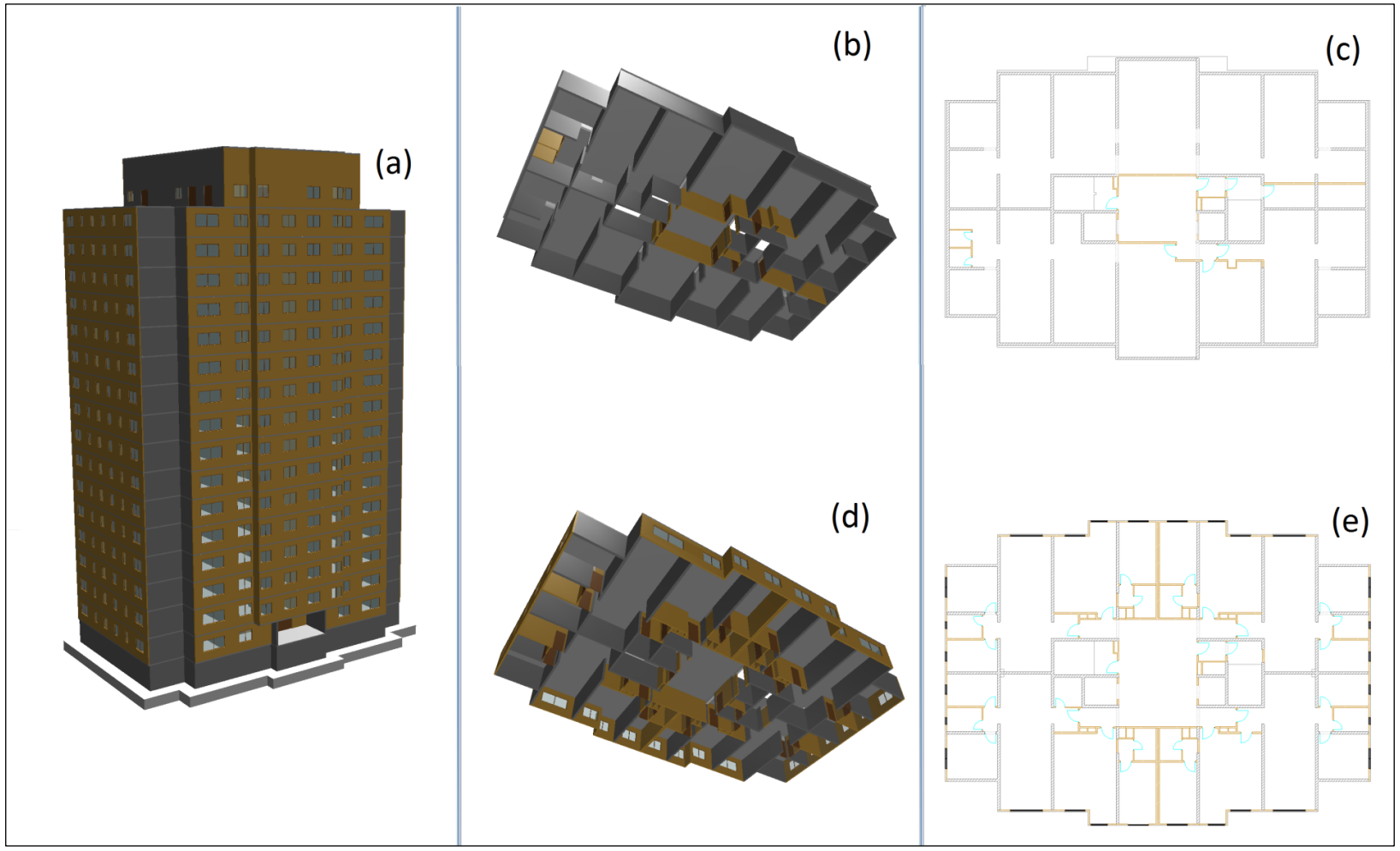
Şekil A.3: Bina B1-1 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



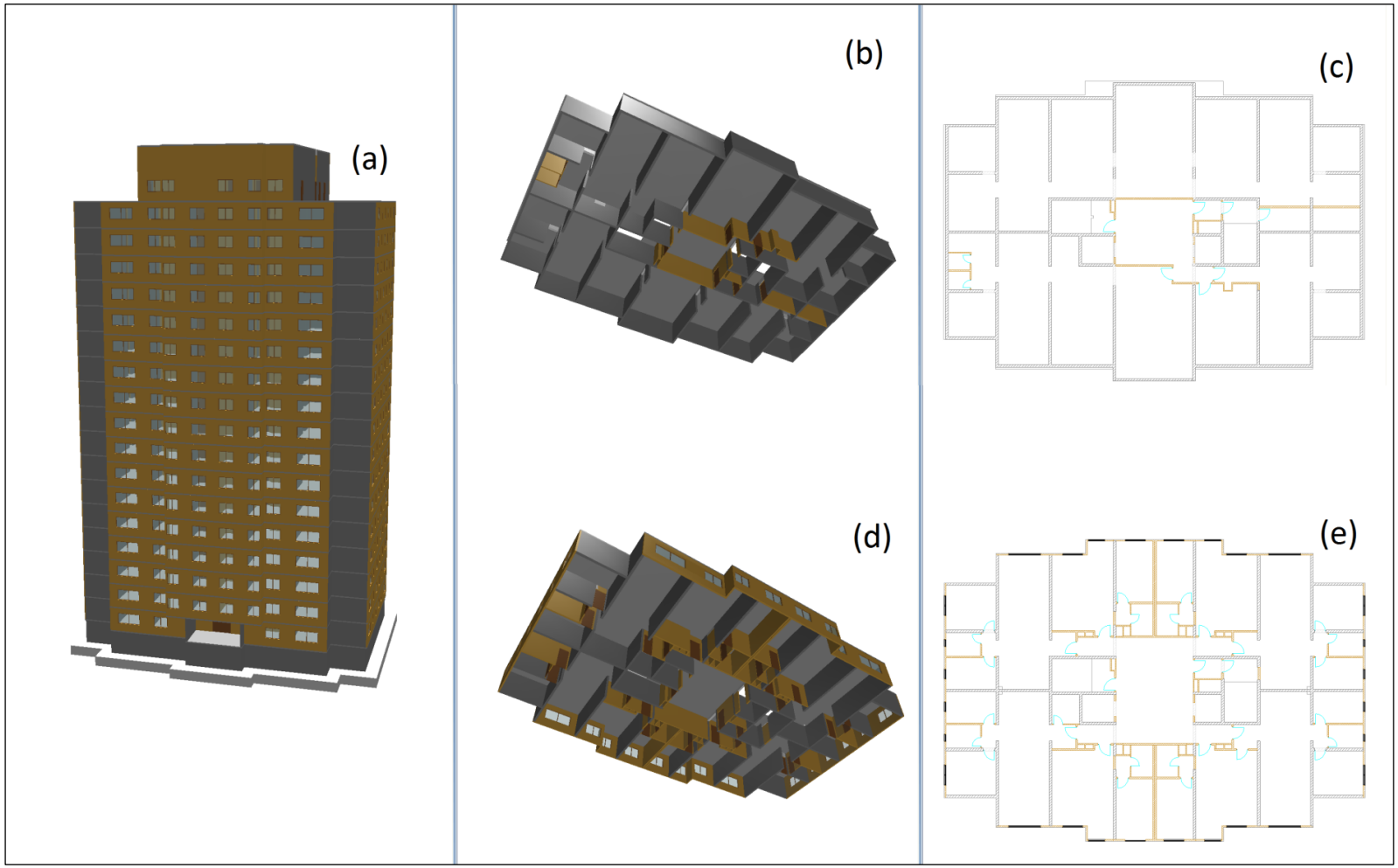
Şekil A.4: Bina B1-2 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



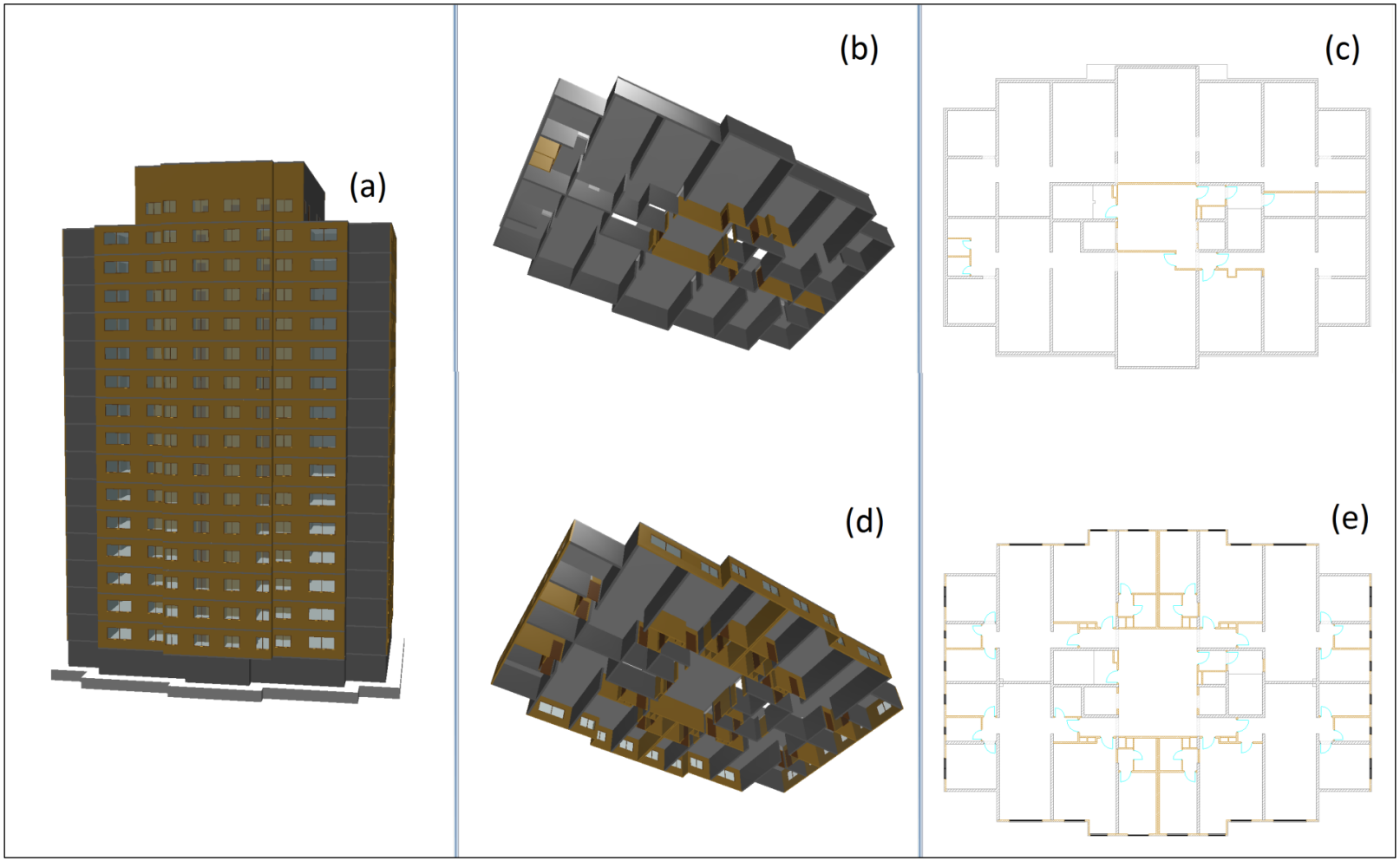
Şekil A.5: Bina B1-3 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



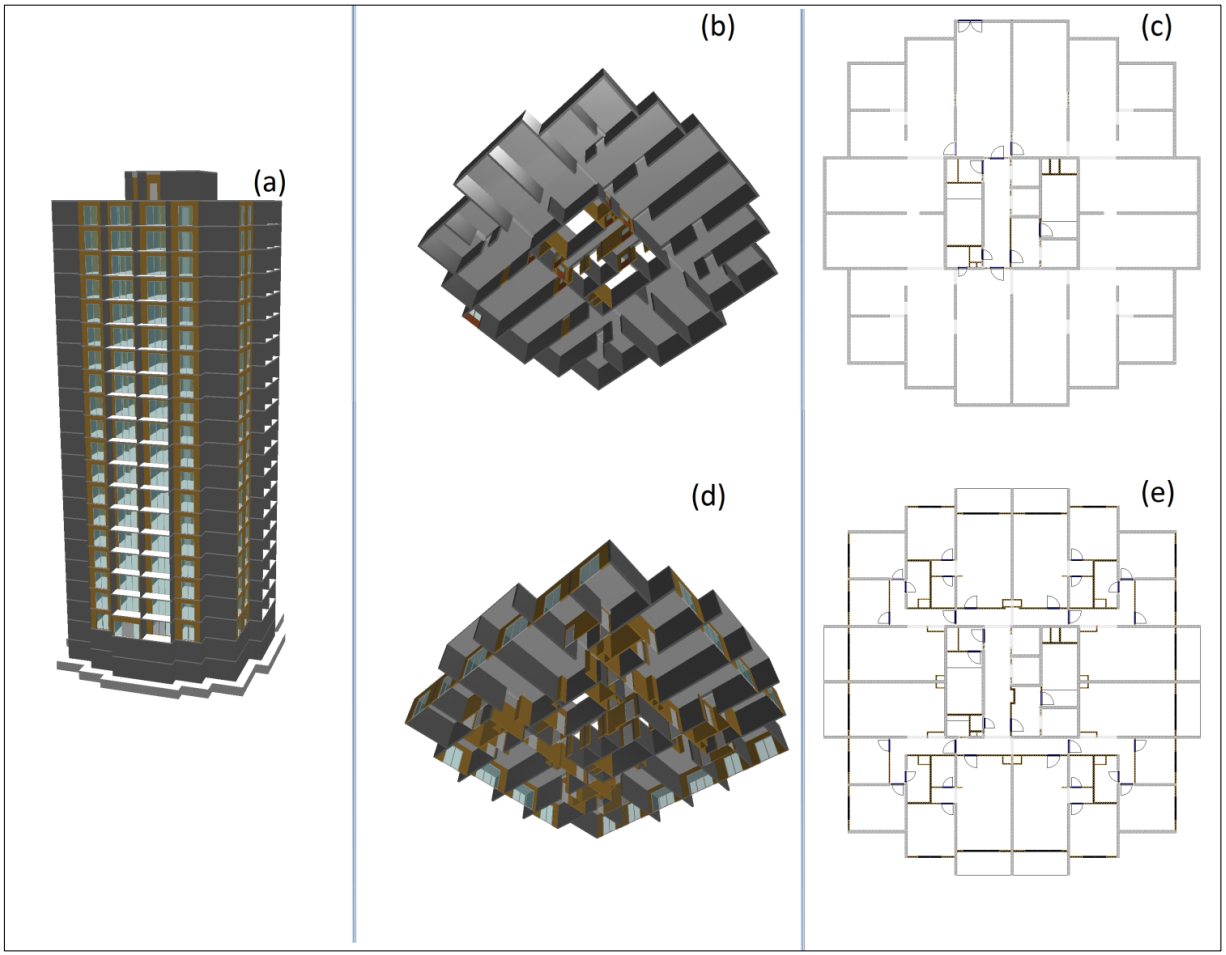
Şekil A.6: Bina C1-1 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



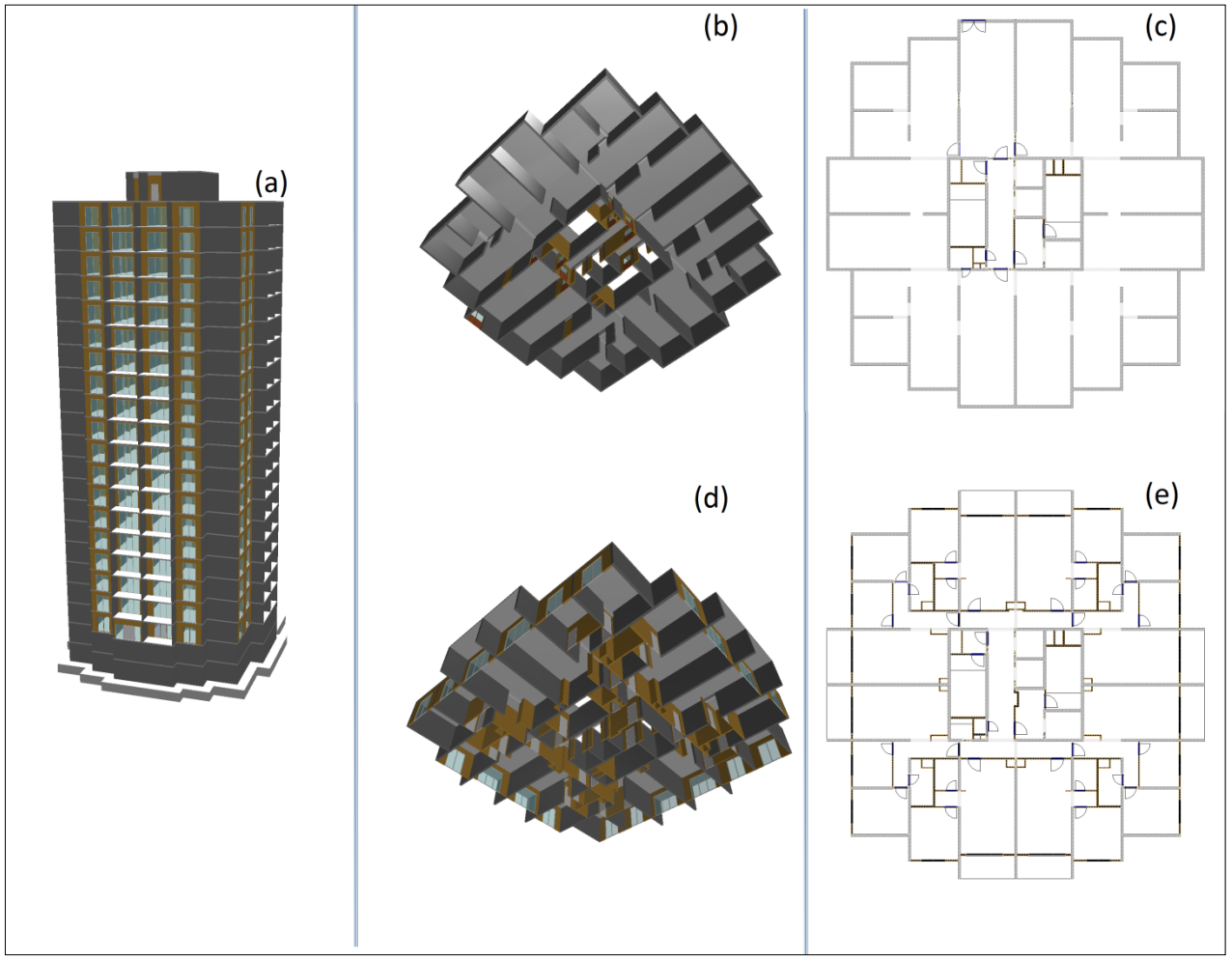
Şekil A.7: Bina C1-2 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



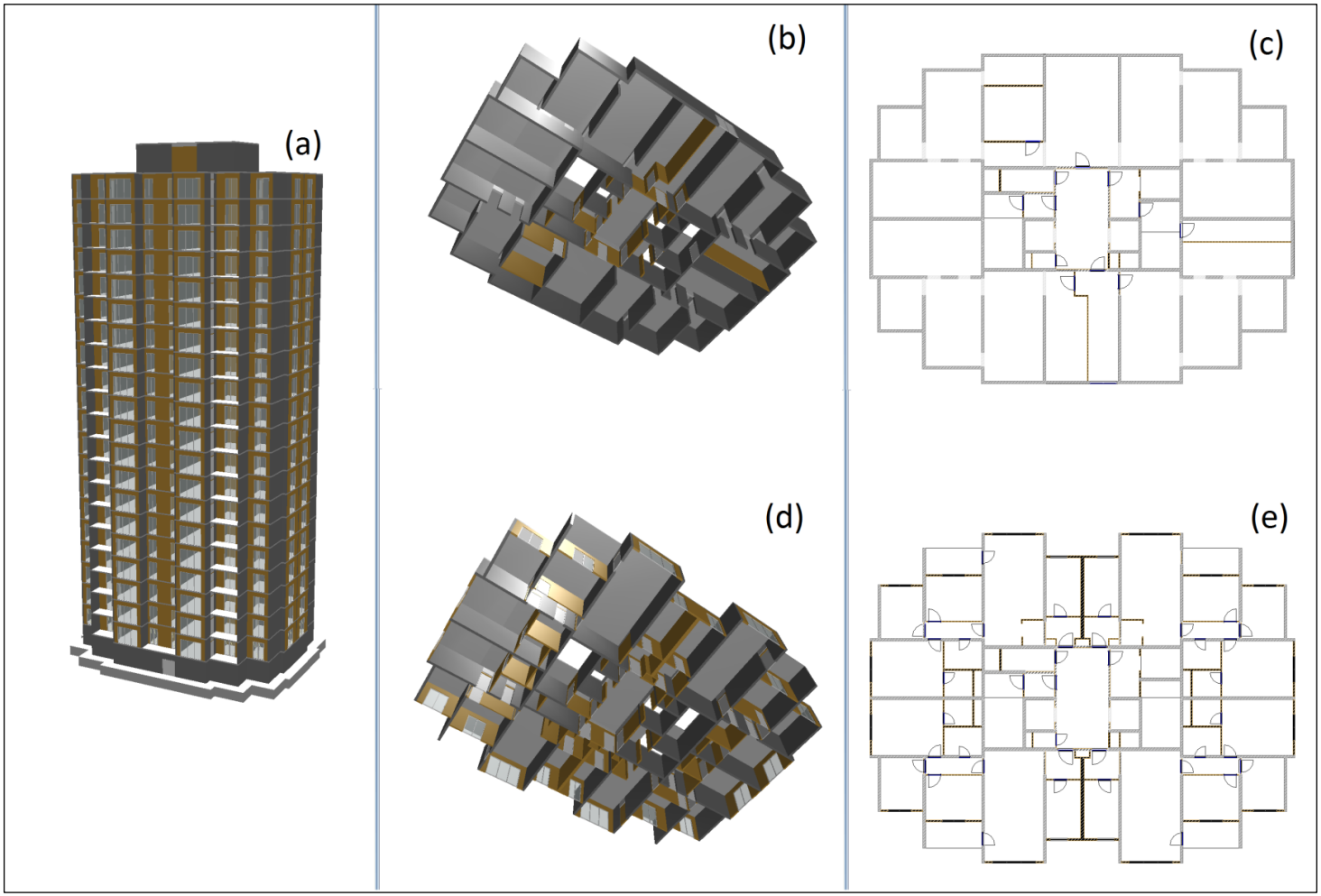
Şekil A.8: Bina C1-3 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



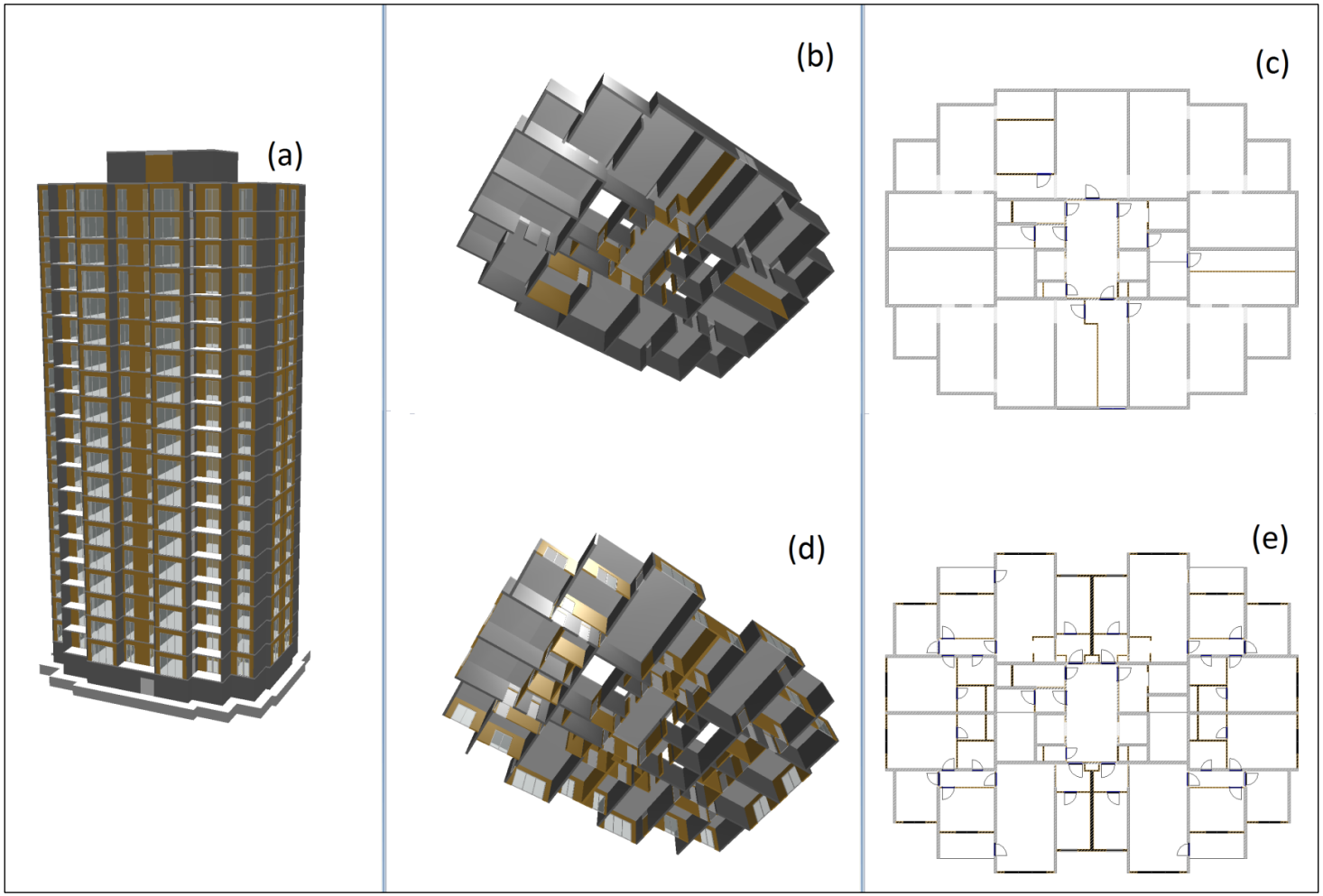
Şekil A.9: Bina A2-1 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



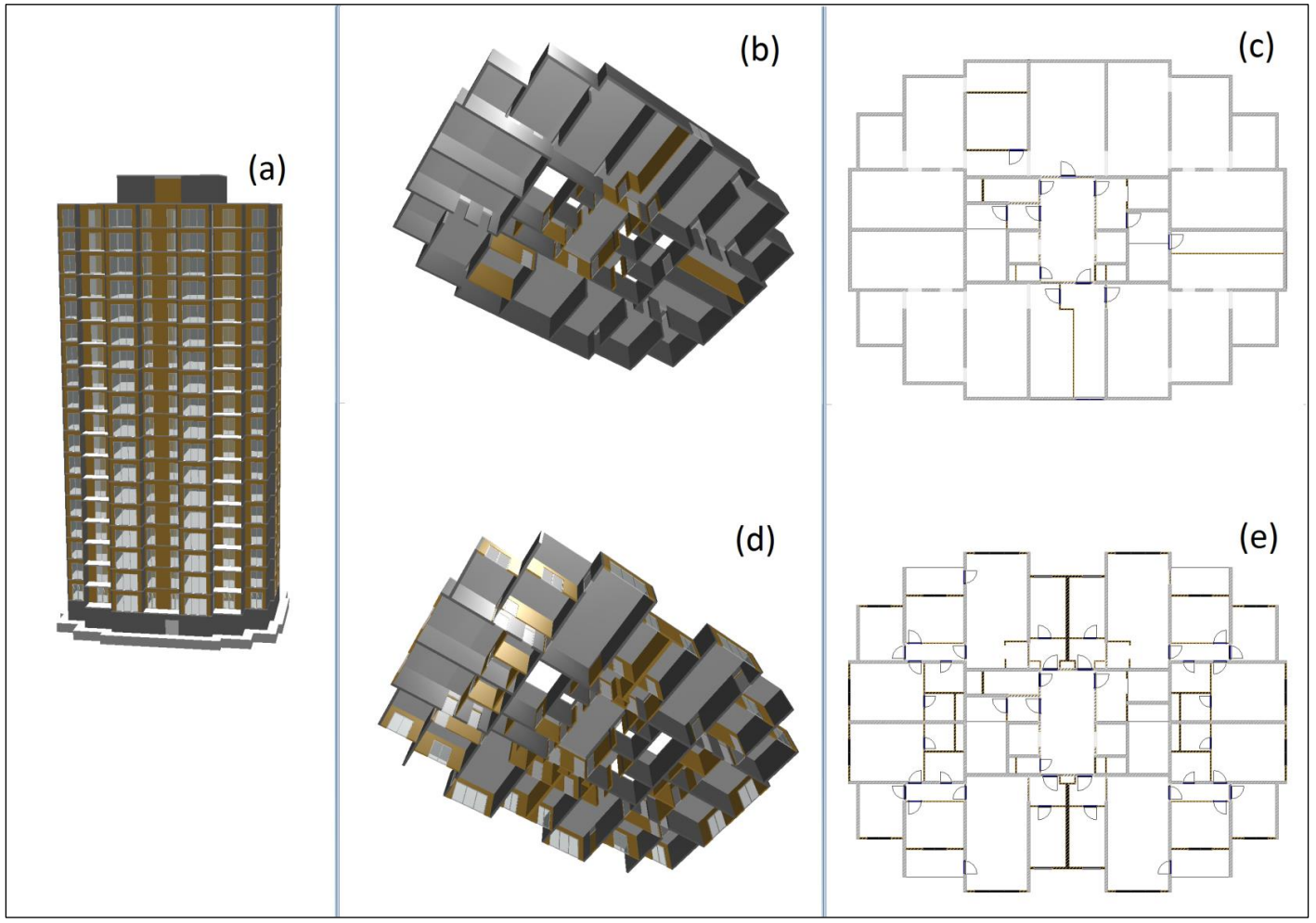
Şekil A.10: Bina A2-2 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d)Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



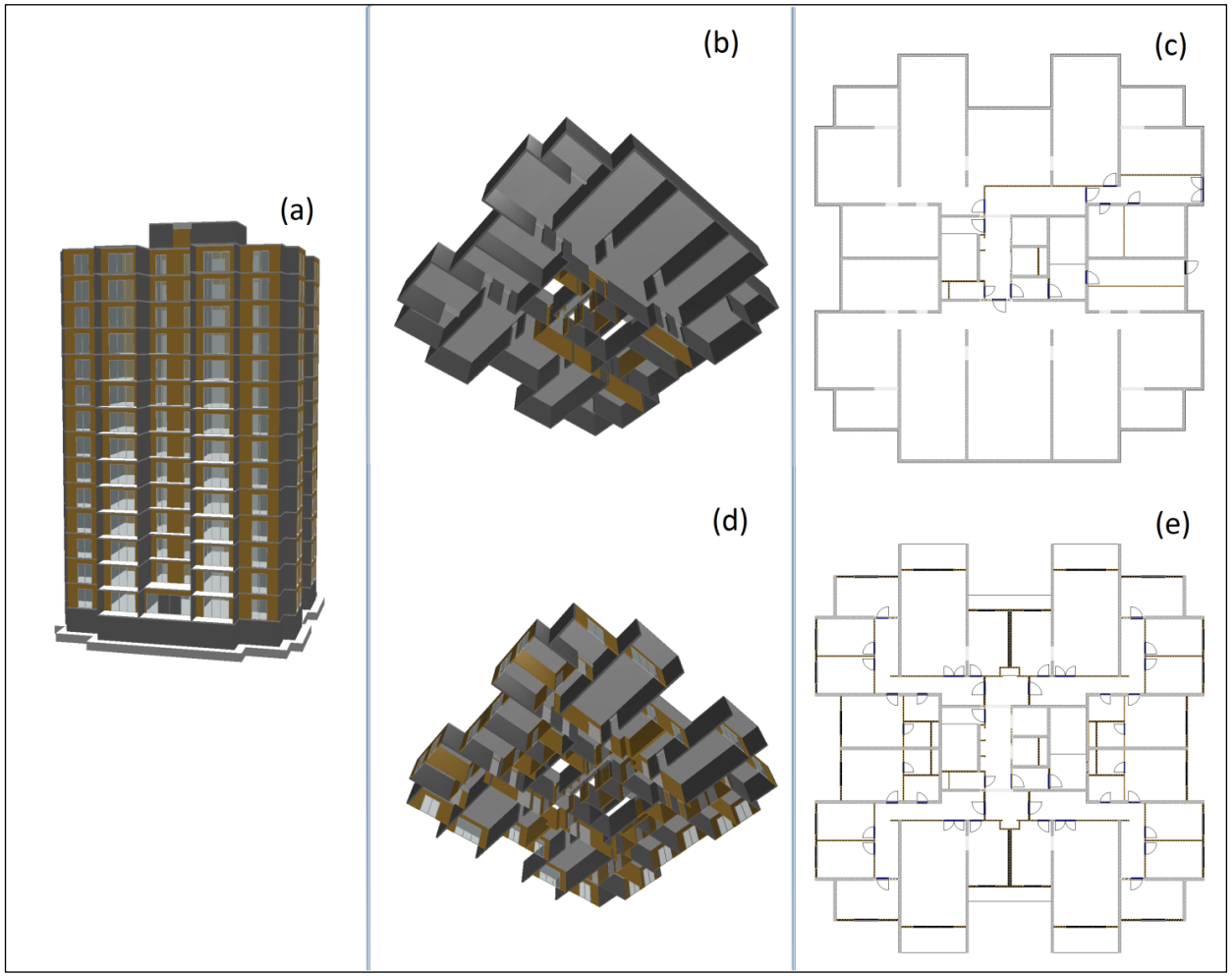
Şekil A.11: Bina B2-1 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



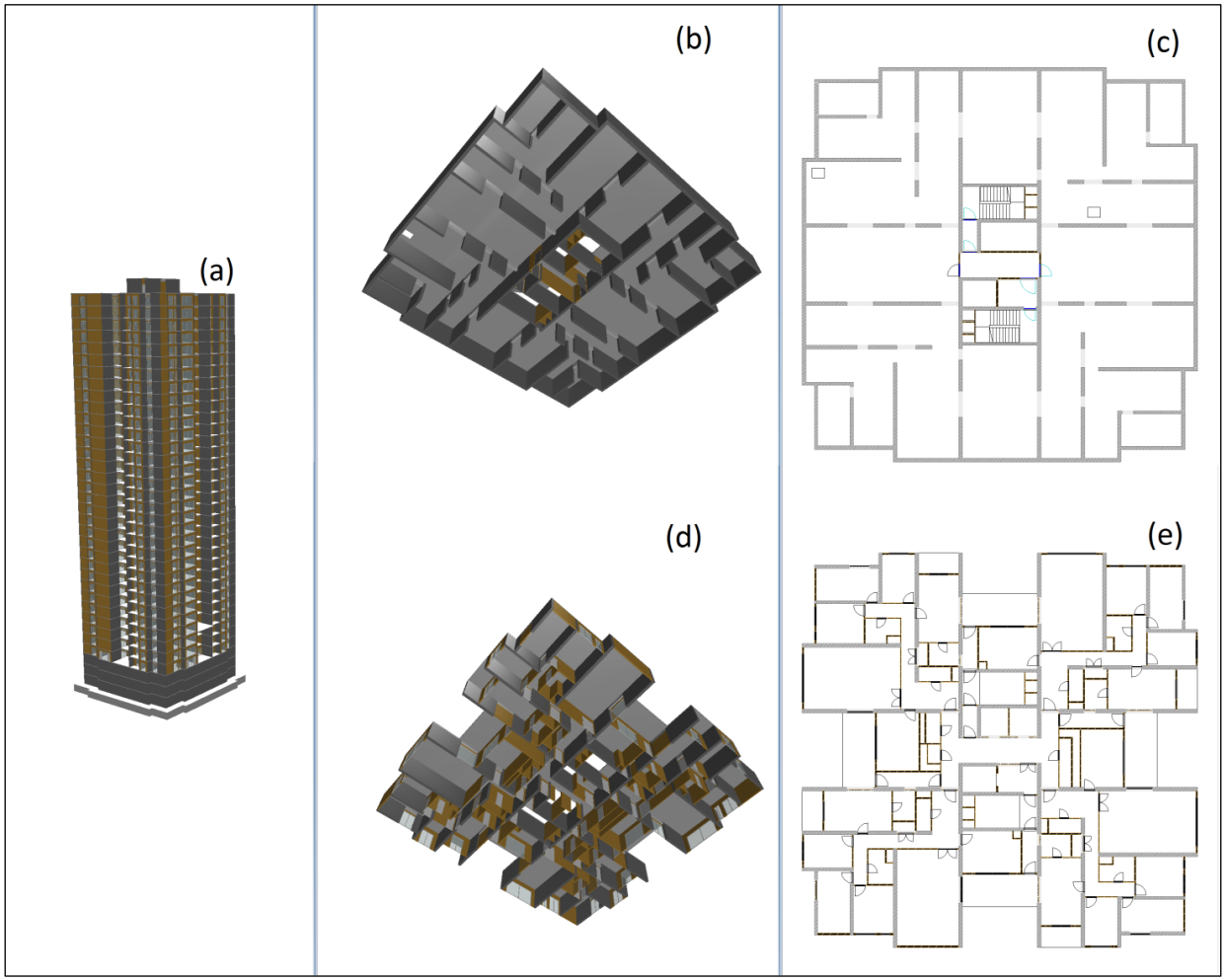
Şekil A.12: Bina B2-2 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



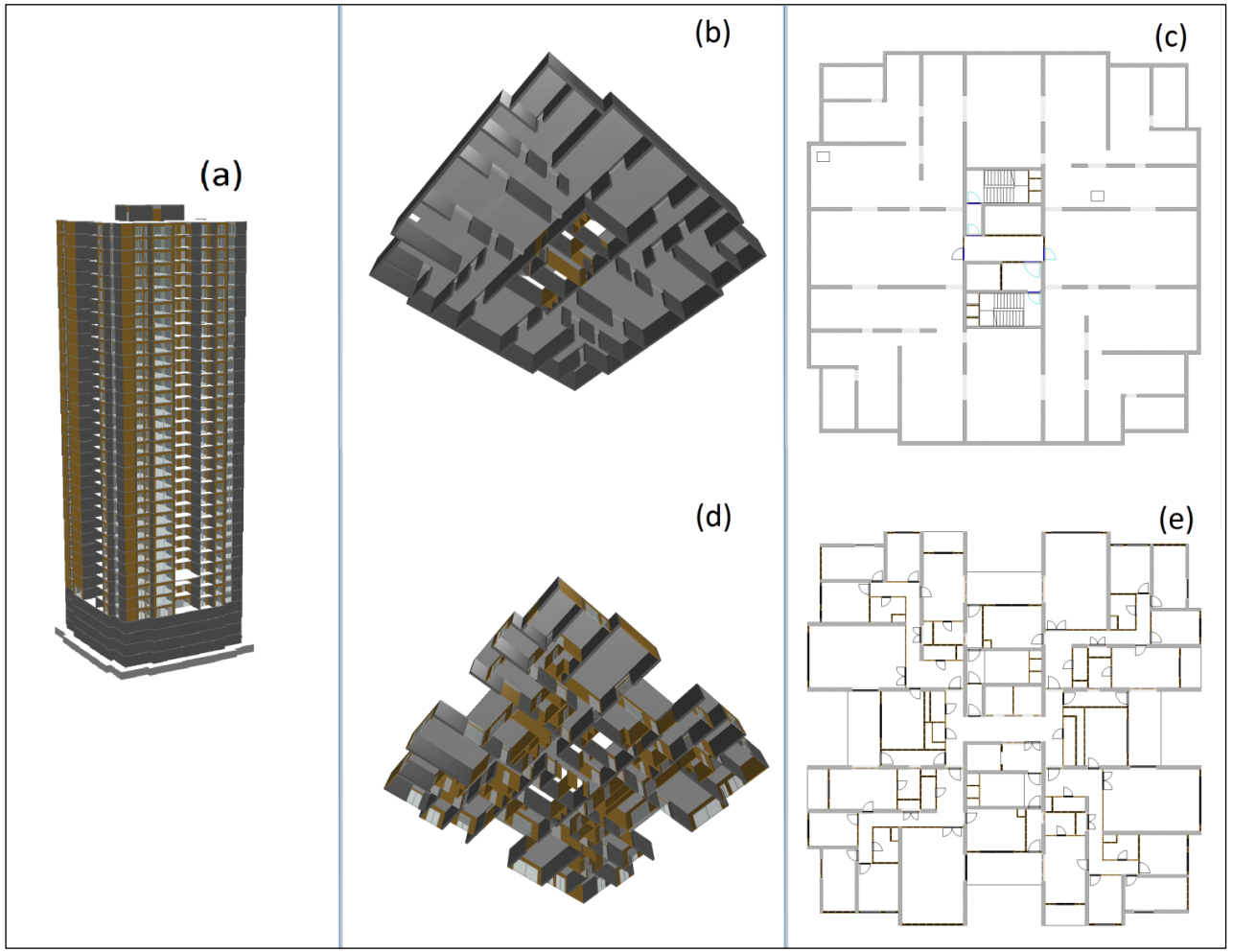
Şekil A.13: Bina B2-3 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



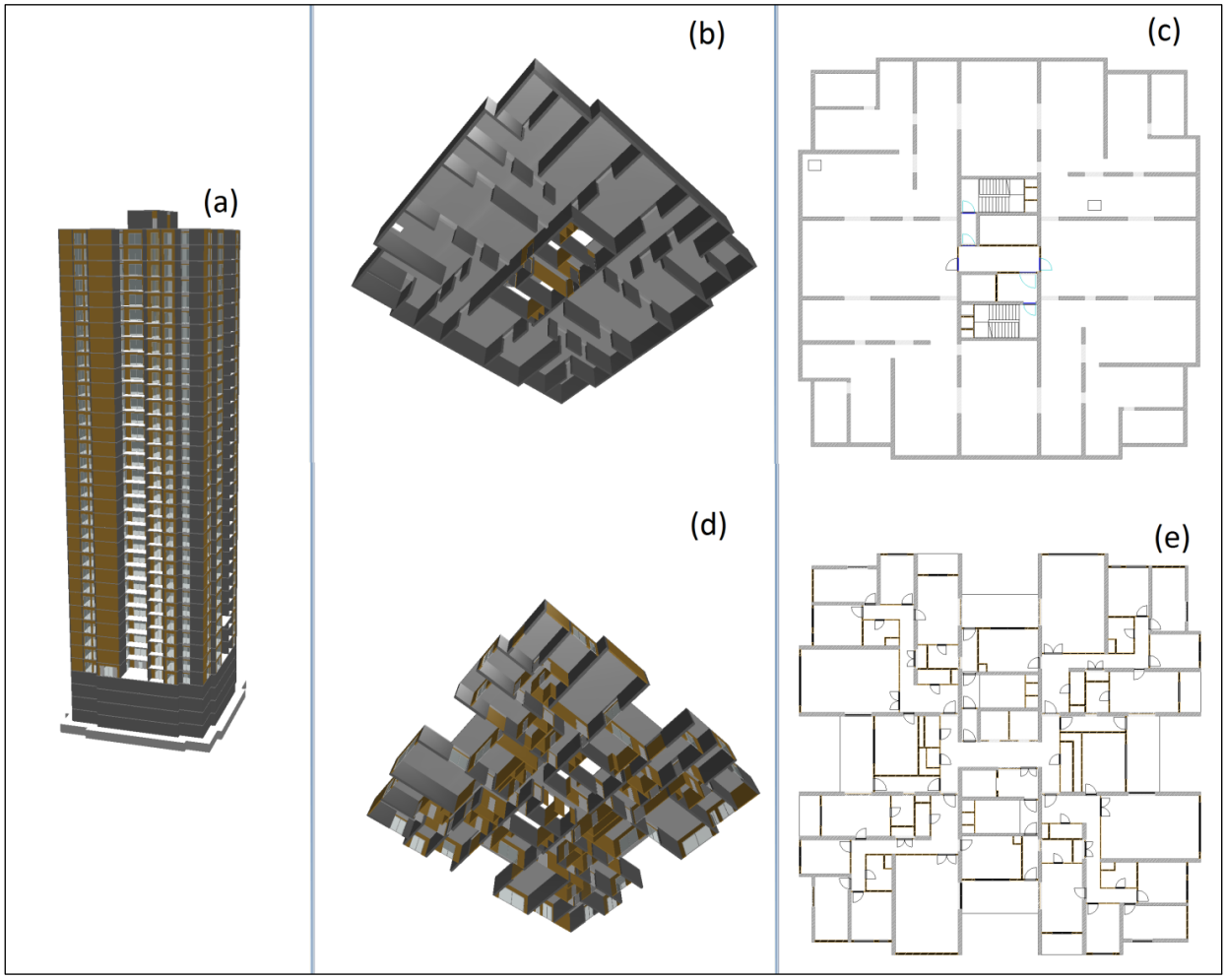
Şekil A.14: Bina C2-1 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



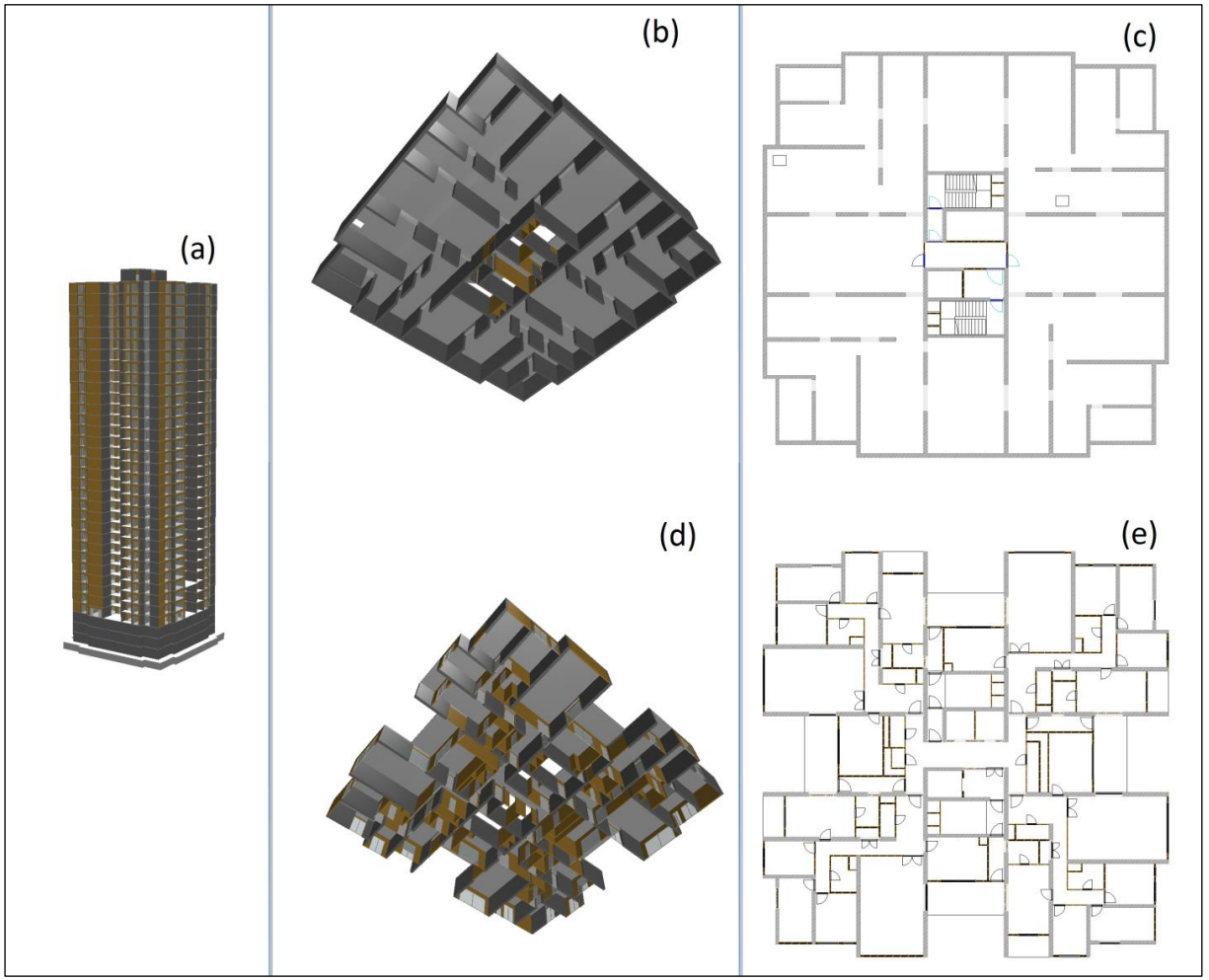
Şekil A.15: Bina A3-1 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



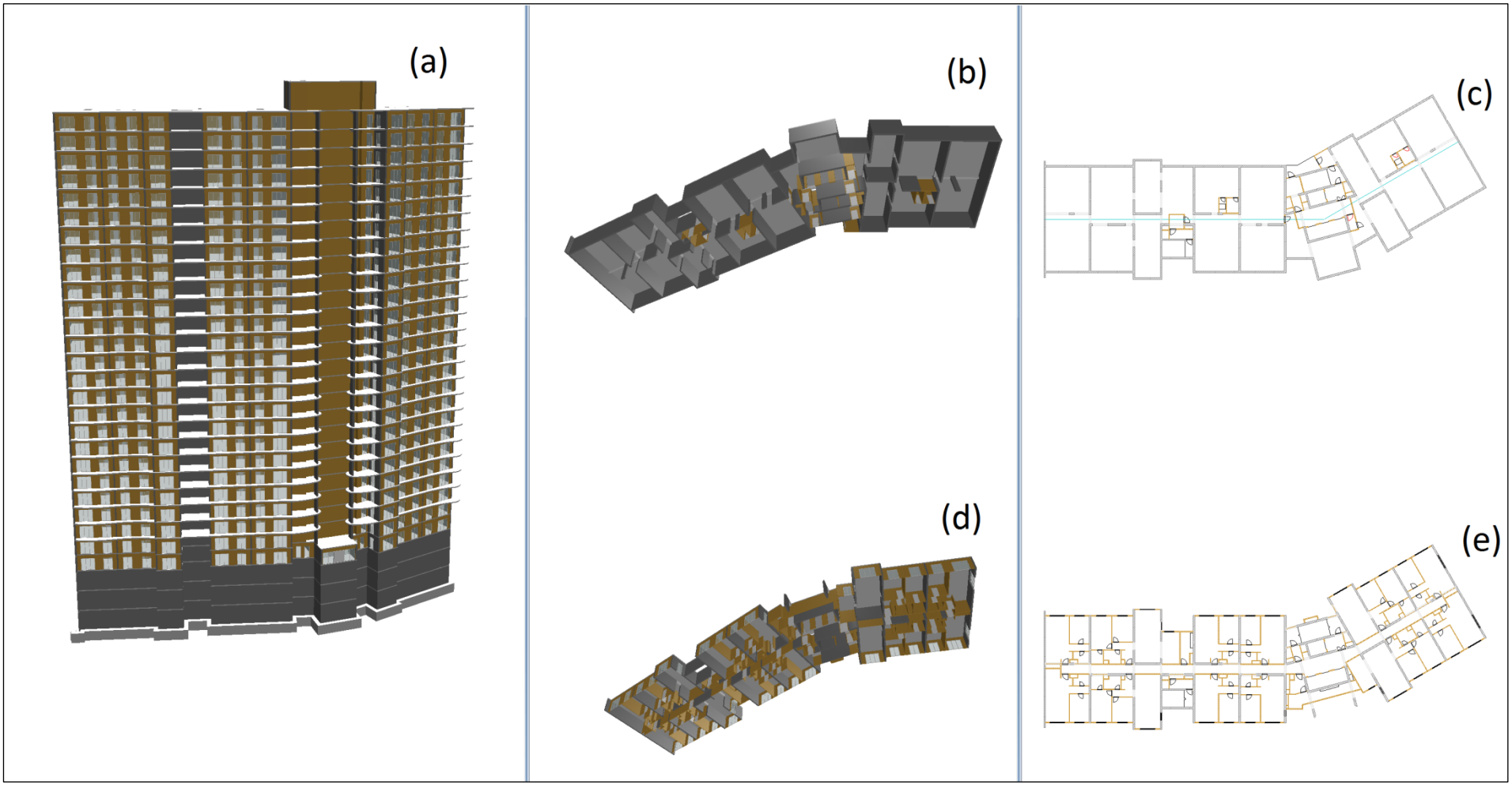
Şekil A.16: Bina A3-2 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



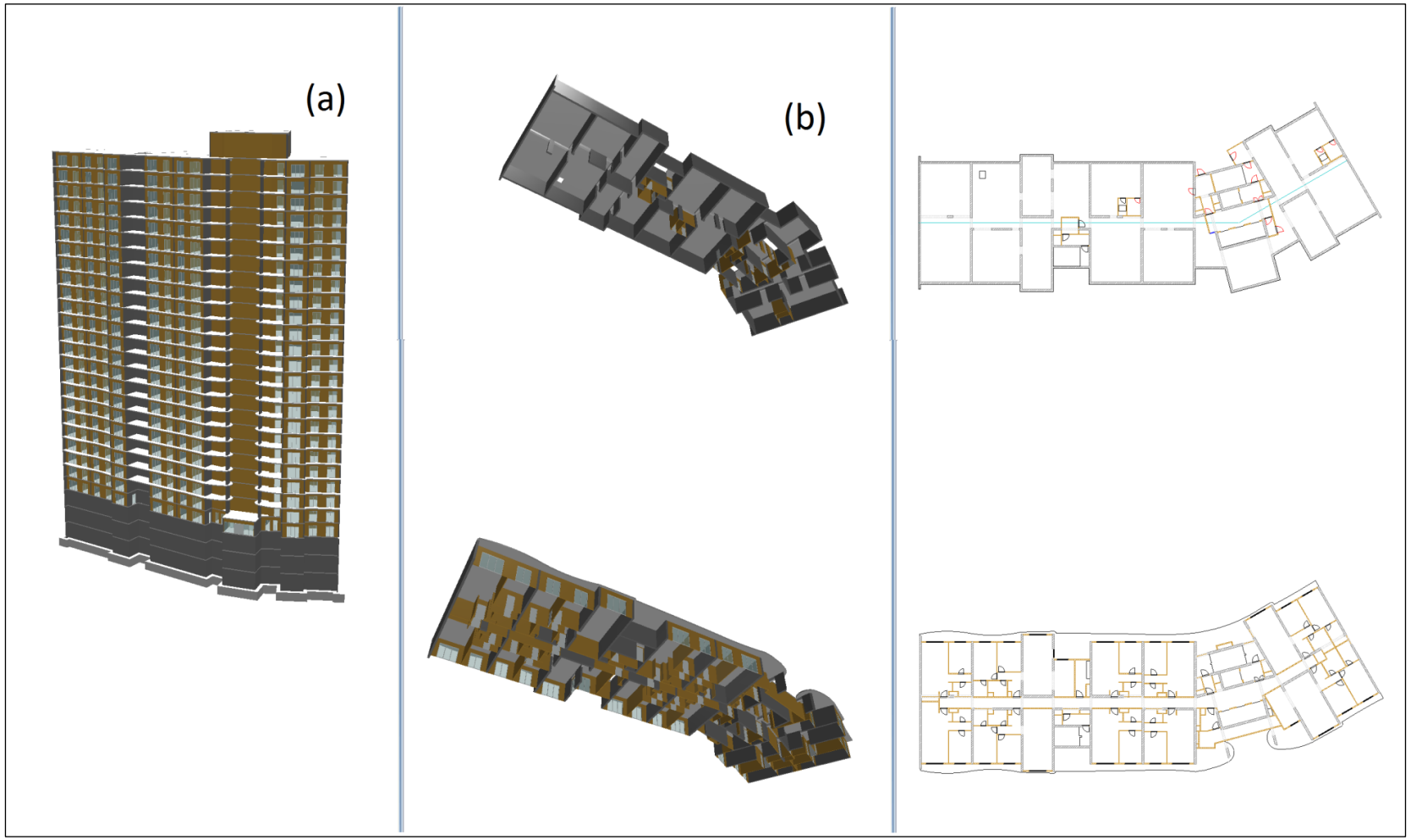
Şekil A.17: Bina A3-3 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



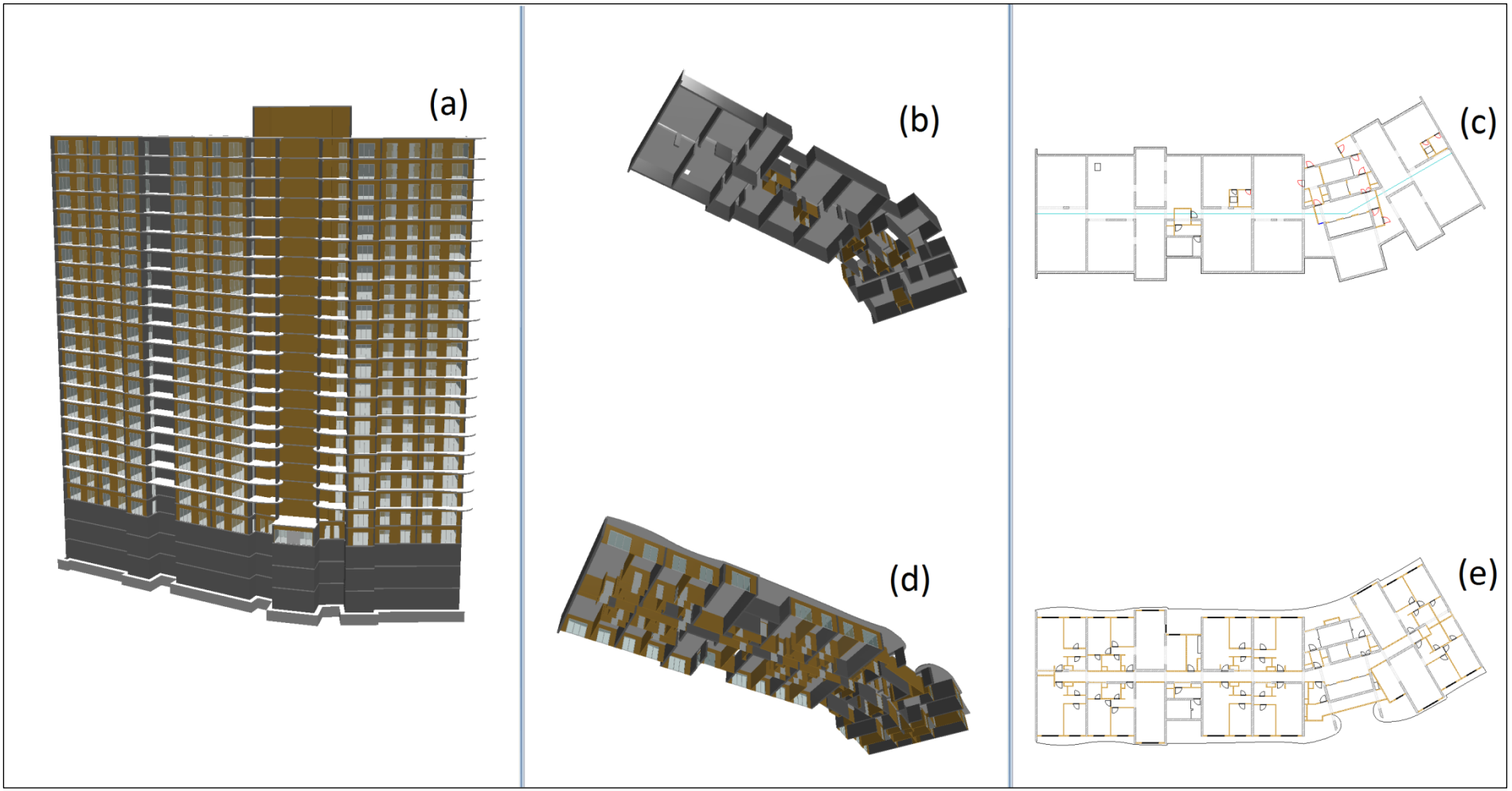
Şekil A.18: Bina A3-4 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



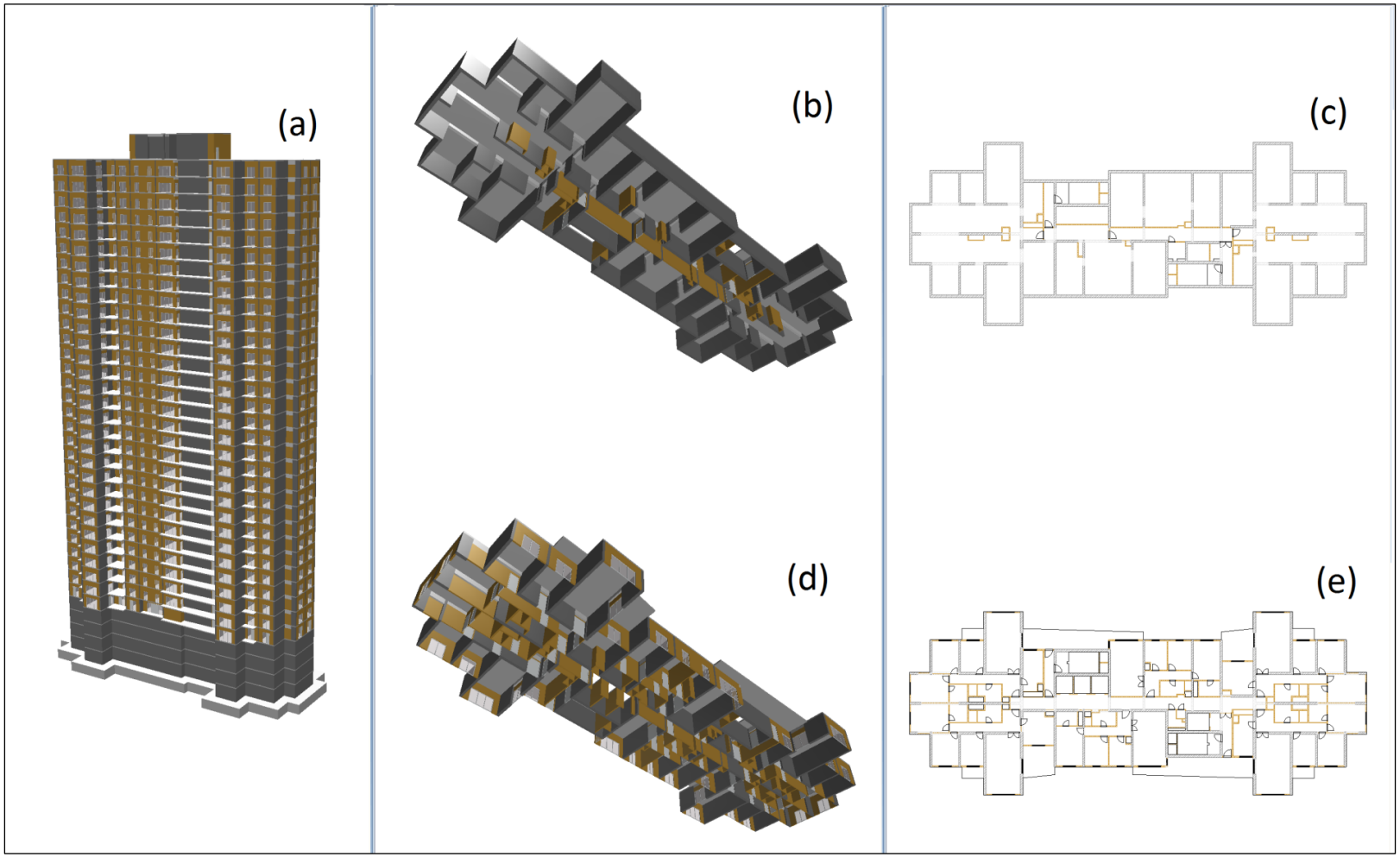
Şekil A.19: Bina B3-1 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



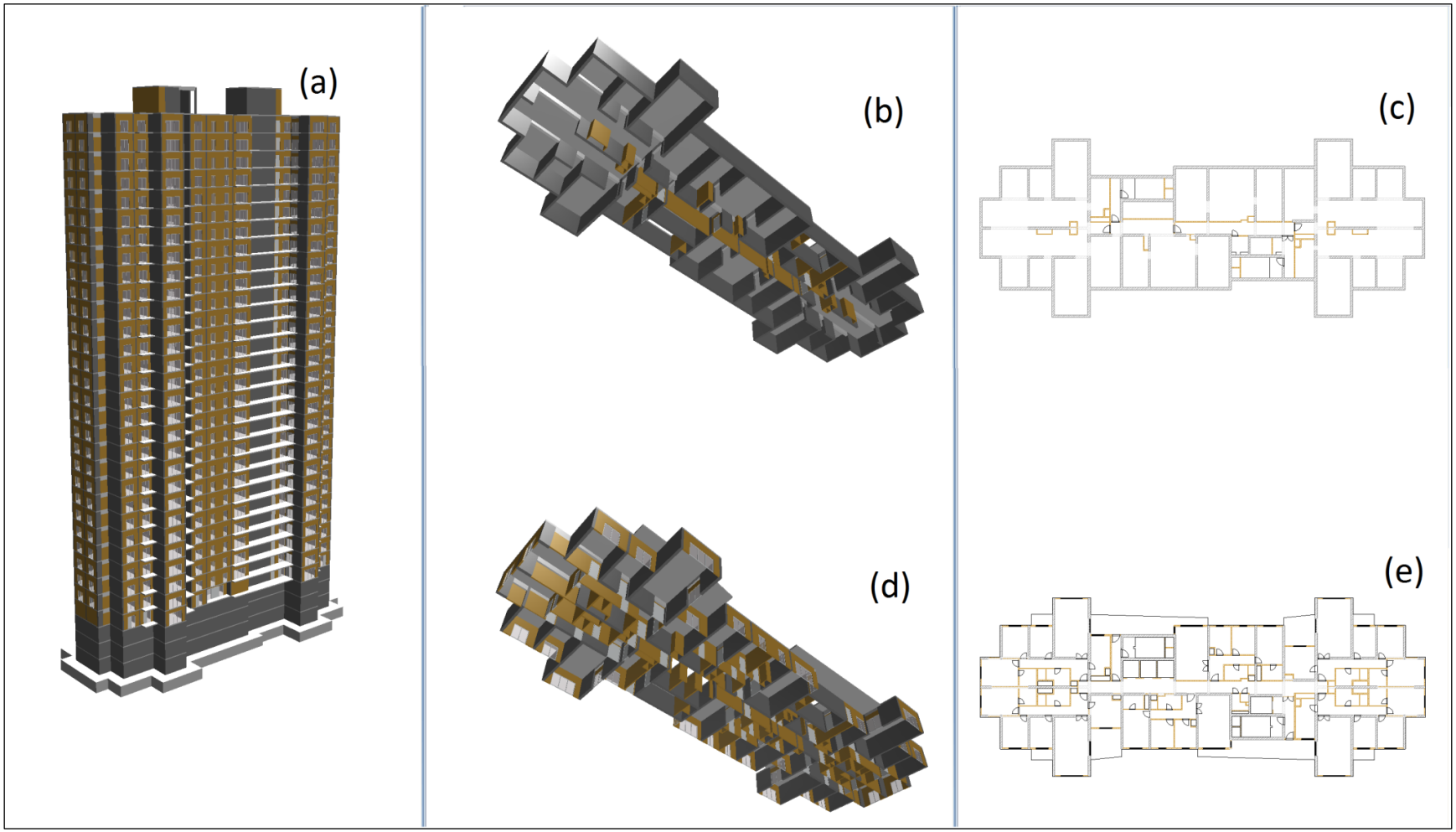
Şekil A.20: Bina B3-2 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



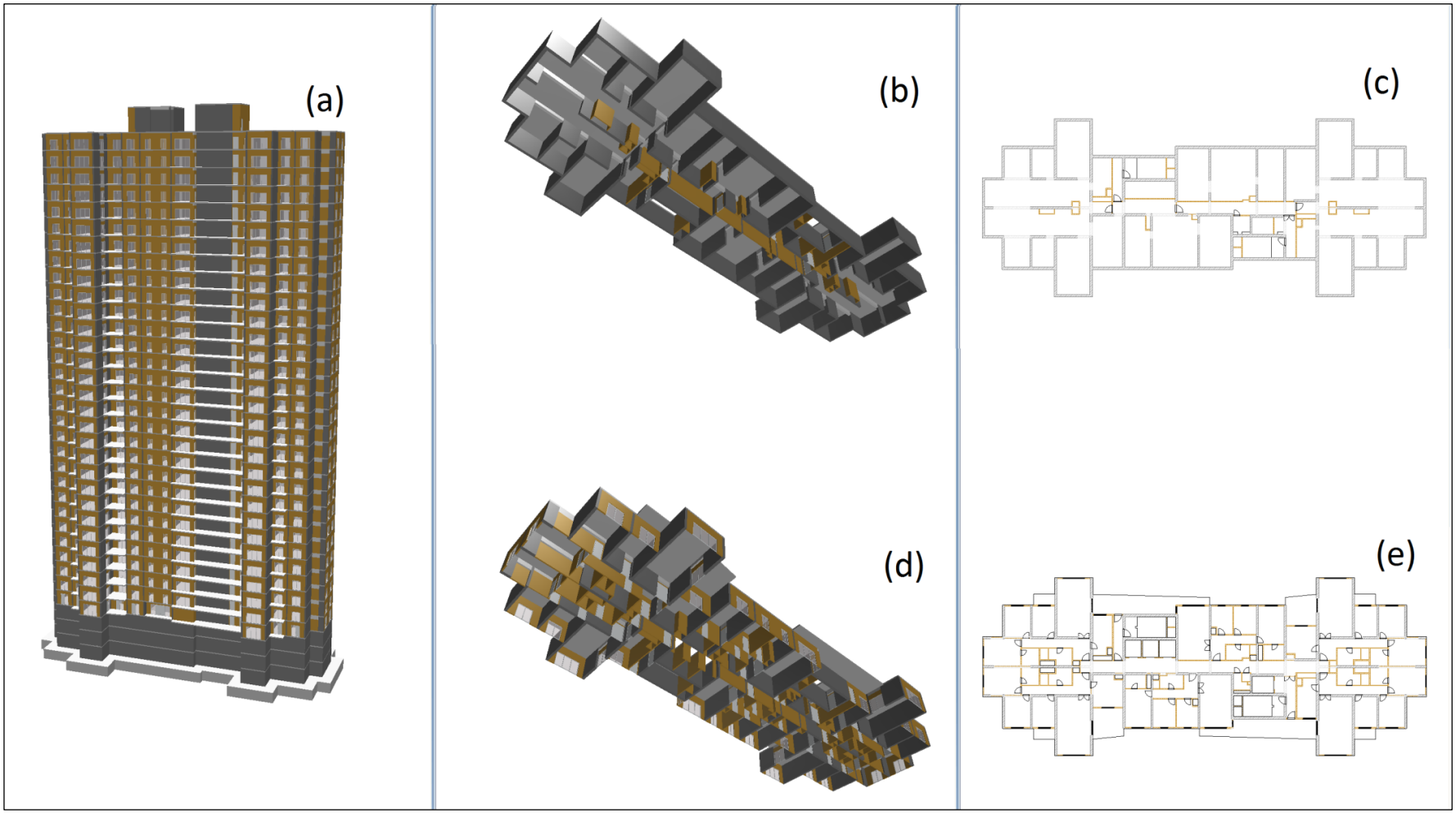
Şekil A.21: Bina B3-3 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



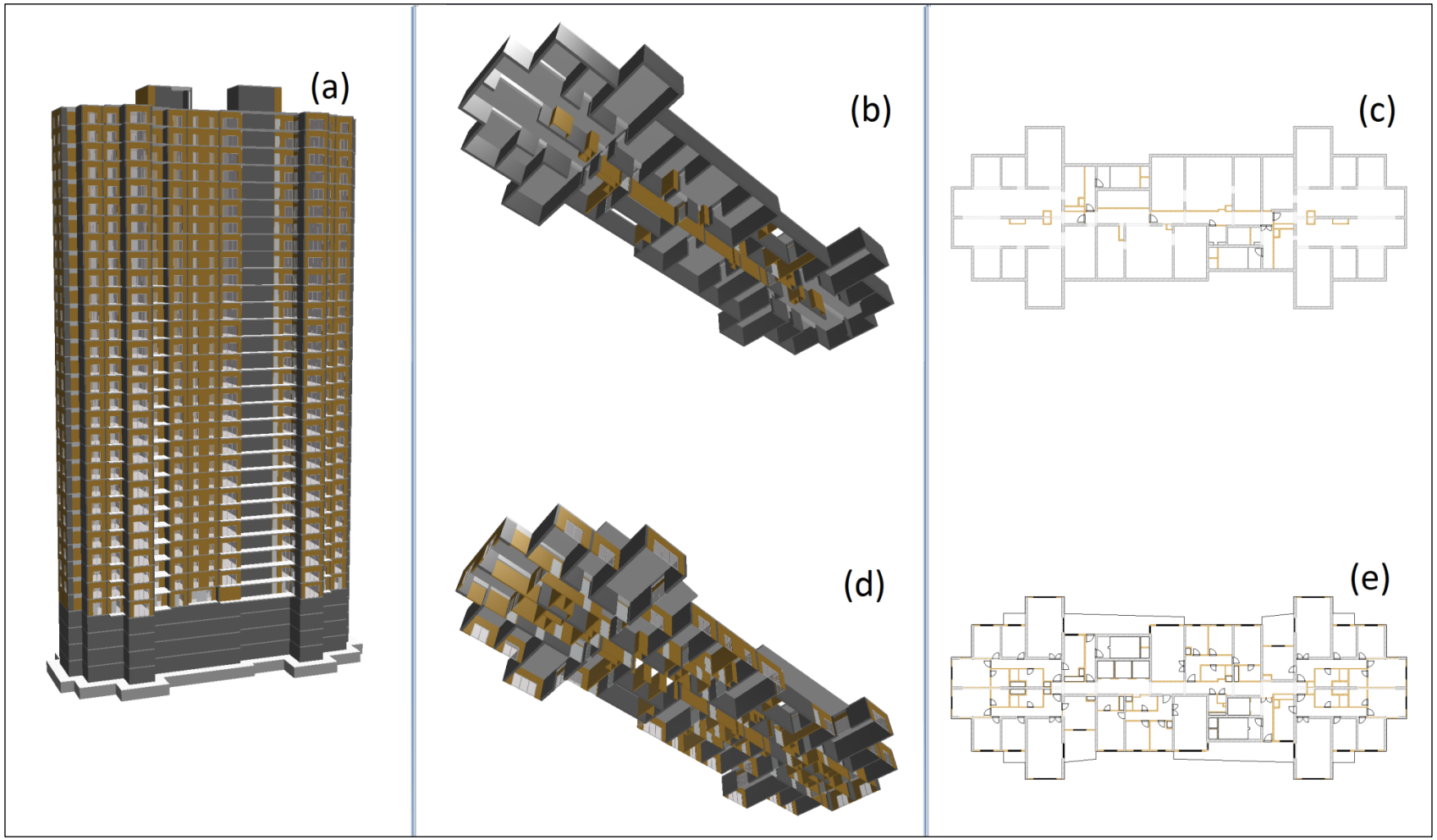
Şekil A.22: Bina C3-1 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



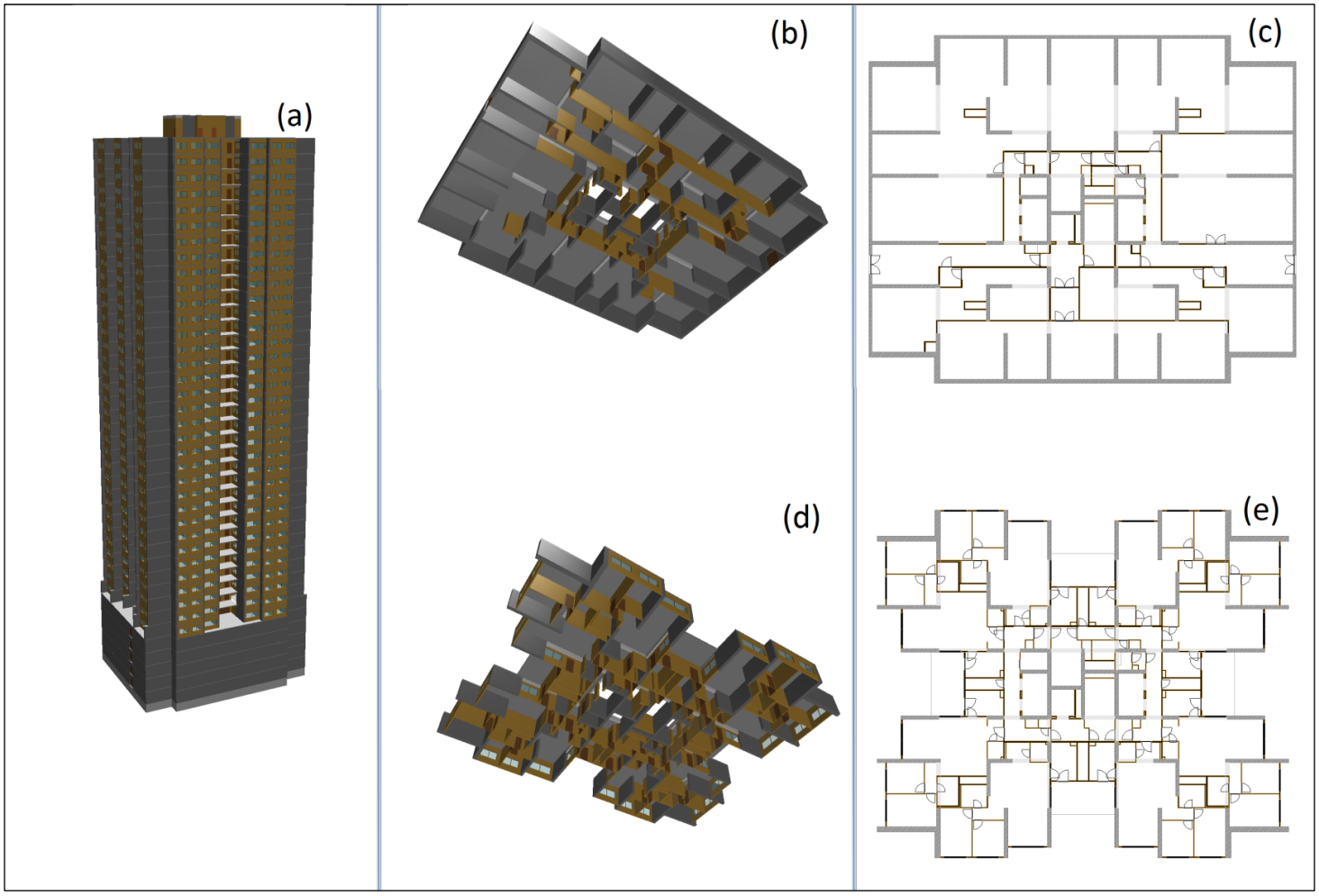
Şekil A.23: Bina C3-2 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



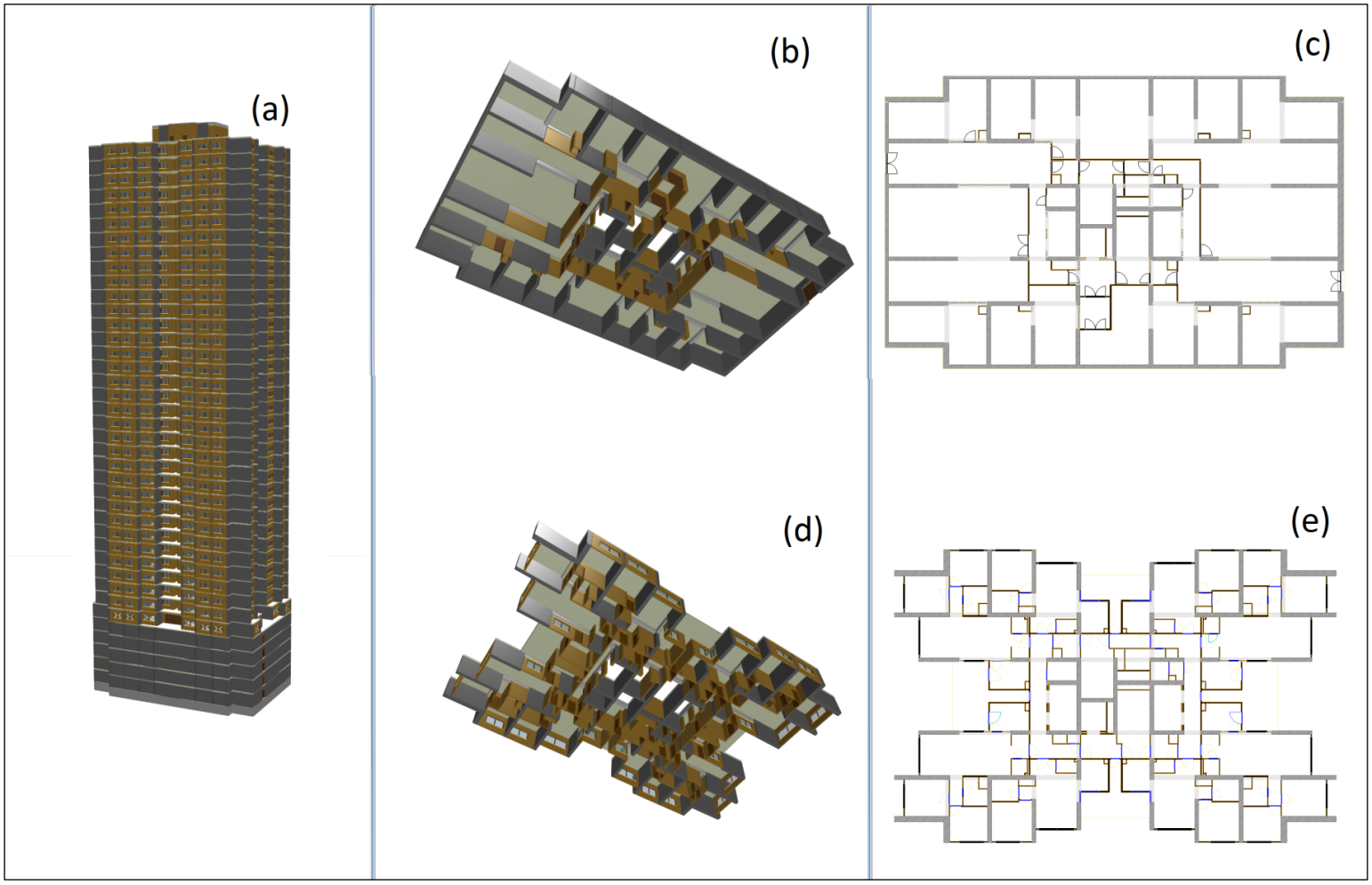
Şekil A.24: Bina C3-3 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



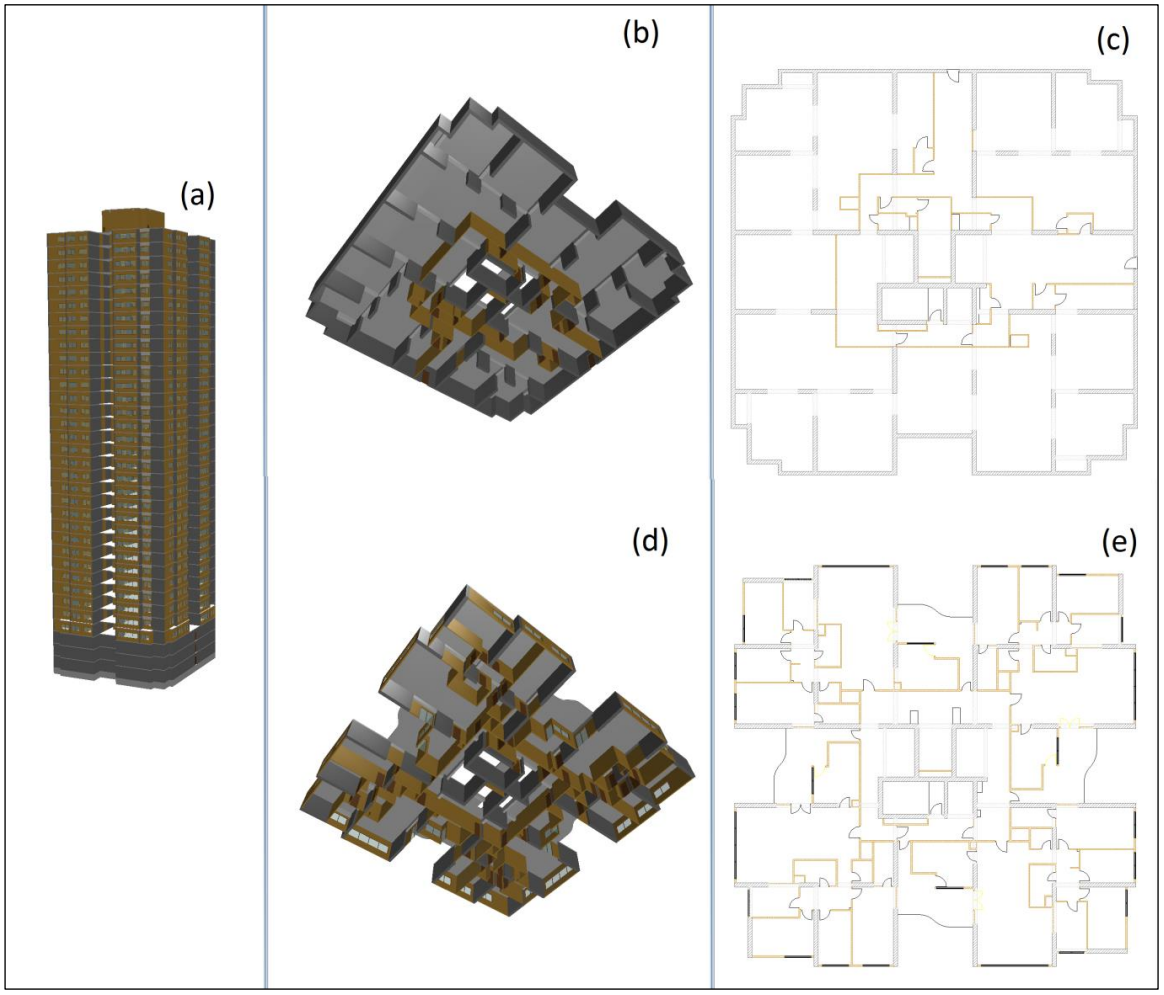
Şekil A.25: Bina C3-4 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



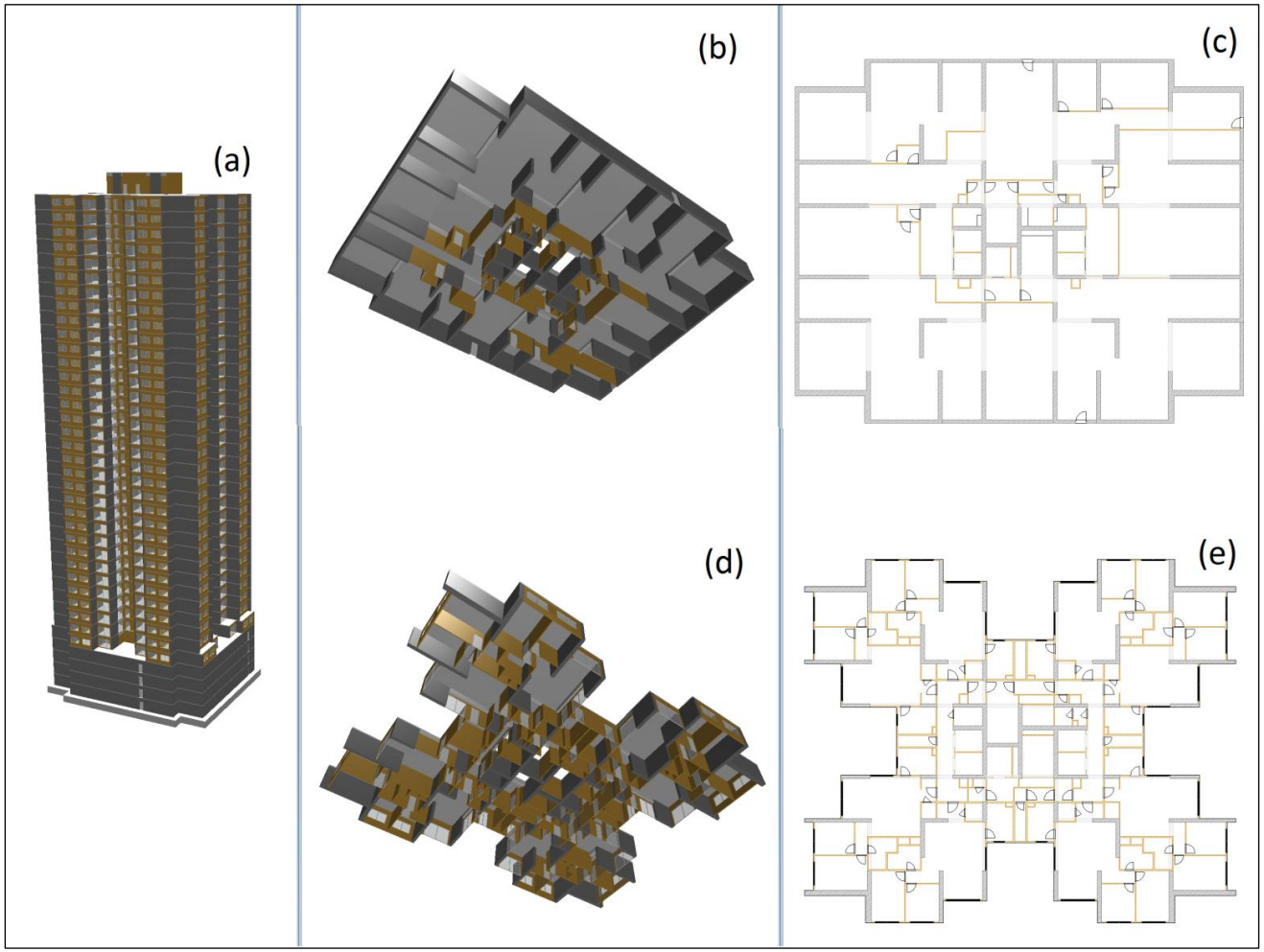
Şekil A.26: Bina A4-1 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



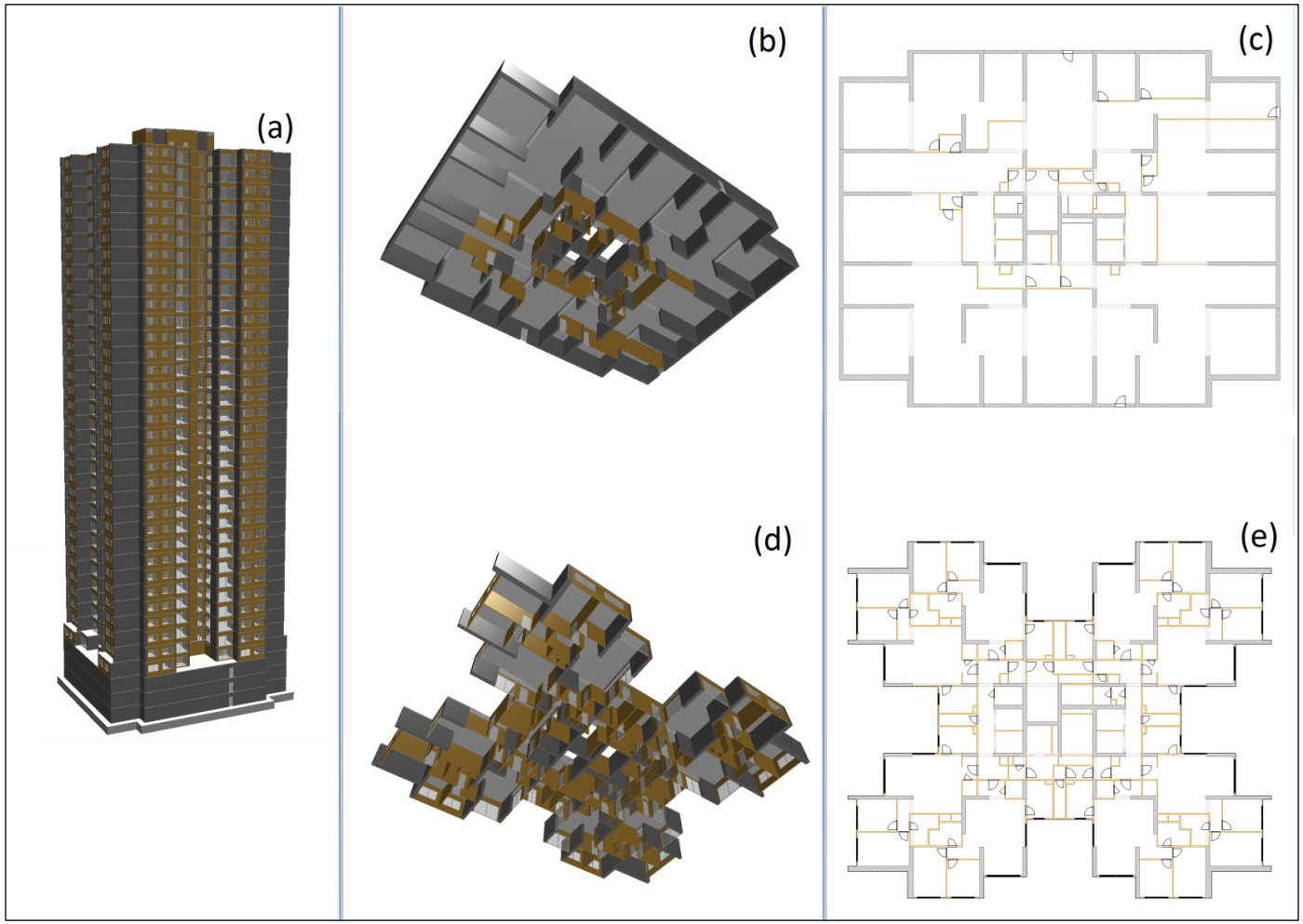
Şekil A.27: Bina B4-1 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



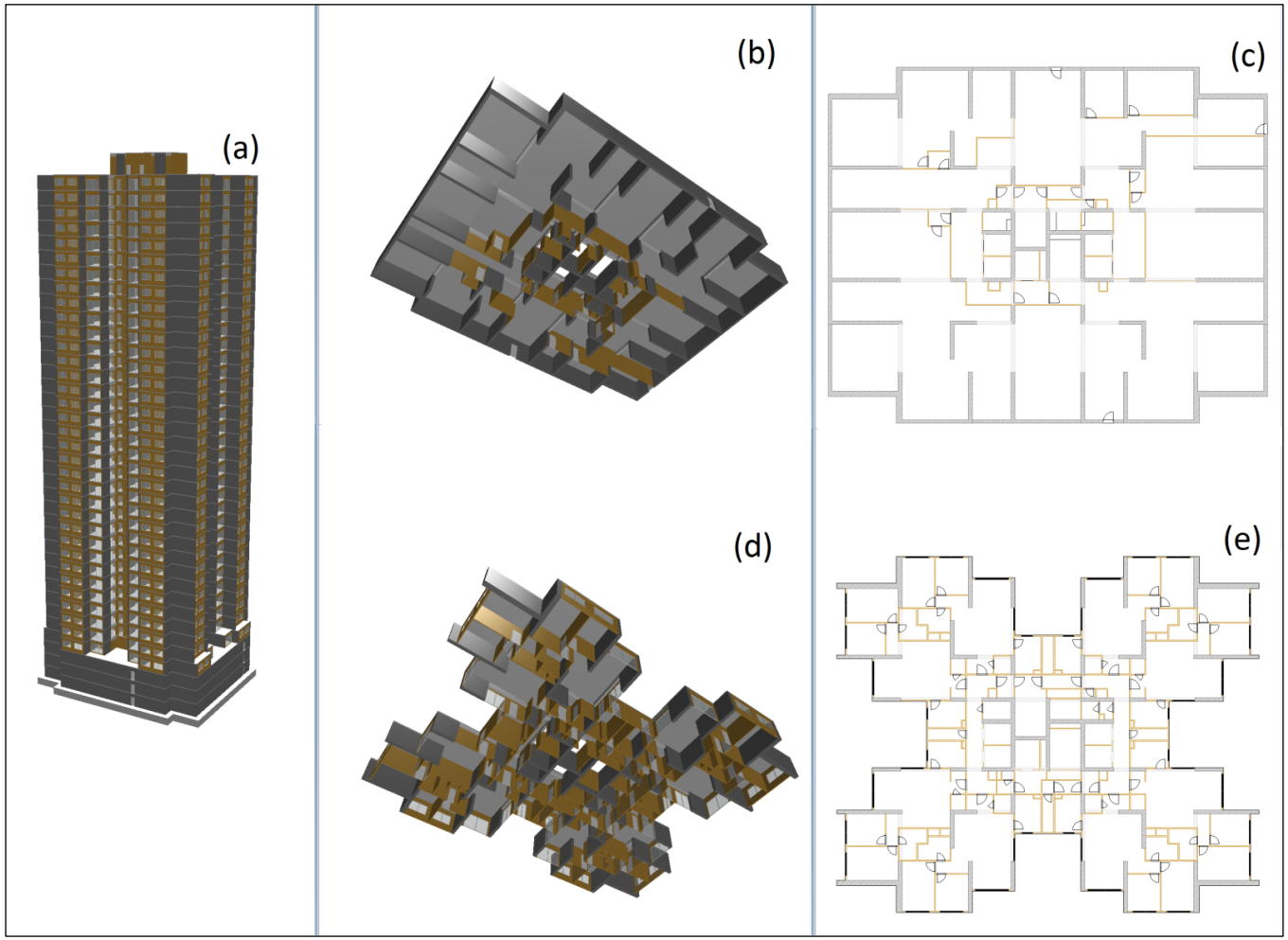
Şekil A.28: Bina B5-1 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



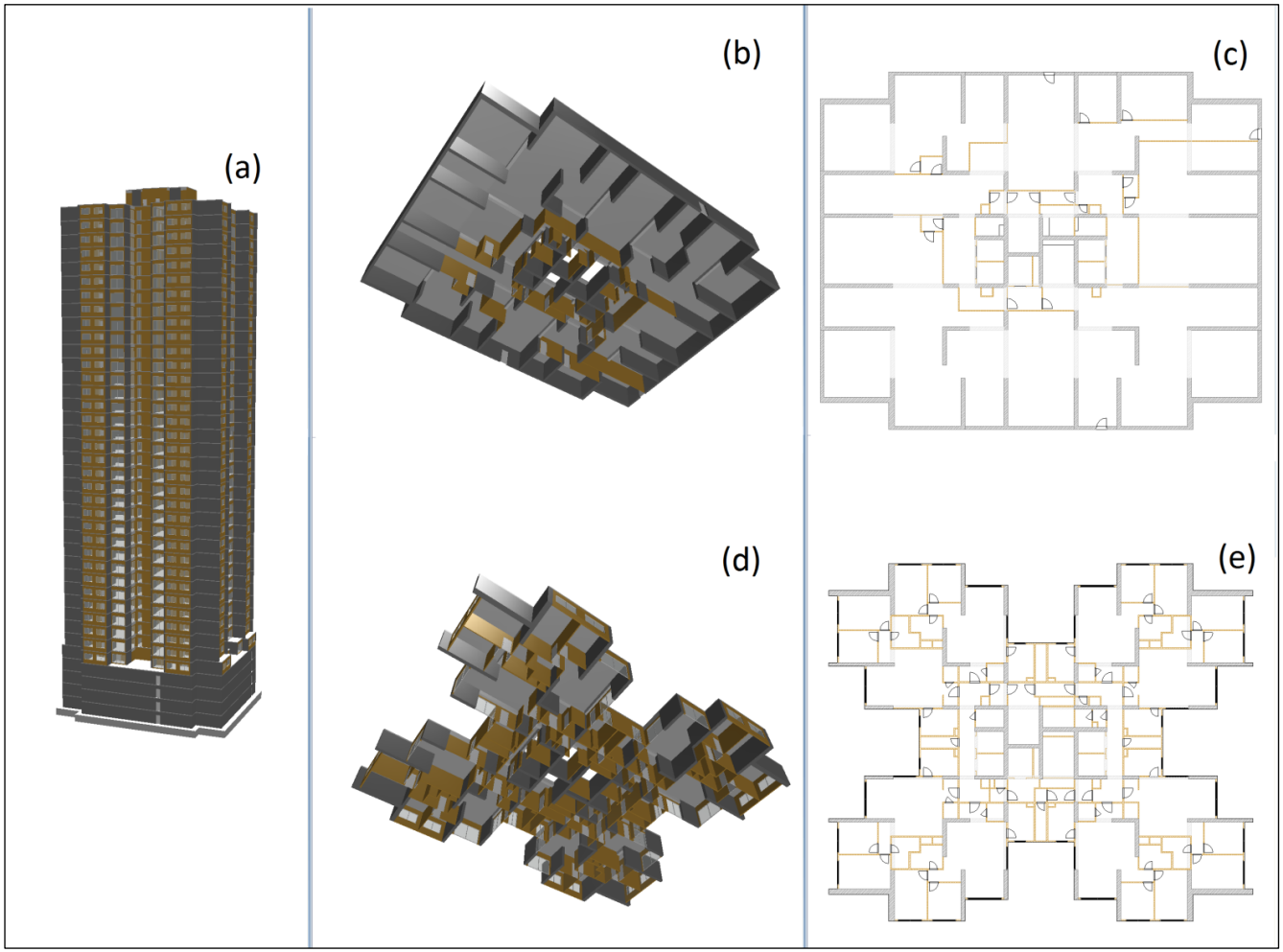
Şekil A.29: Bina C5-1 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



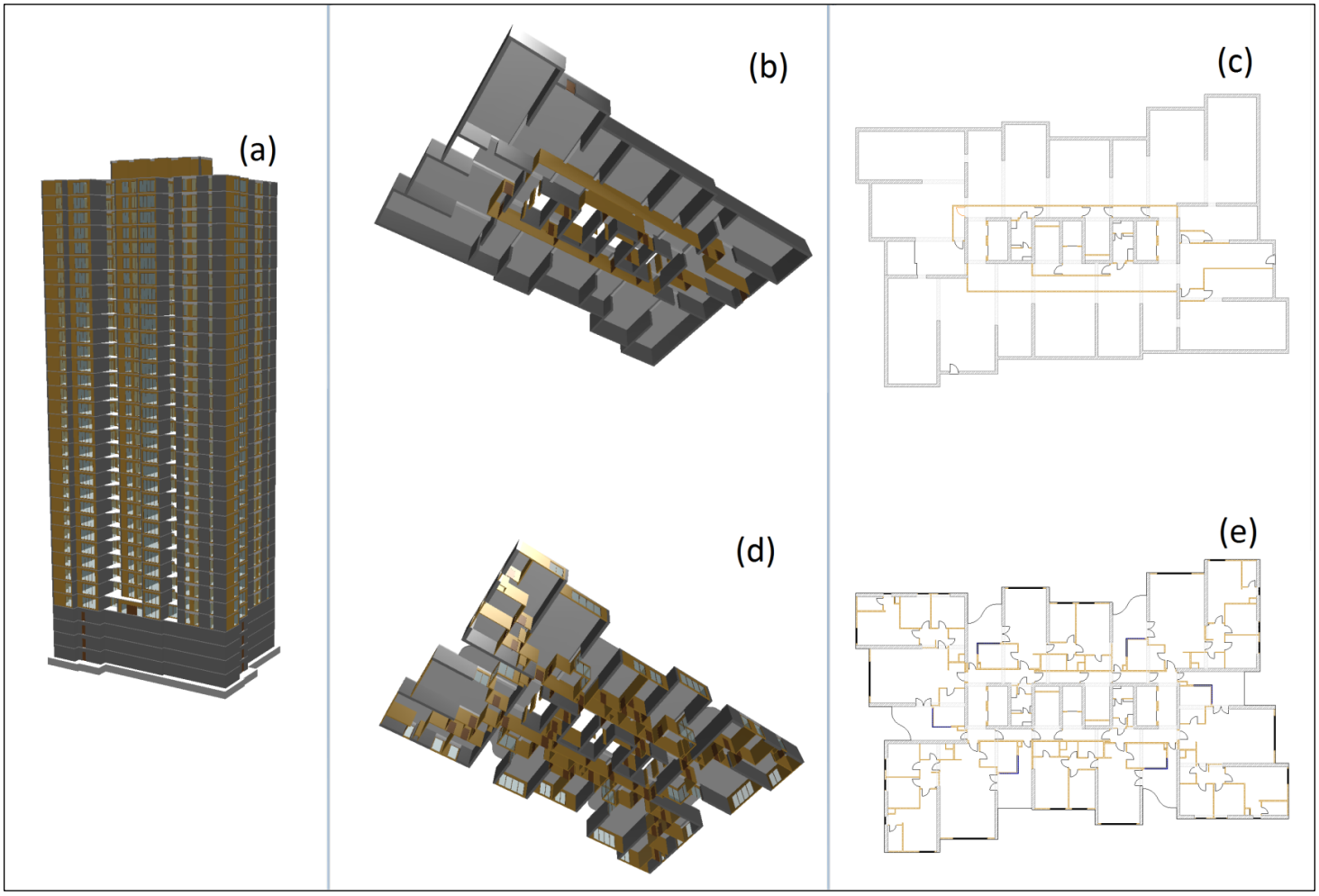
Şekil A.30: Bina C5-2 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



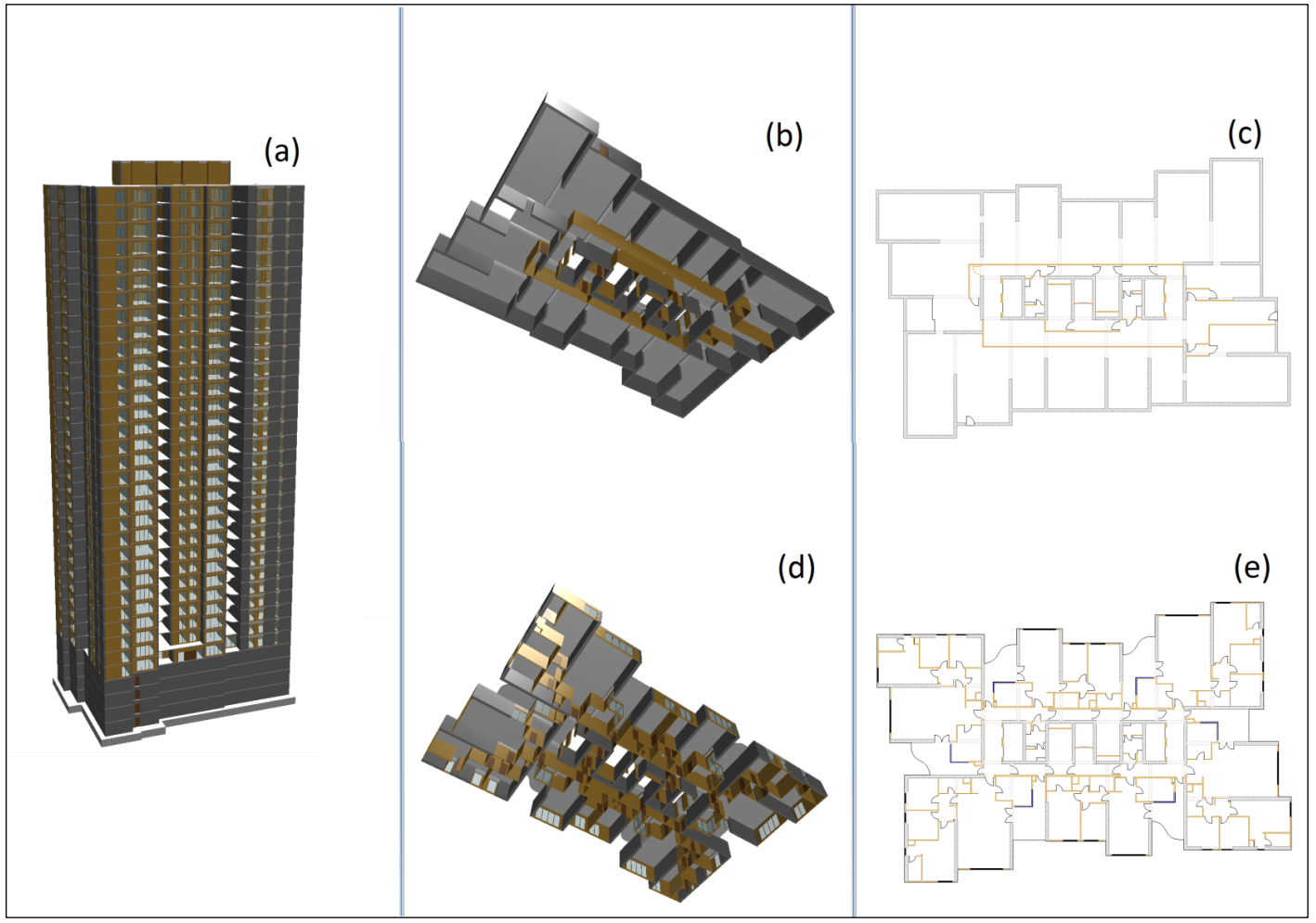
Şekil A.31: Bina C5-3 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



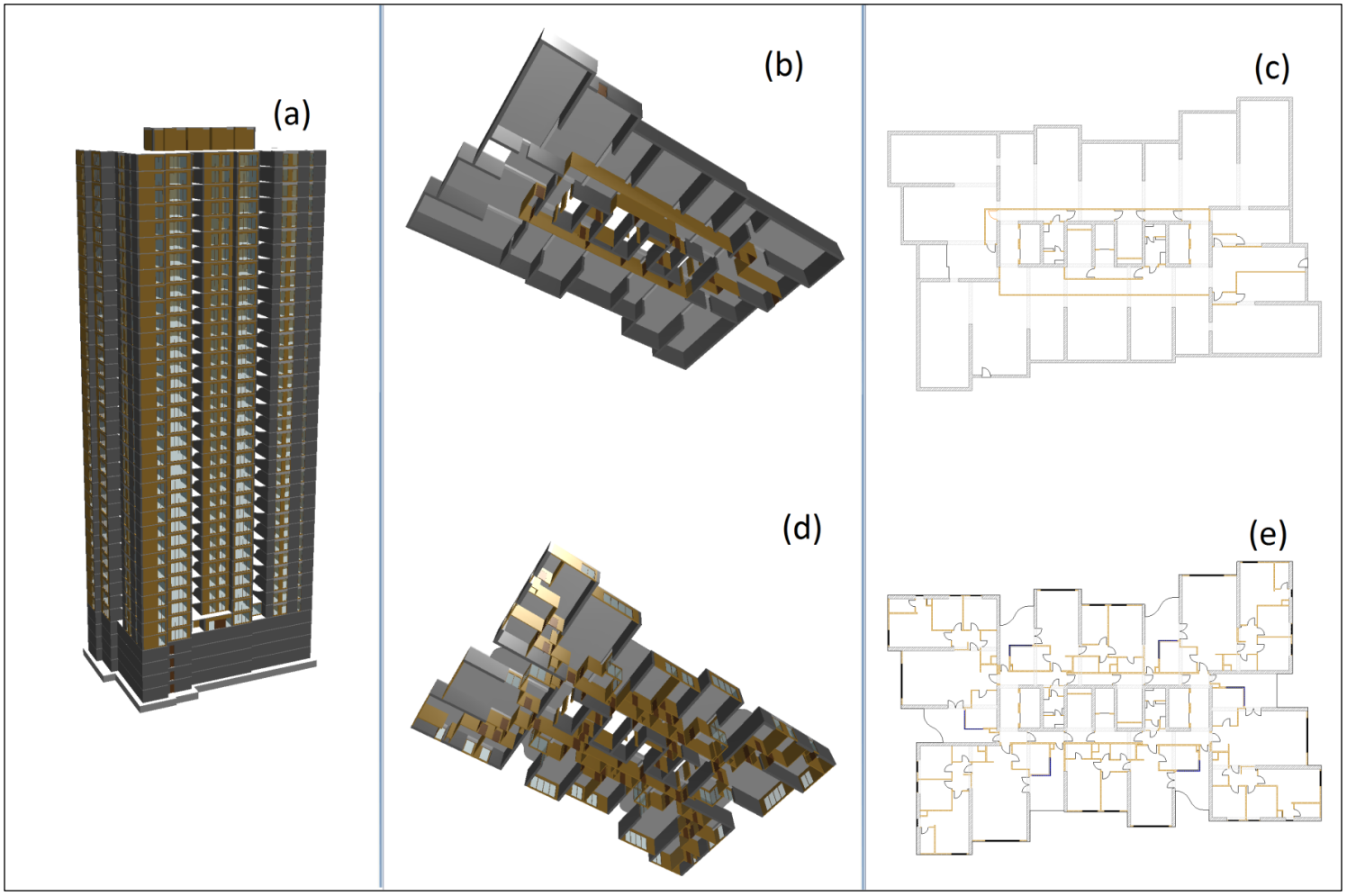
Şekil A.32: Bina C5-4 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



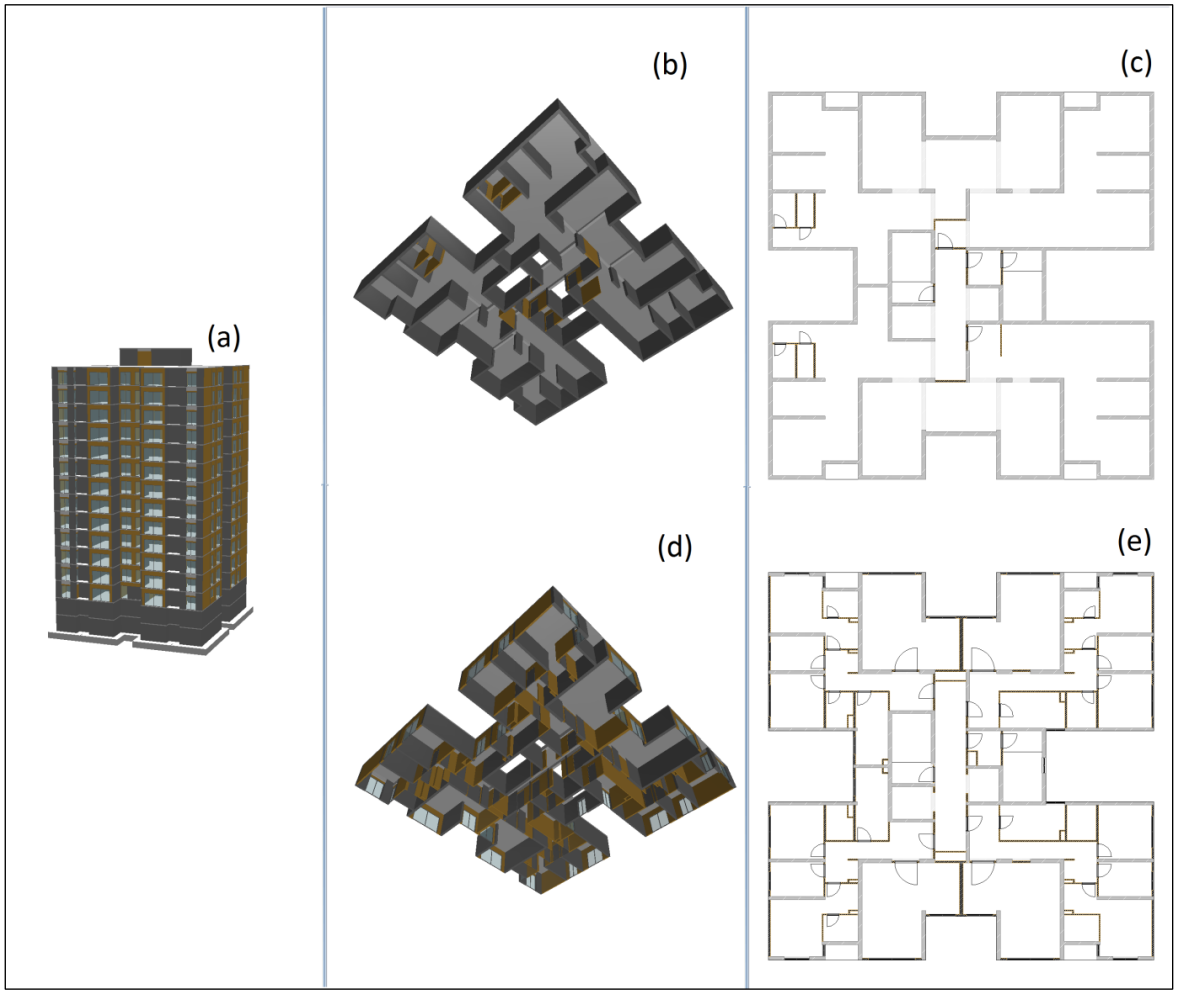
Şekil A.33: Bina D5-1 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



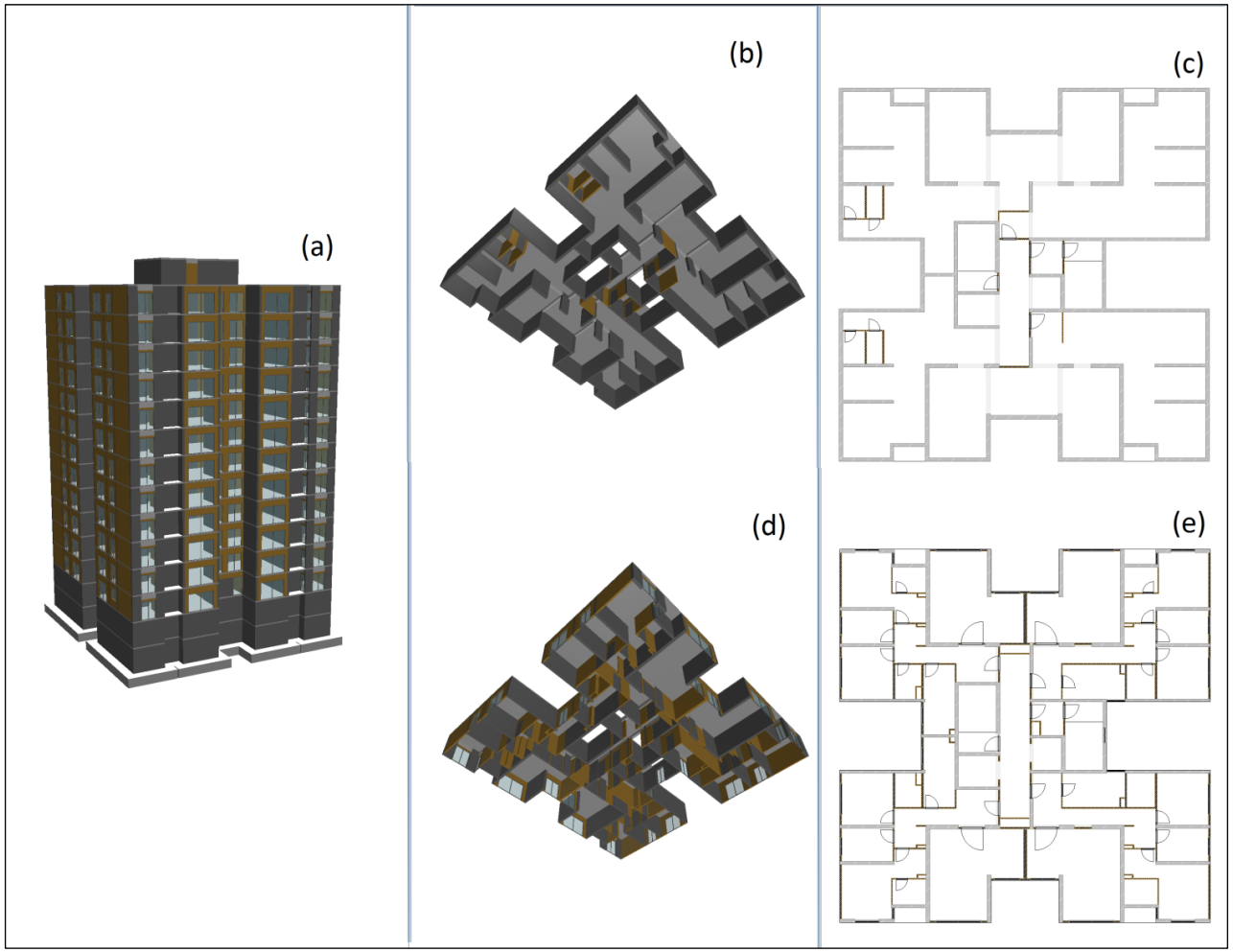
Şekil A.34: Bina D5-2 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



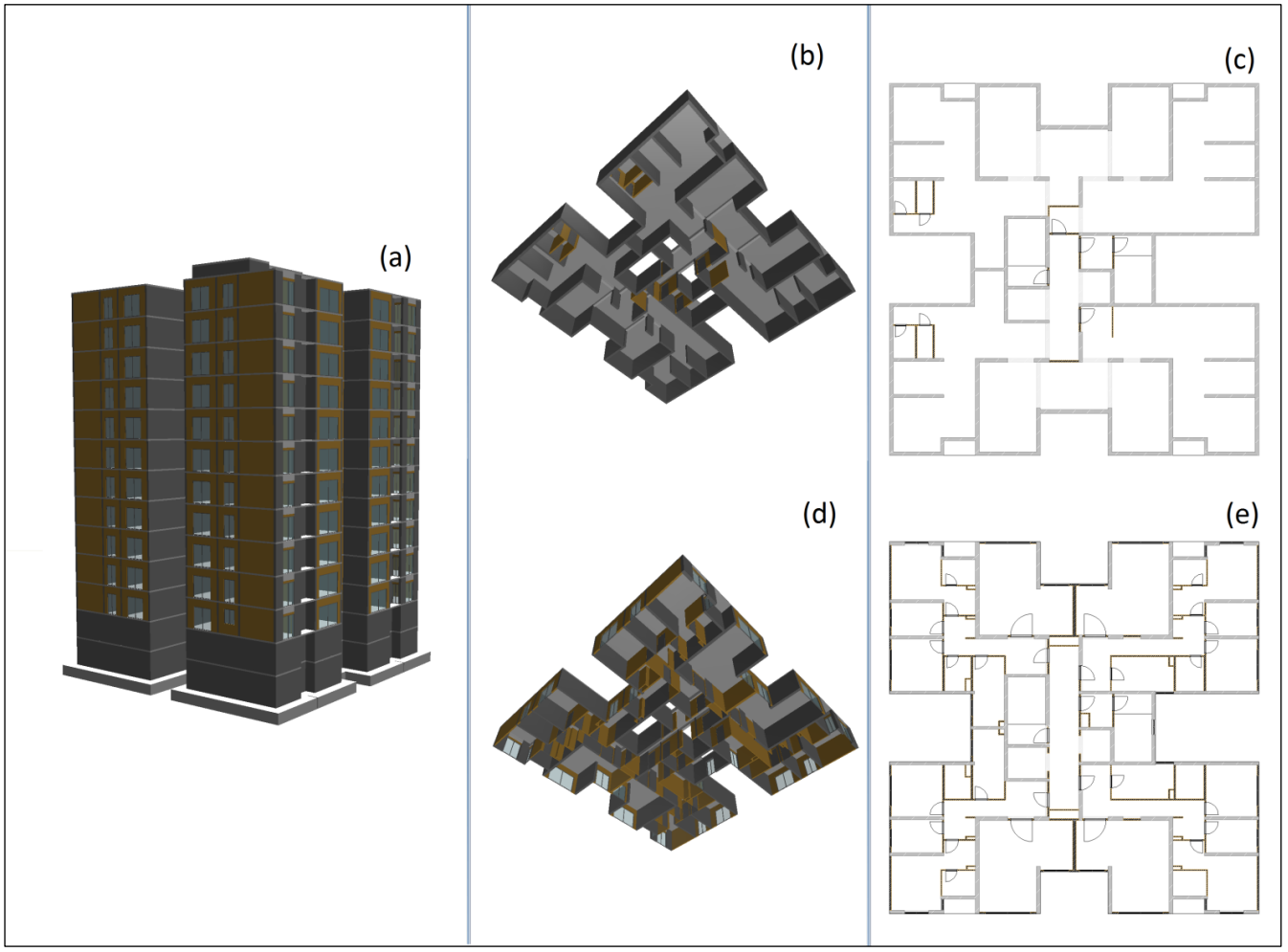
Şekil A.35: Bina D5-3 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



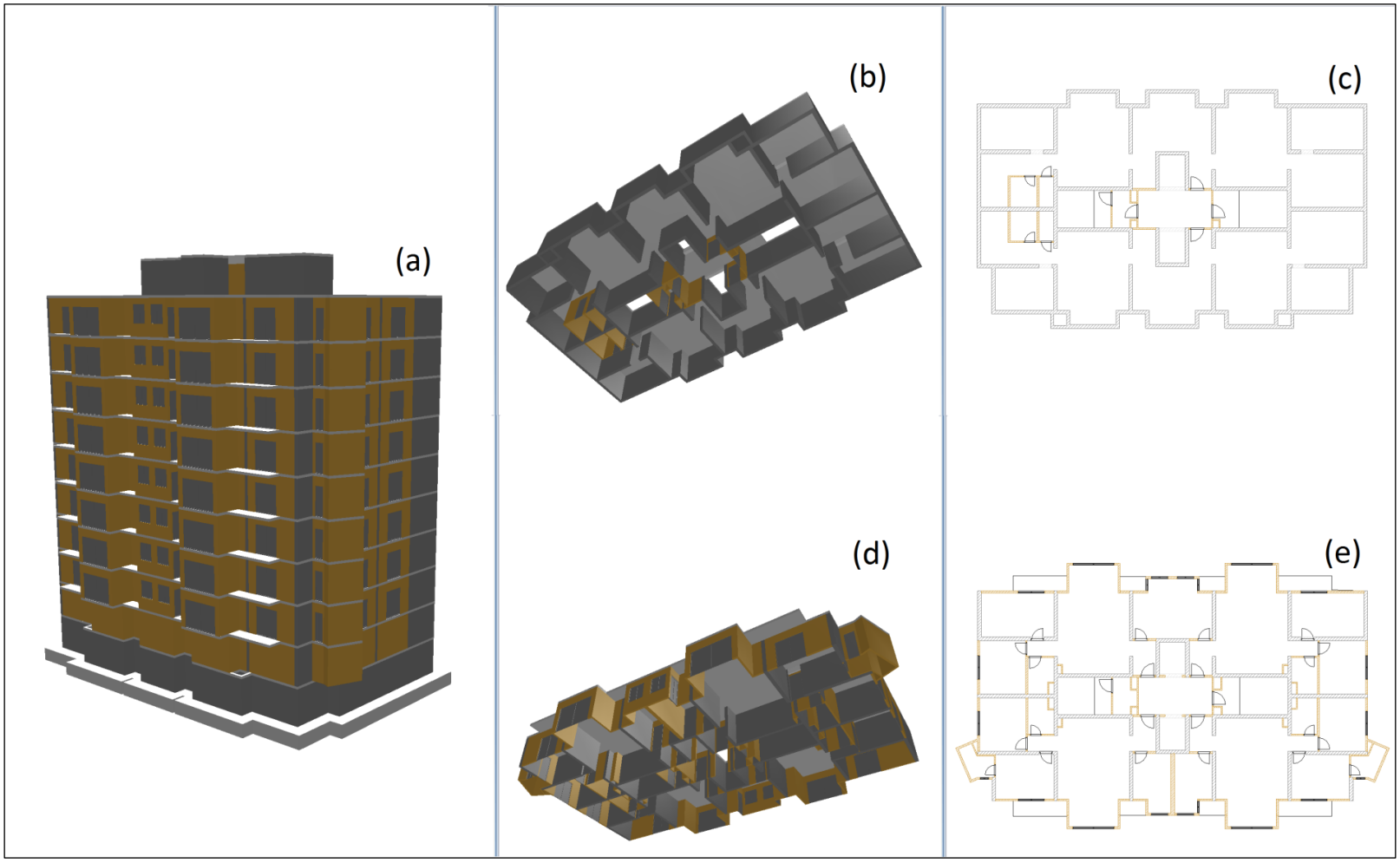
Şekil A.36: Bina A6-1 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



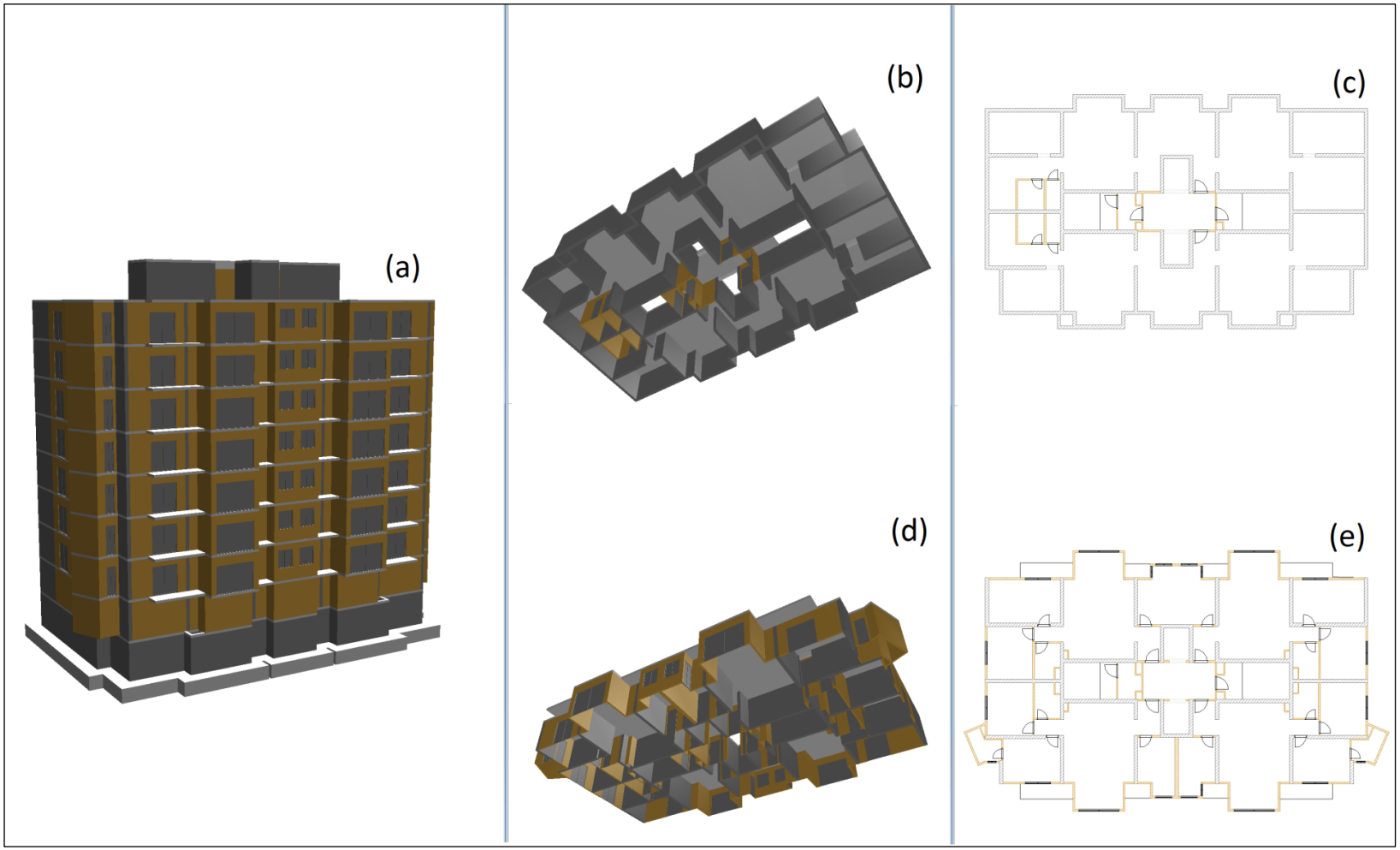
Şekil A.37: Bina A6-2 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



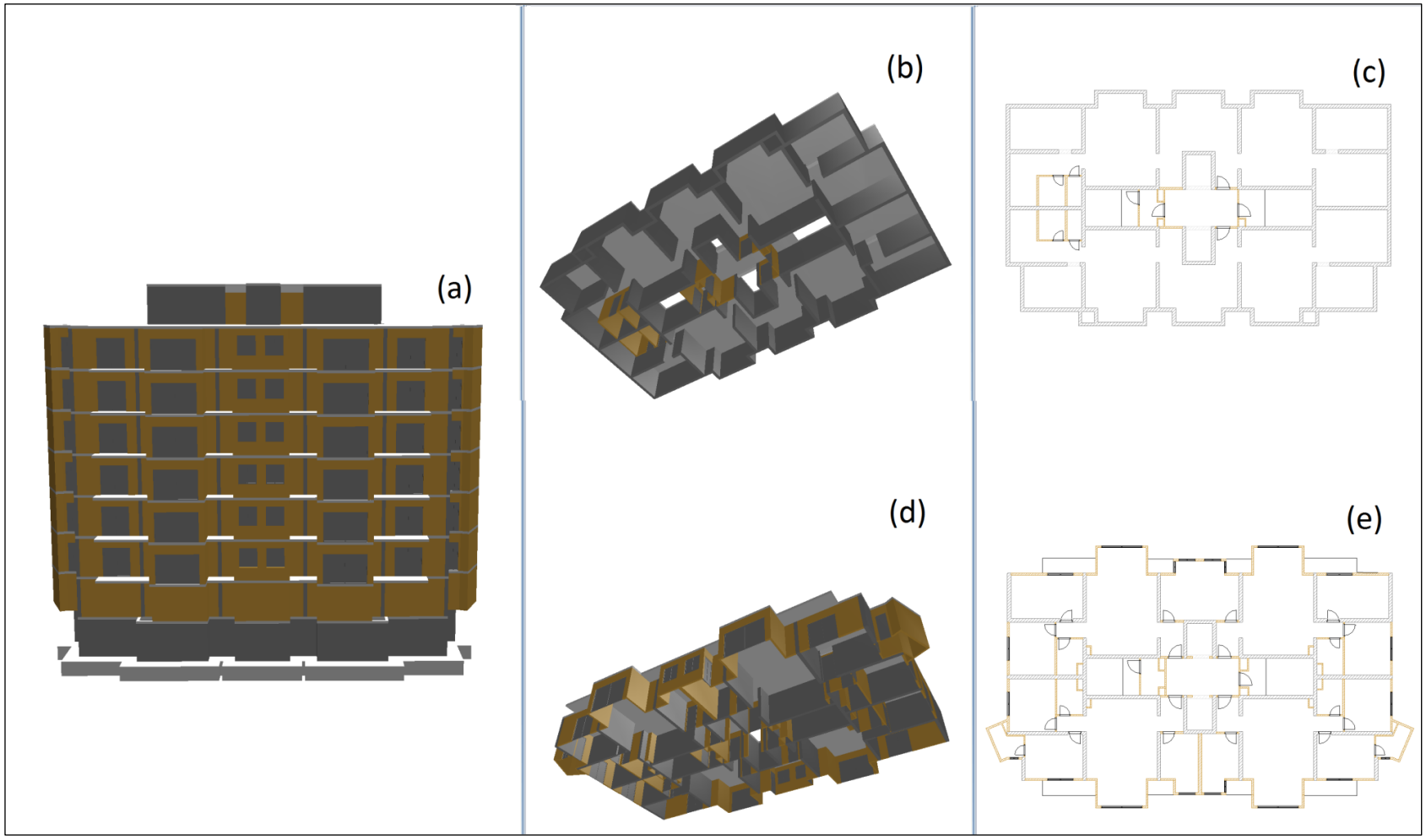
Şekil A.38: Bina A6-3 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



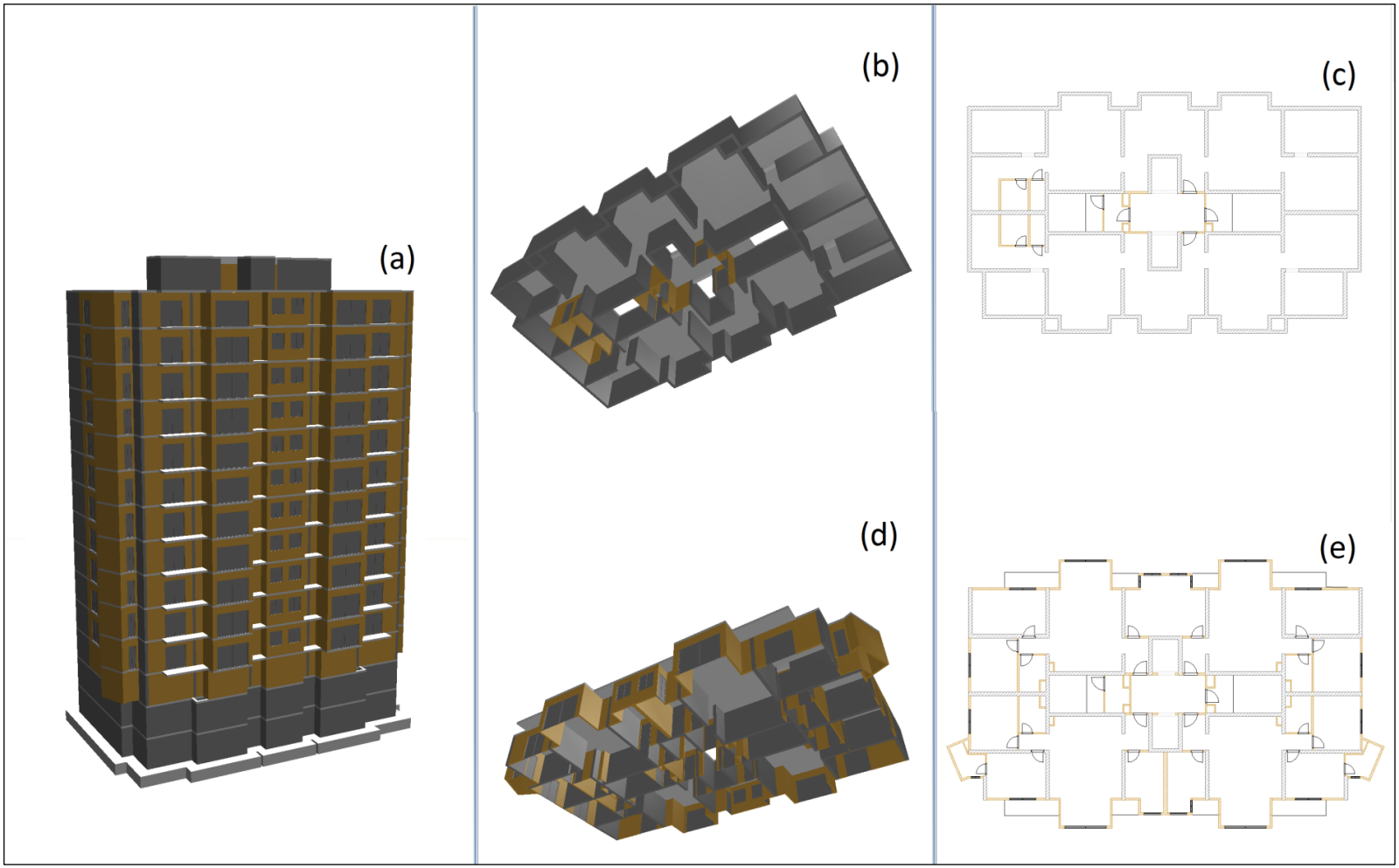
Şekil A.39: Bina B6-1 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



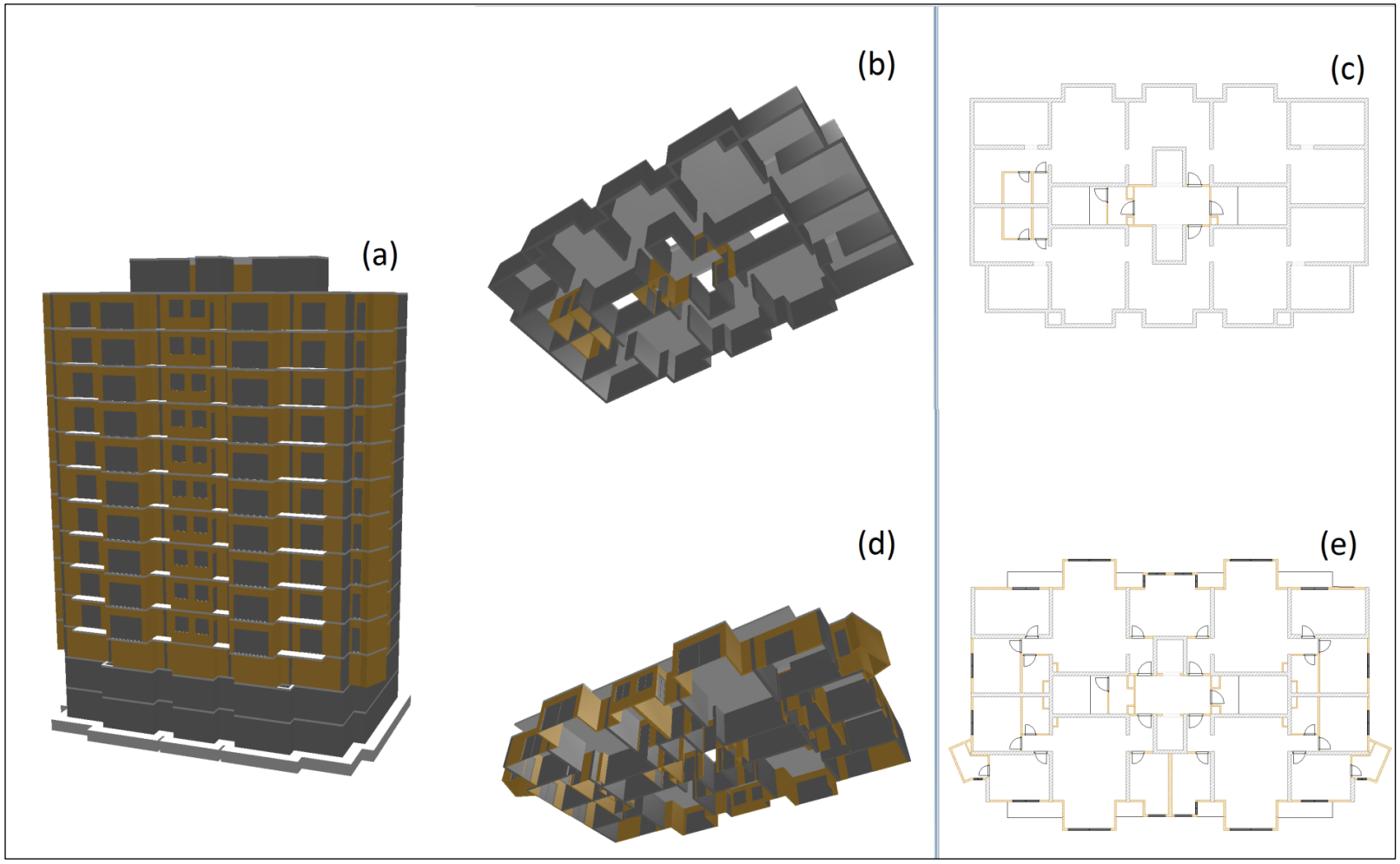
Şekil A.40: Bina B6-2 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



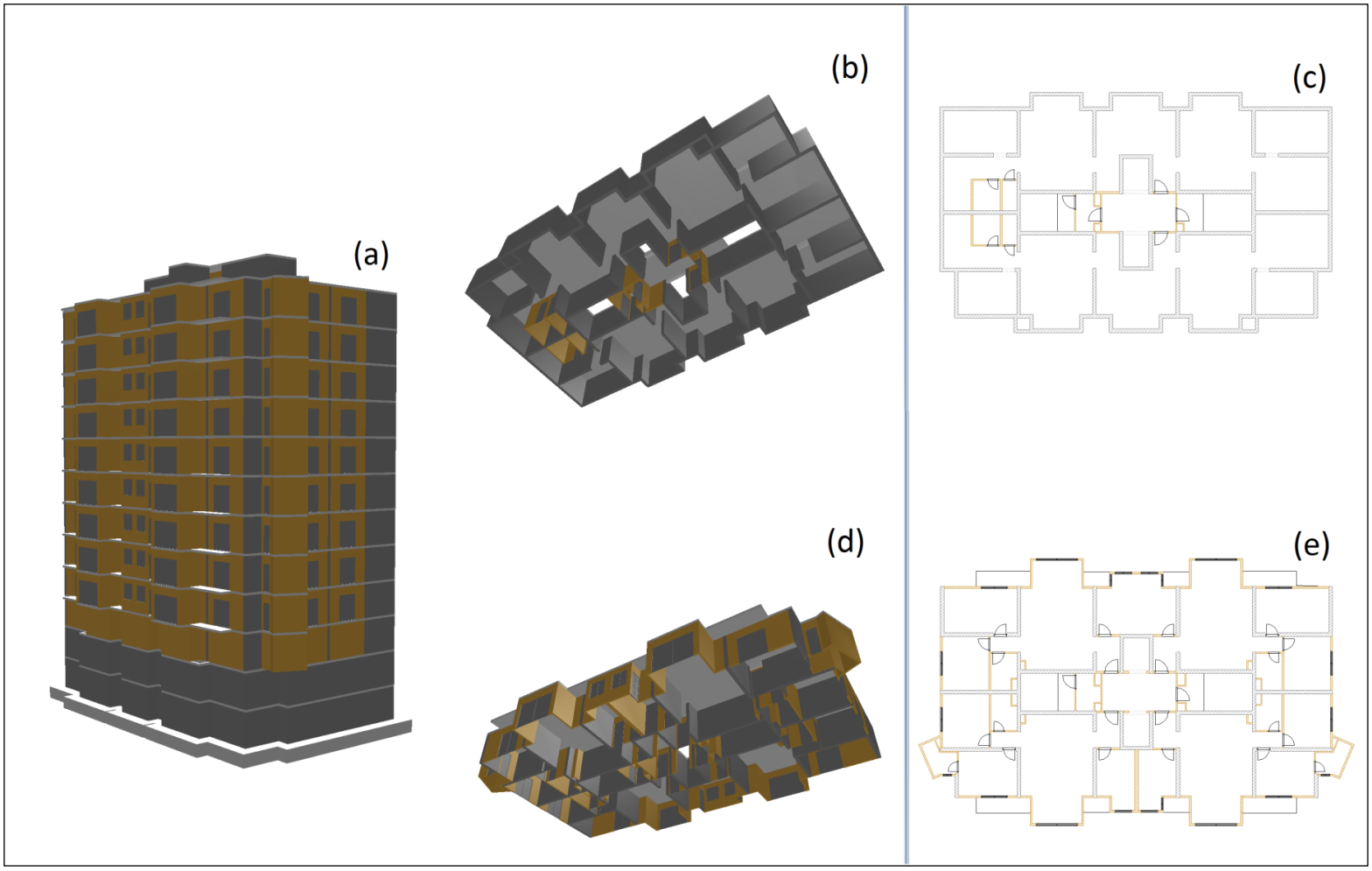
Şekil A.41: Bina B6-3 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



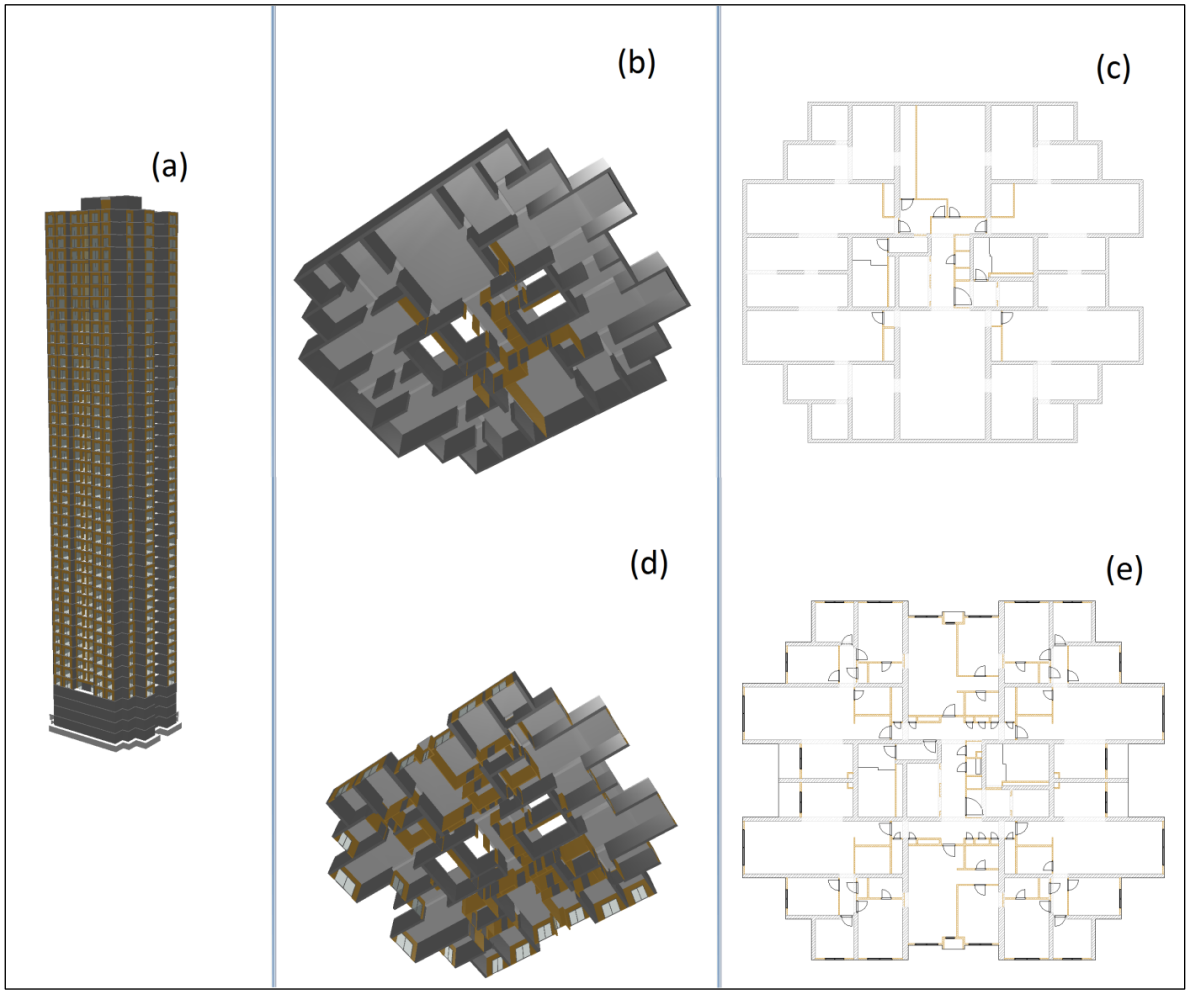
Şekil A.42: Bina B6-4 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



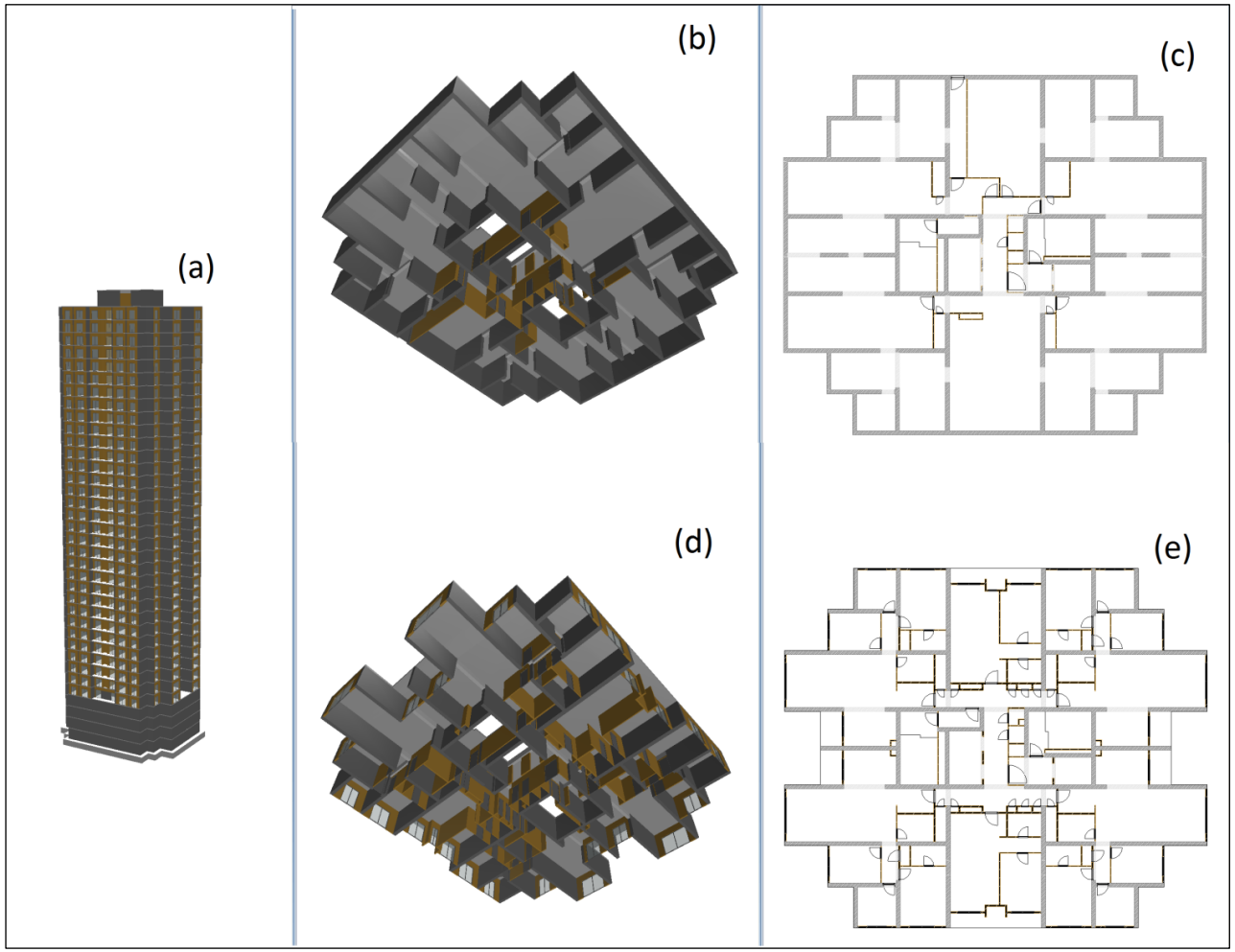
Şekil A.43: Bina B6-5 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



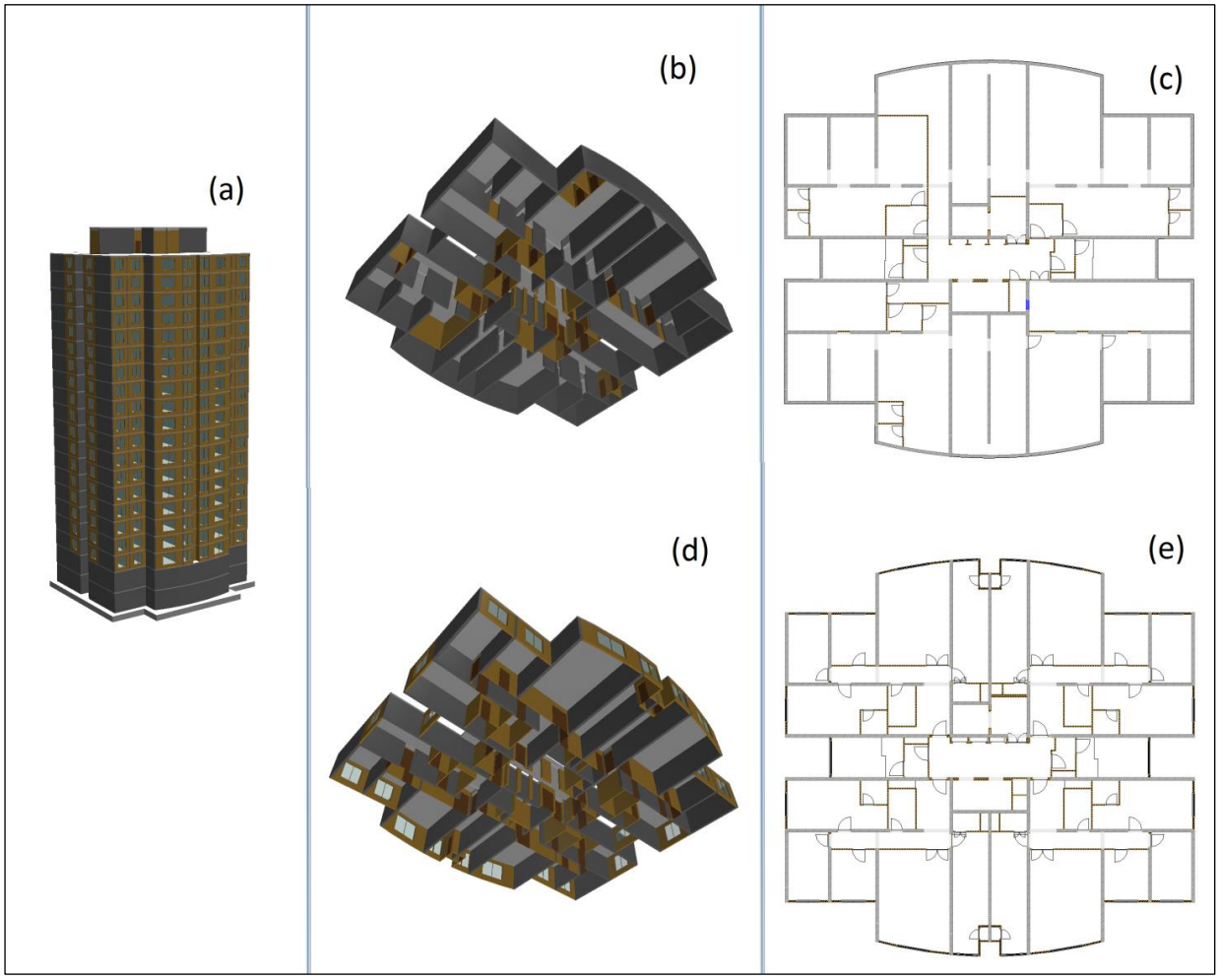
Şekil A.44: Bina B6-6 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



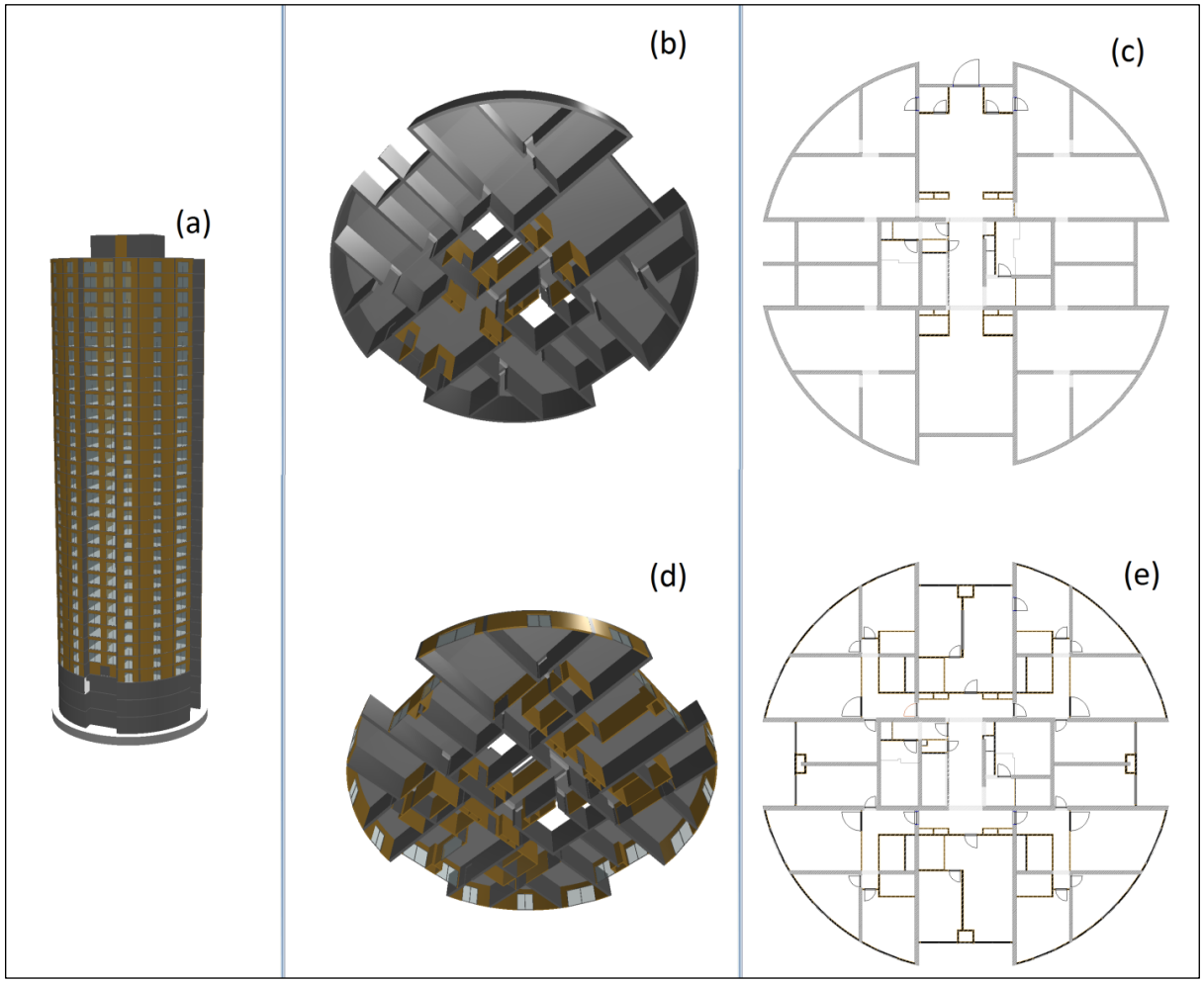
Şekil A.45: Bina A7-1 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



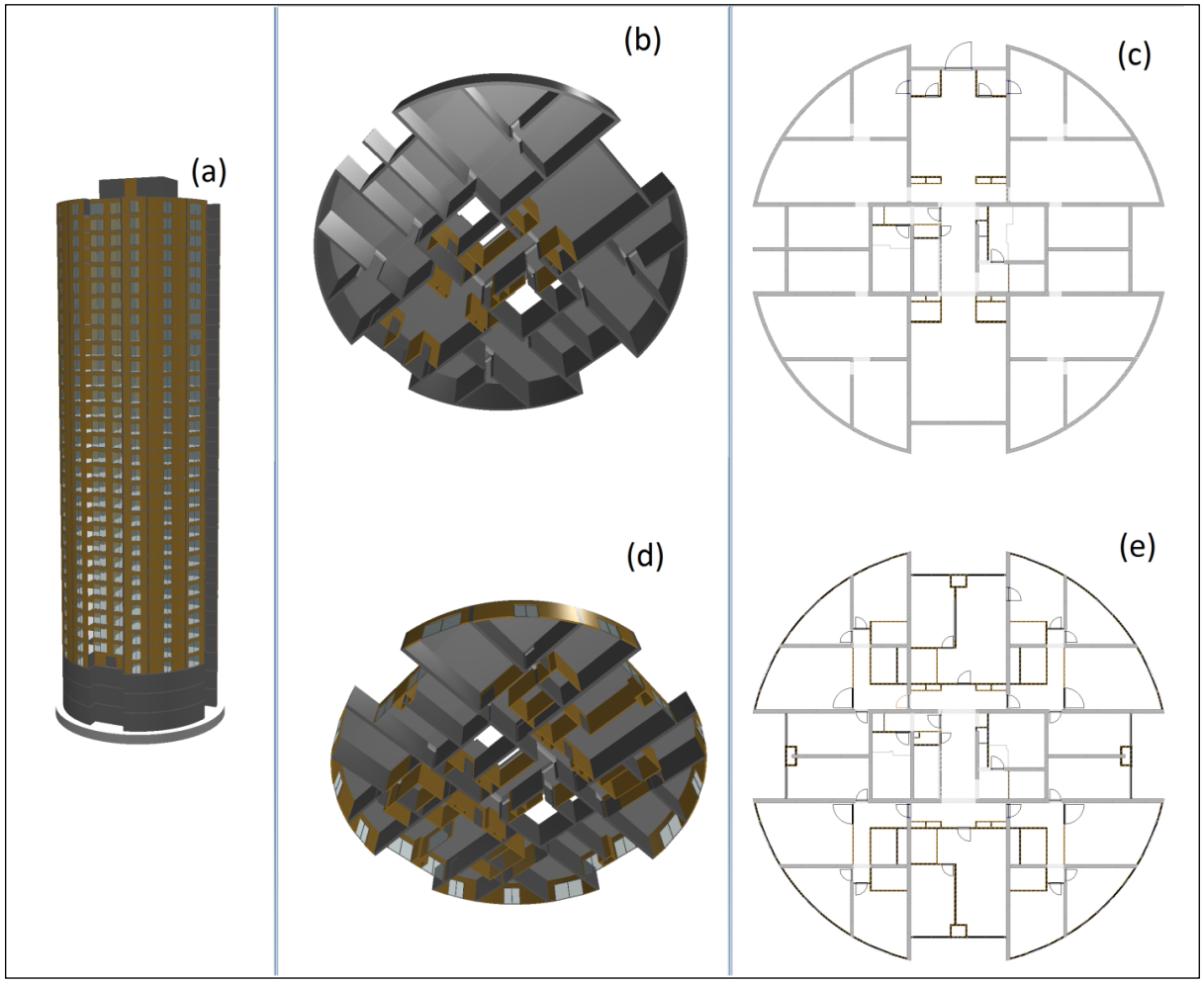
Şekil A.46: Bina B7-1 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



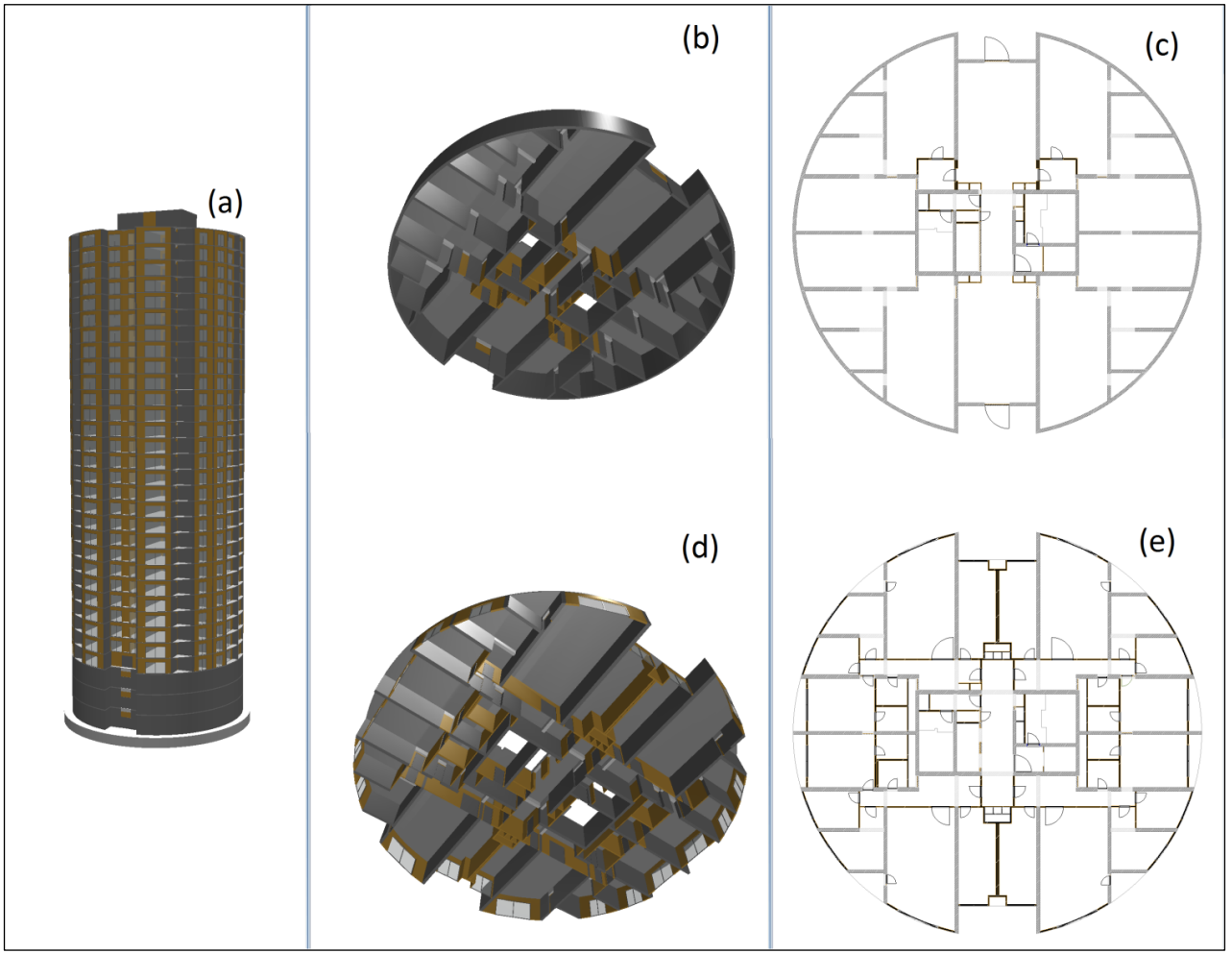
Şekil A.47: Bina A8-1 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



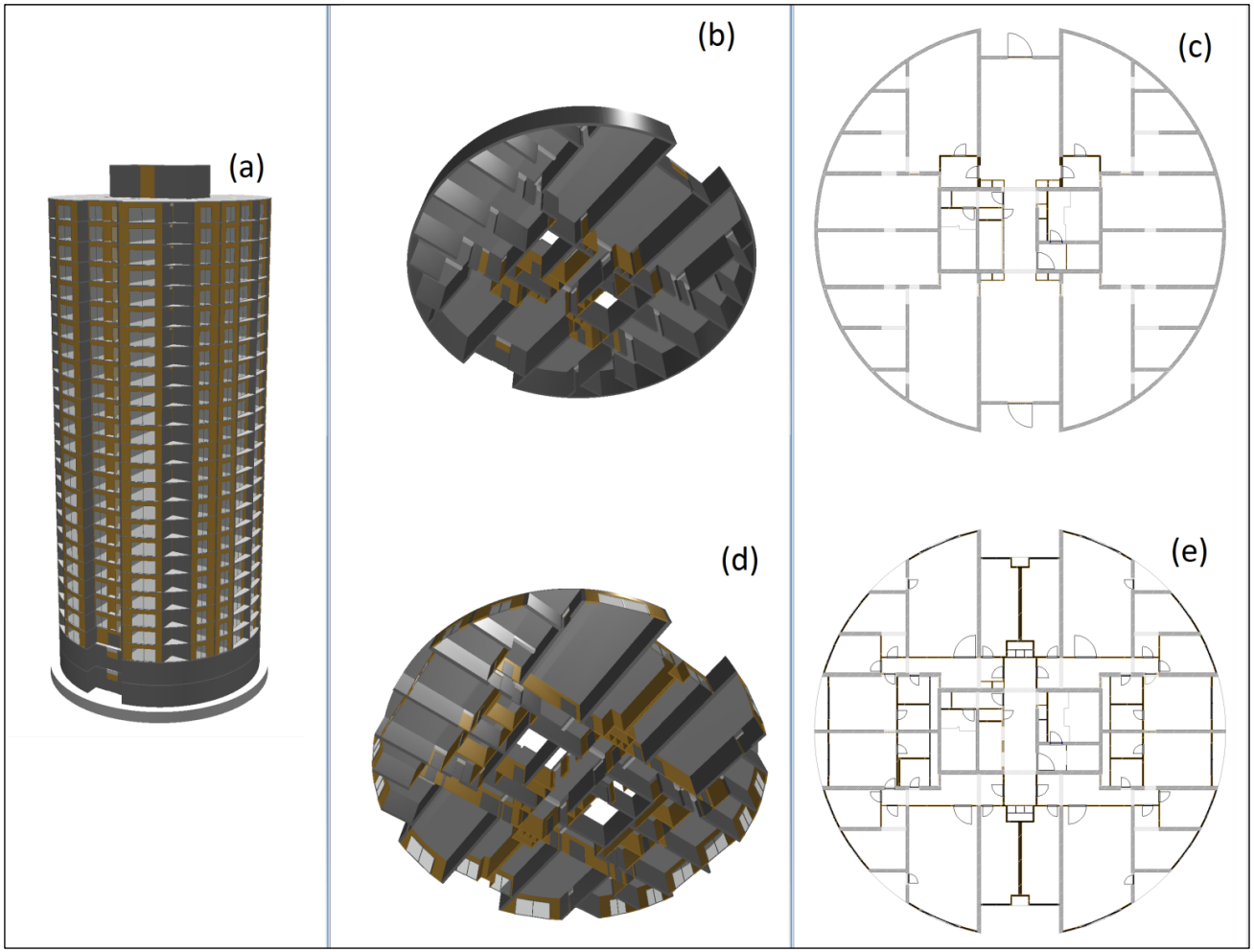
Şekil A.48: Bina D9-1 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



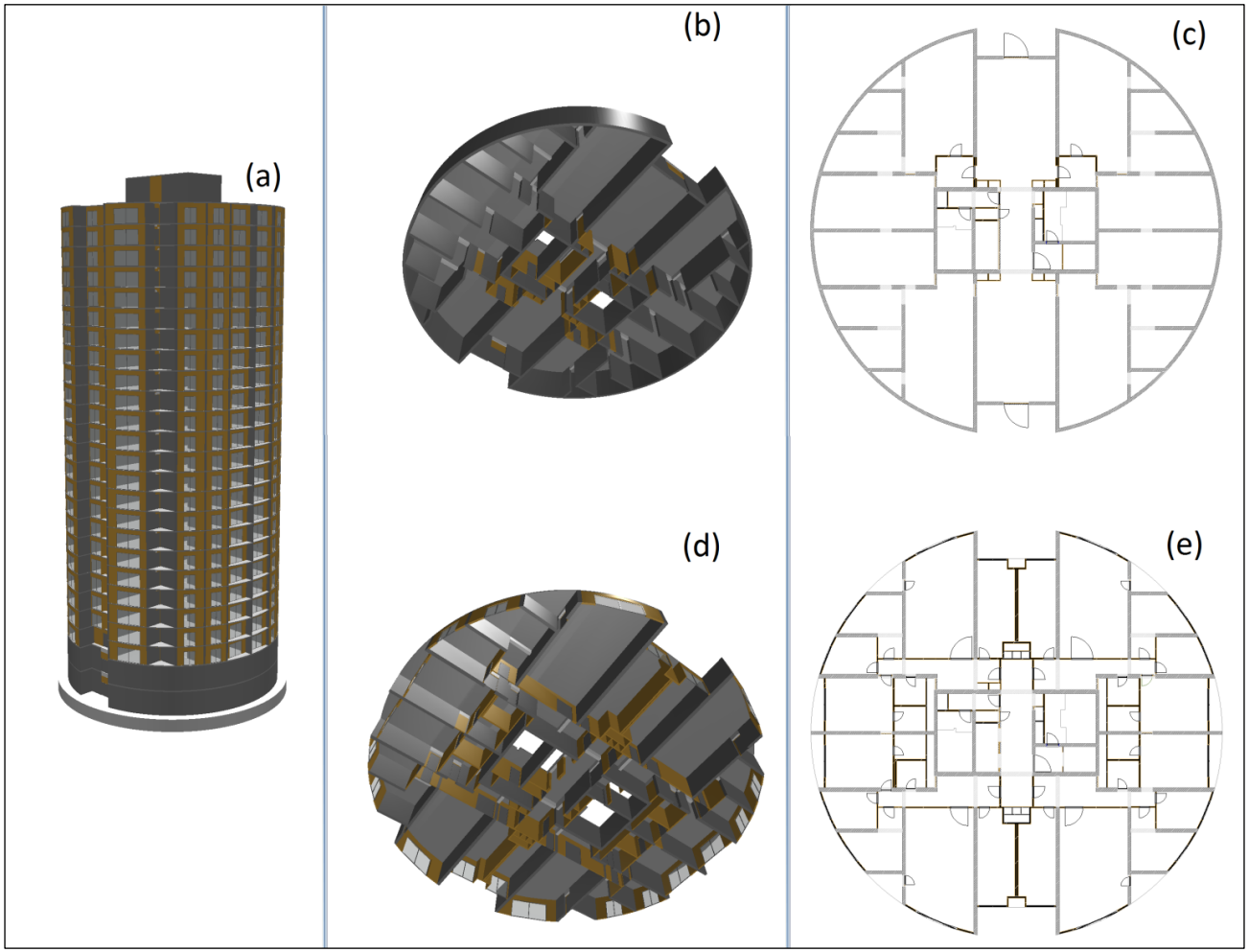
Şekil A.49: Bina D9-2 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



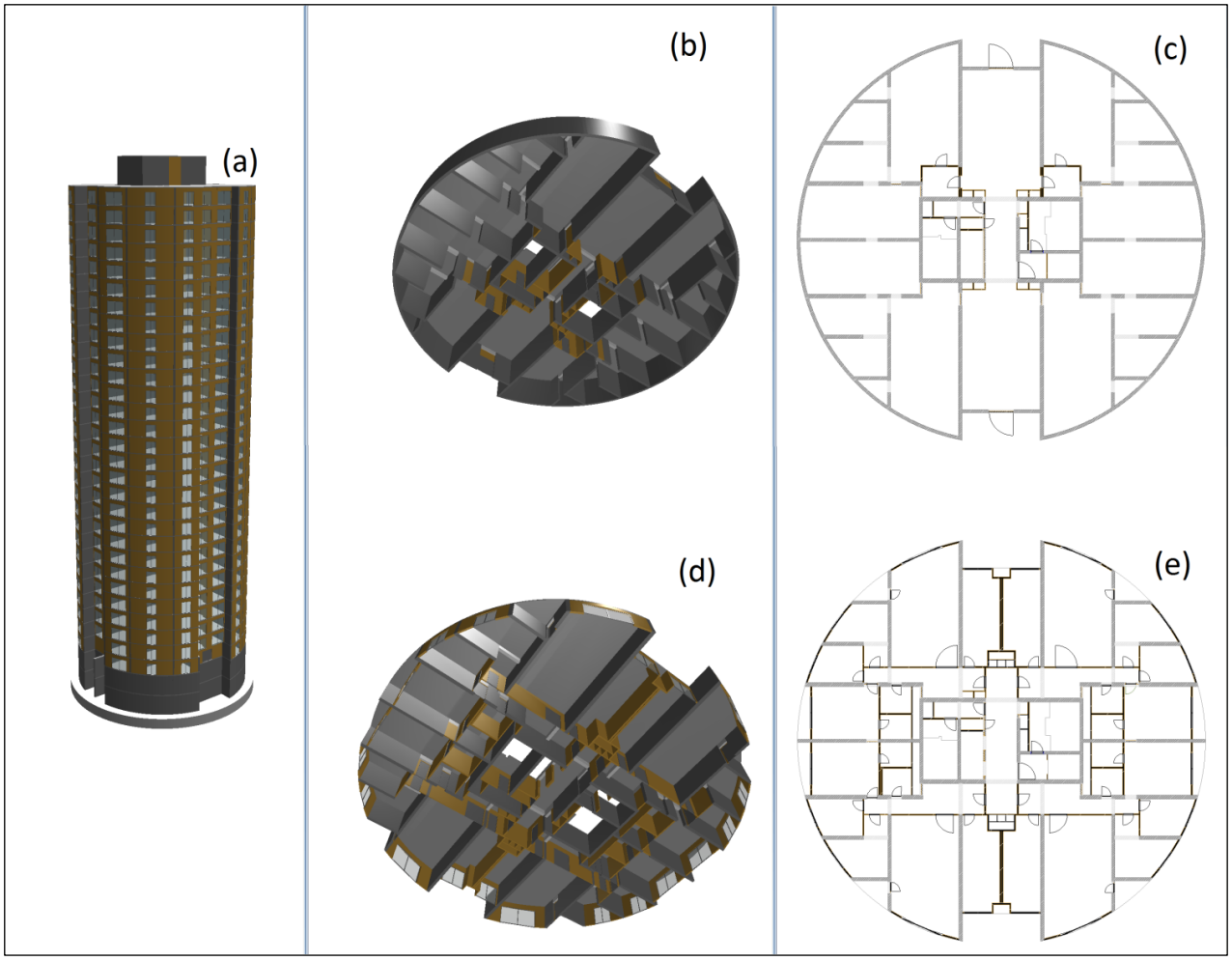
Şekil A.50: Bina D9-3 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



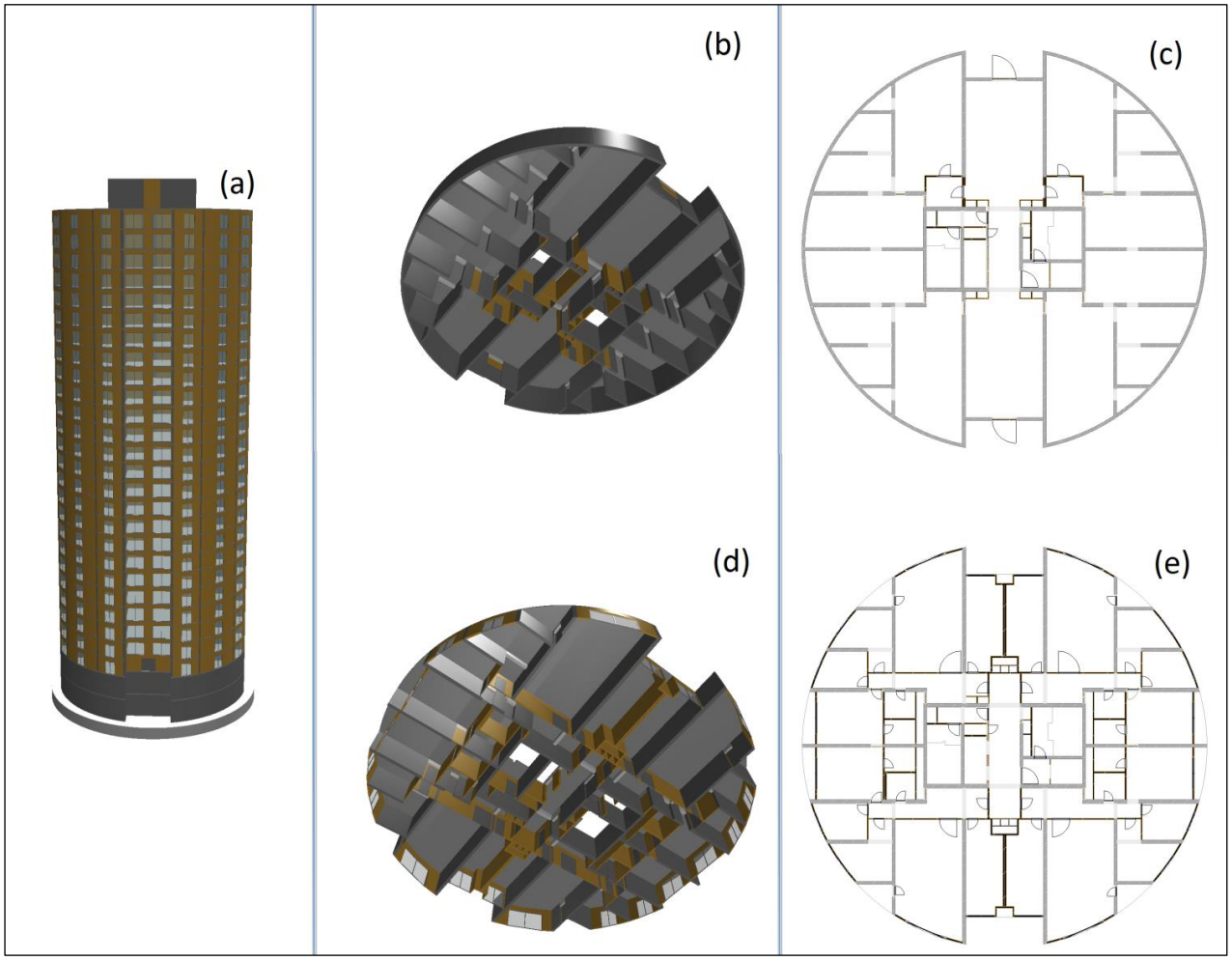
Şekil A.51: Bina D9-4 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



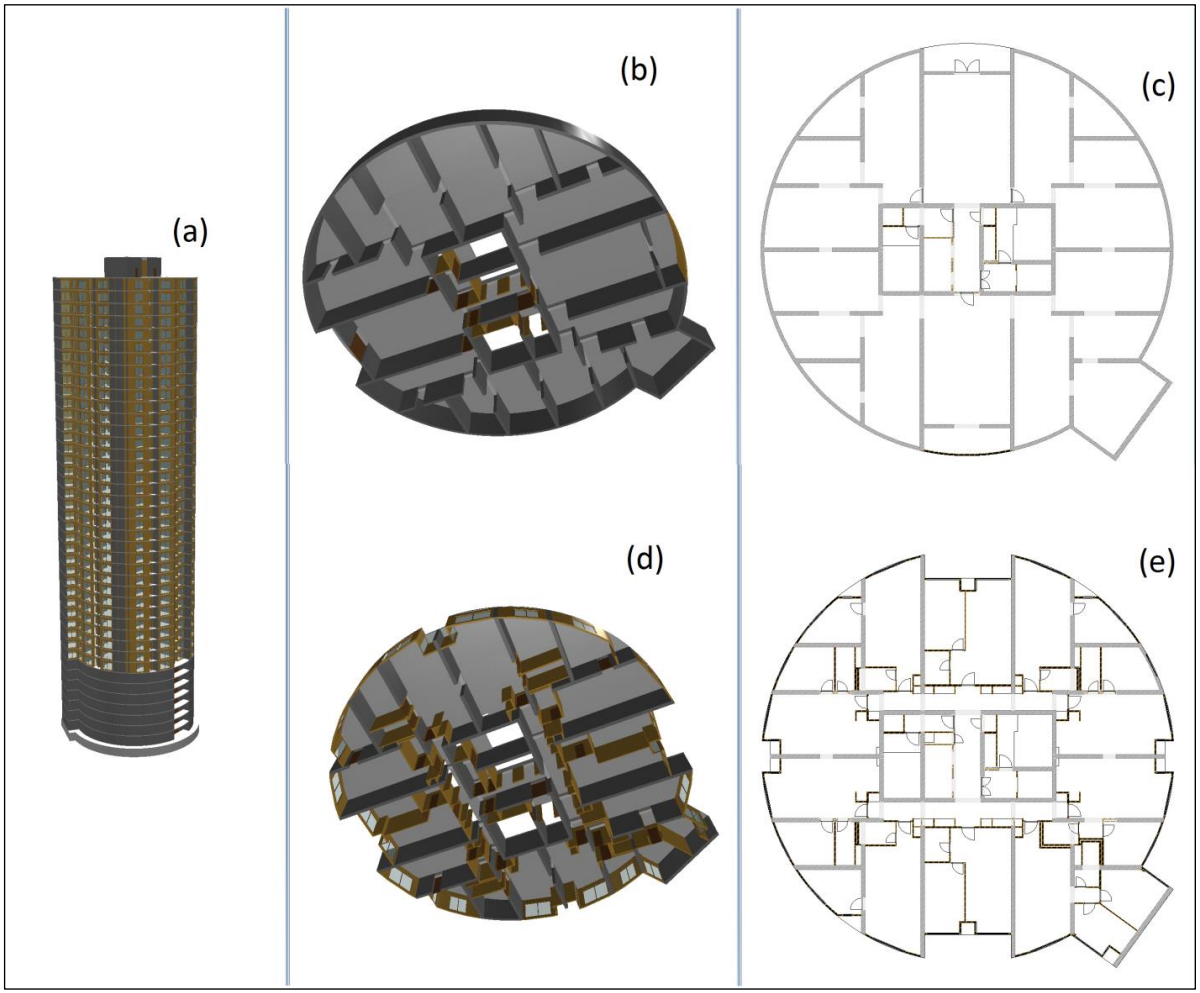
Şekil A.52: Bina D9-5 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



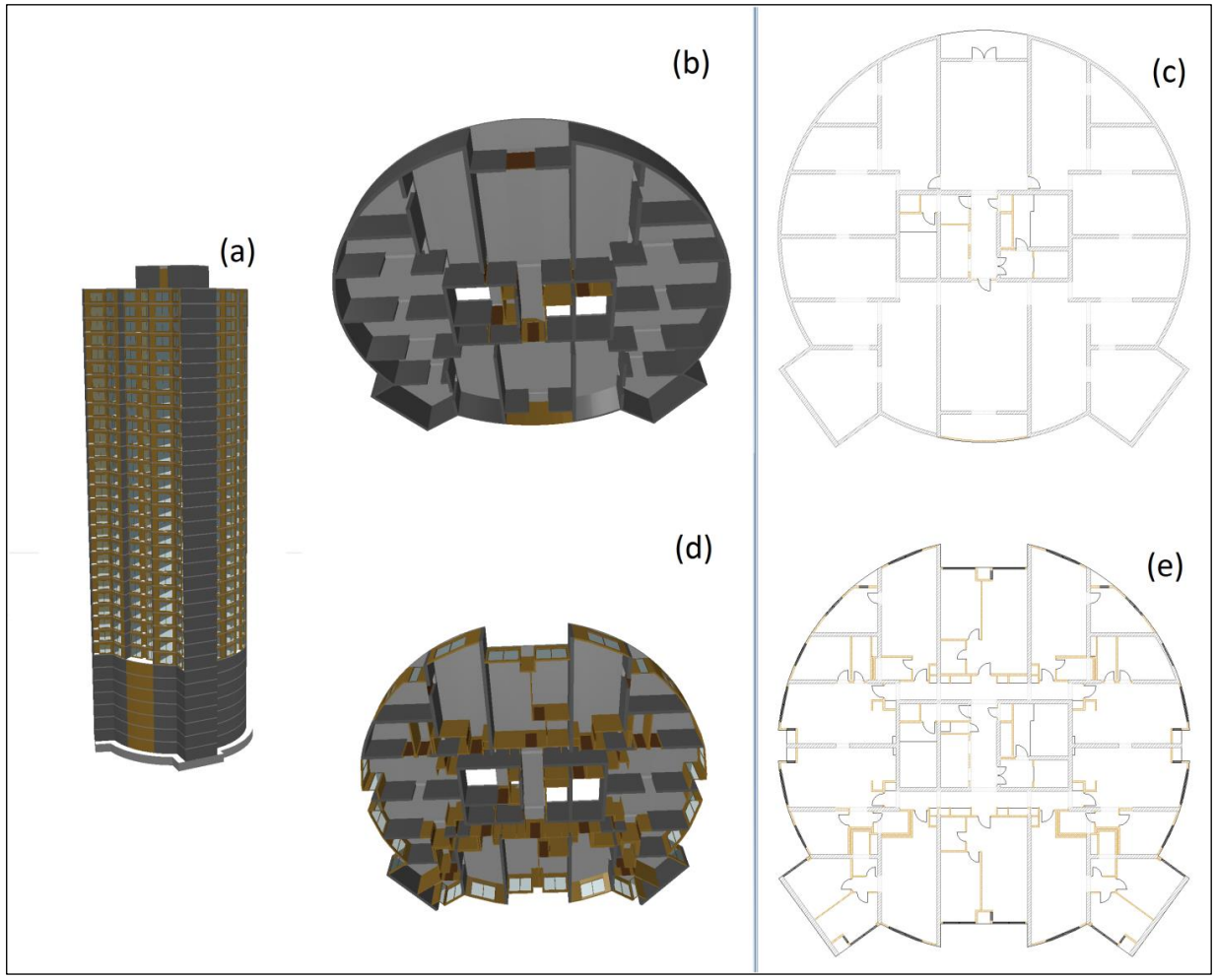
Şekil A.53: Bina D9-6 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



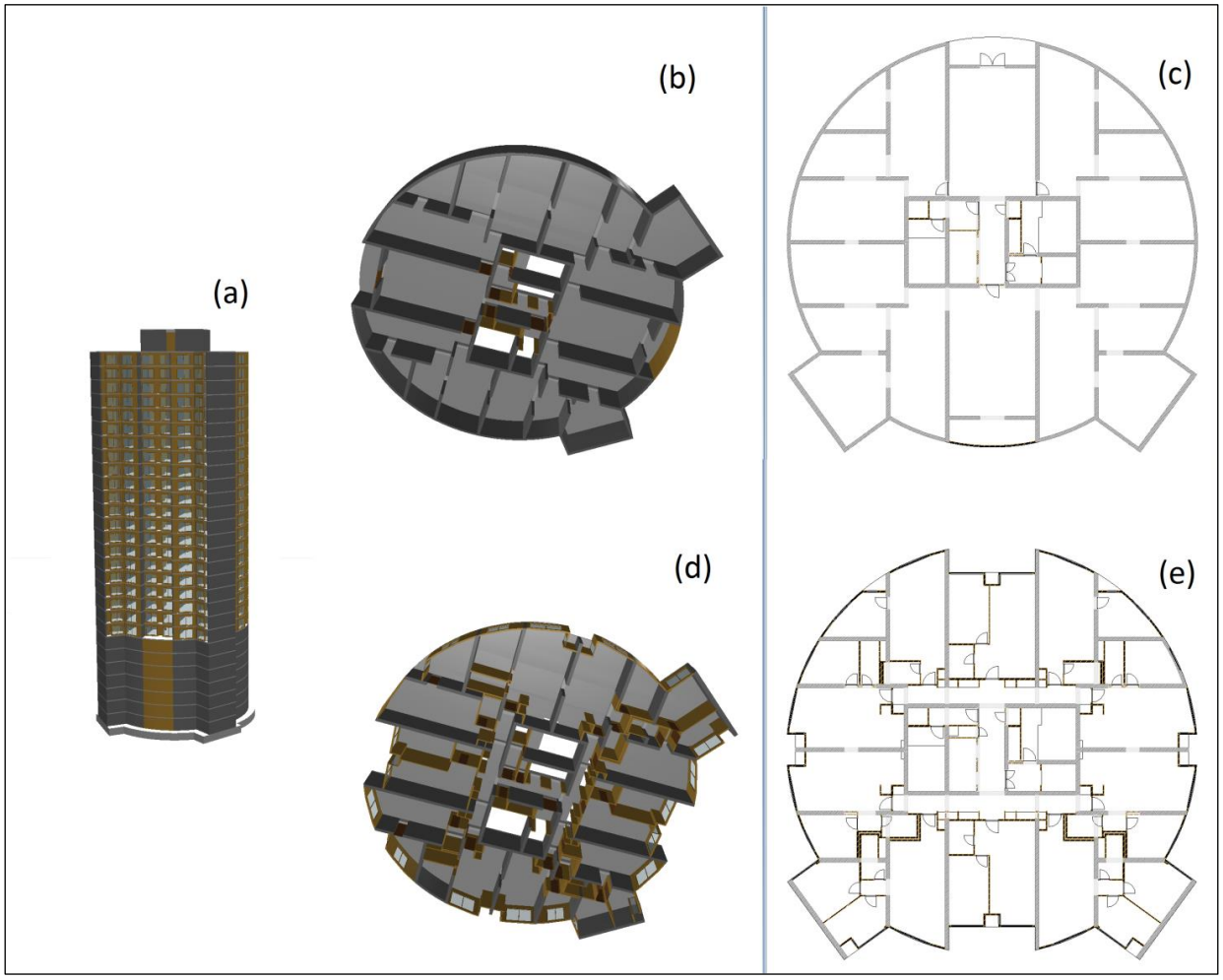
Şekil A.54: Bina D9-7 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



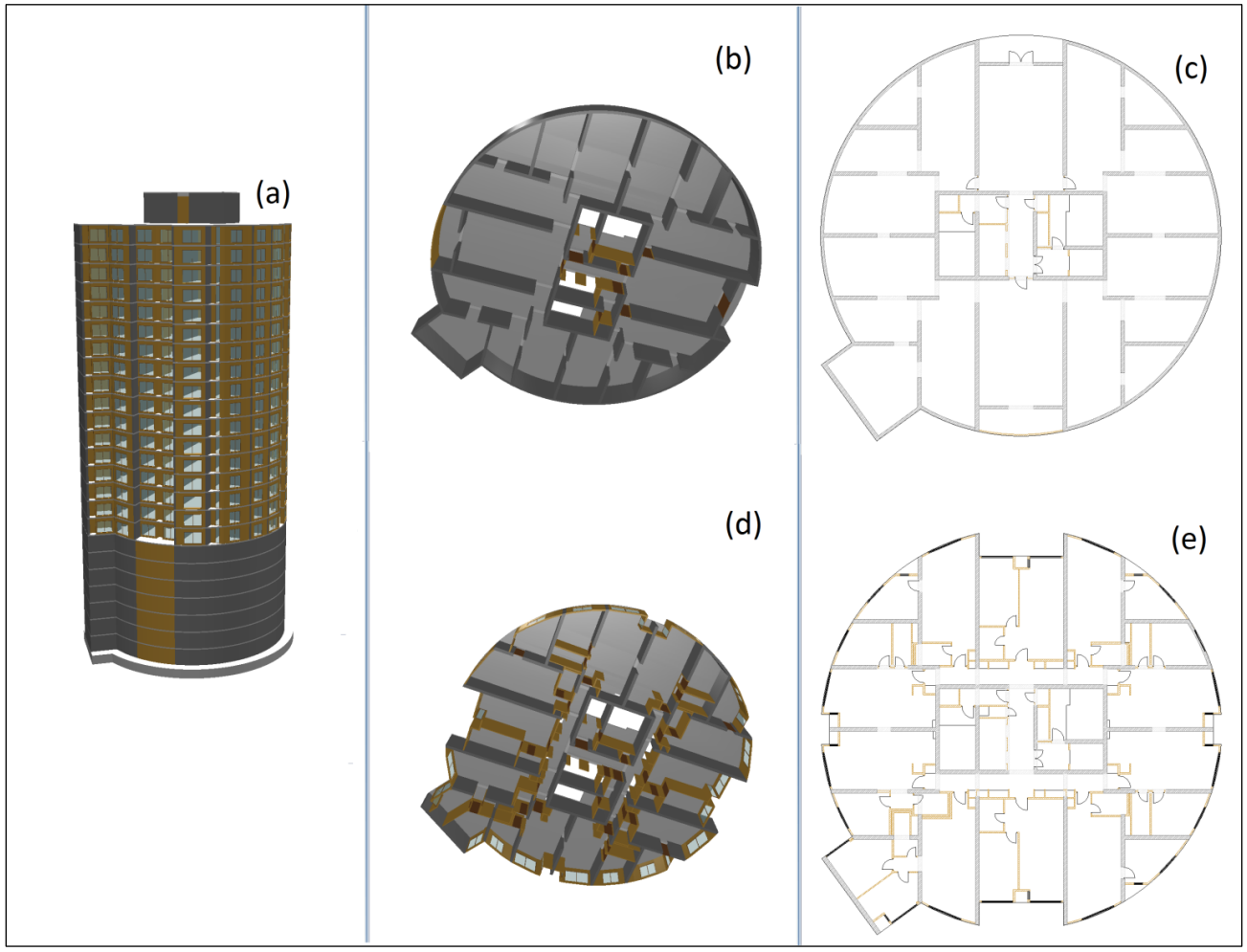
Şekil A.55: Bina C9-1 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



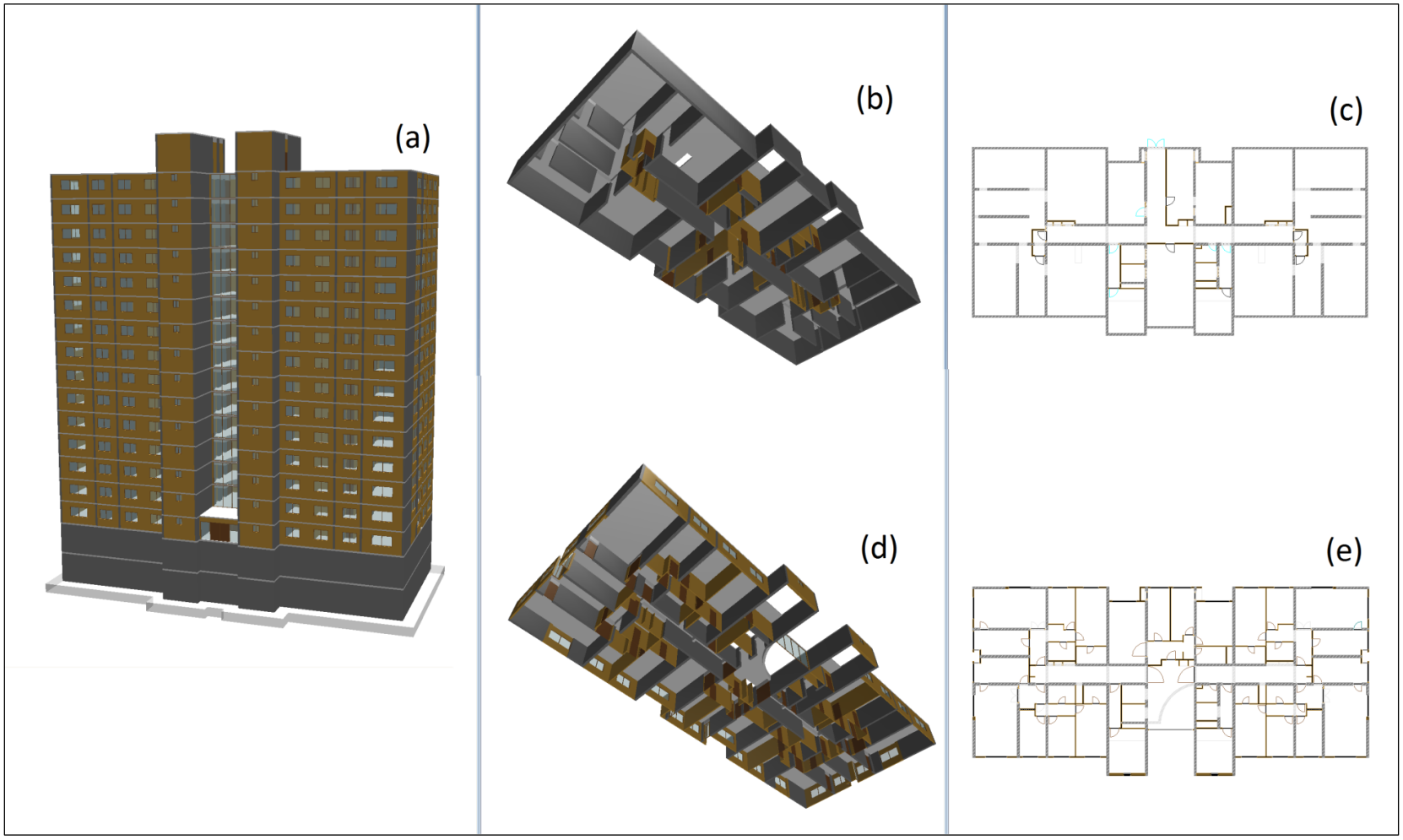
Şekil A.56: Bina C9-2 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



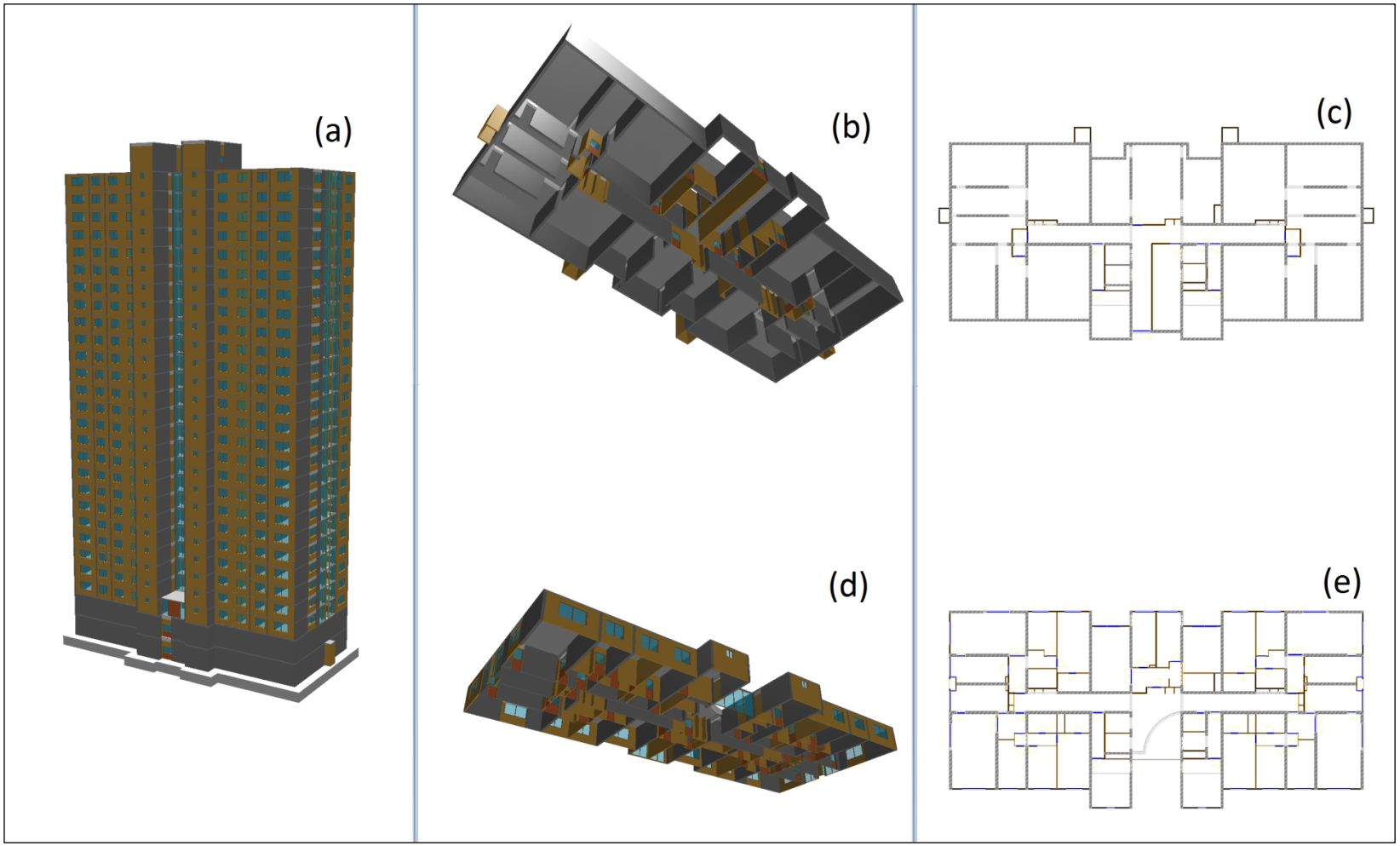
Şekil A.57: Bina C9-3 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



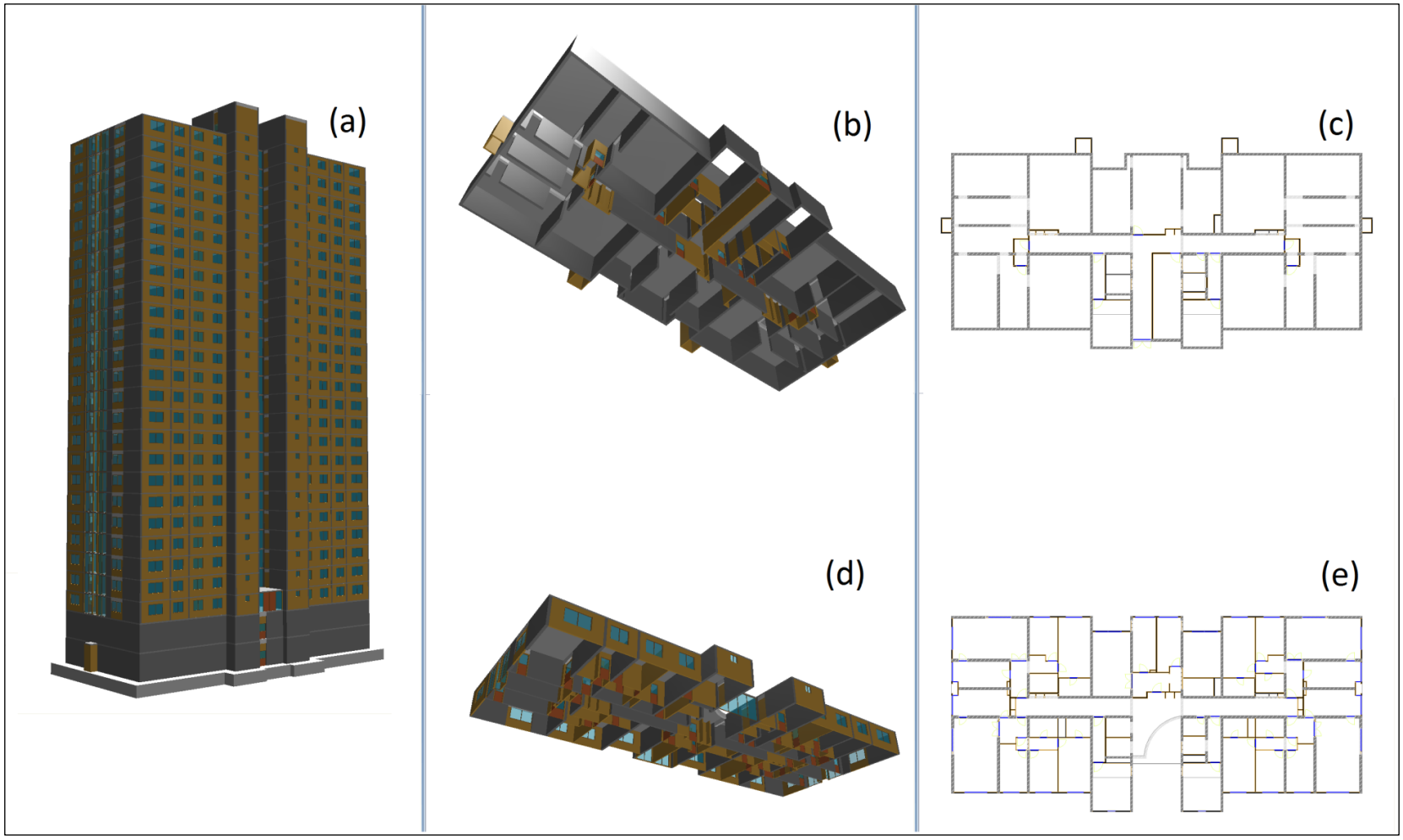
Şekil A.58: Bina C9-4 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



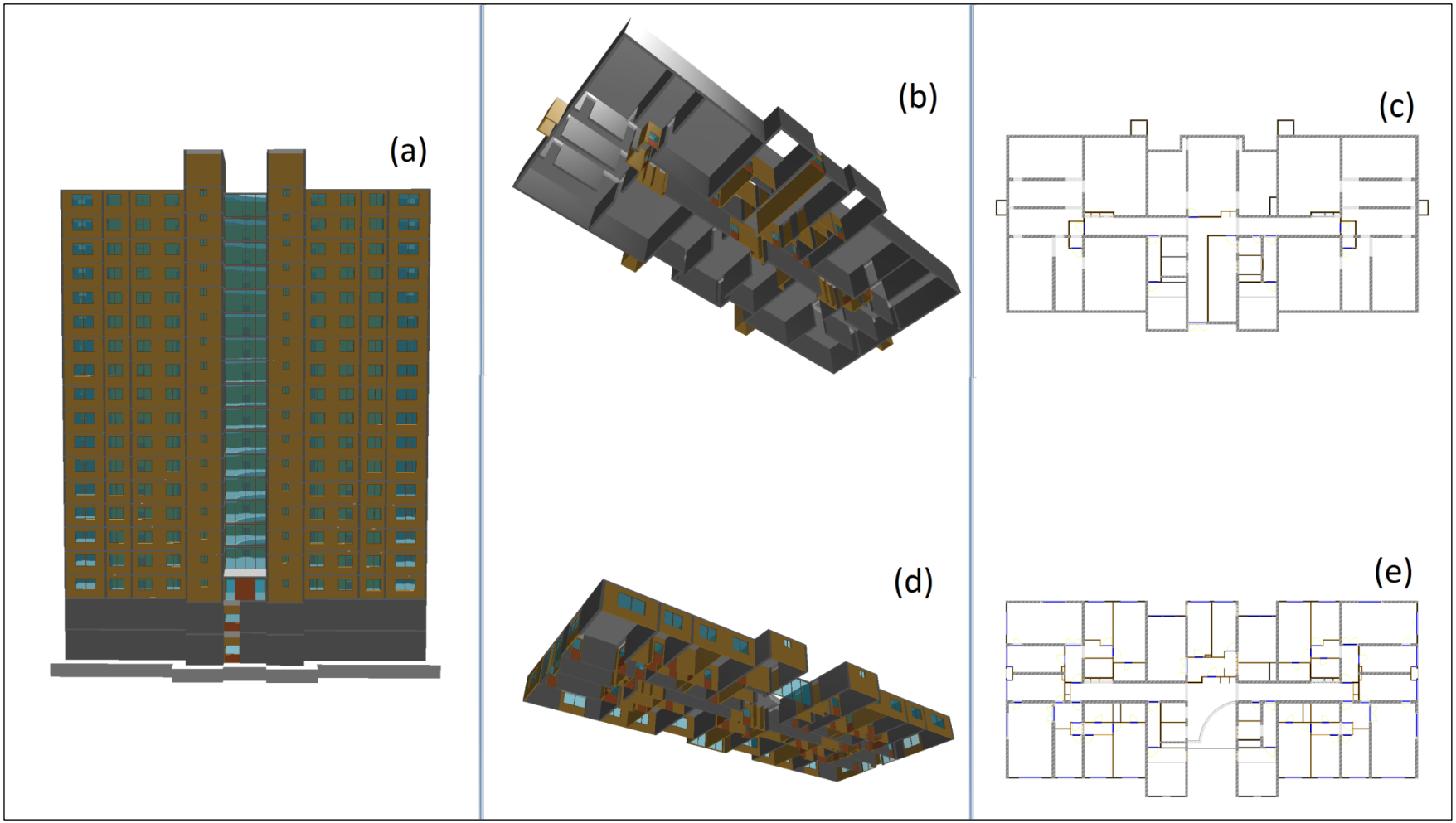
Şekil A.59: Bina B9-1 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



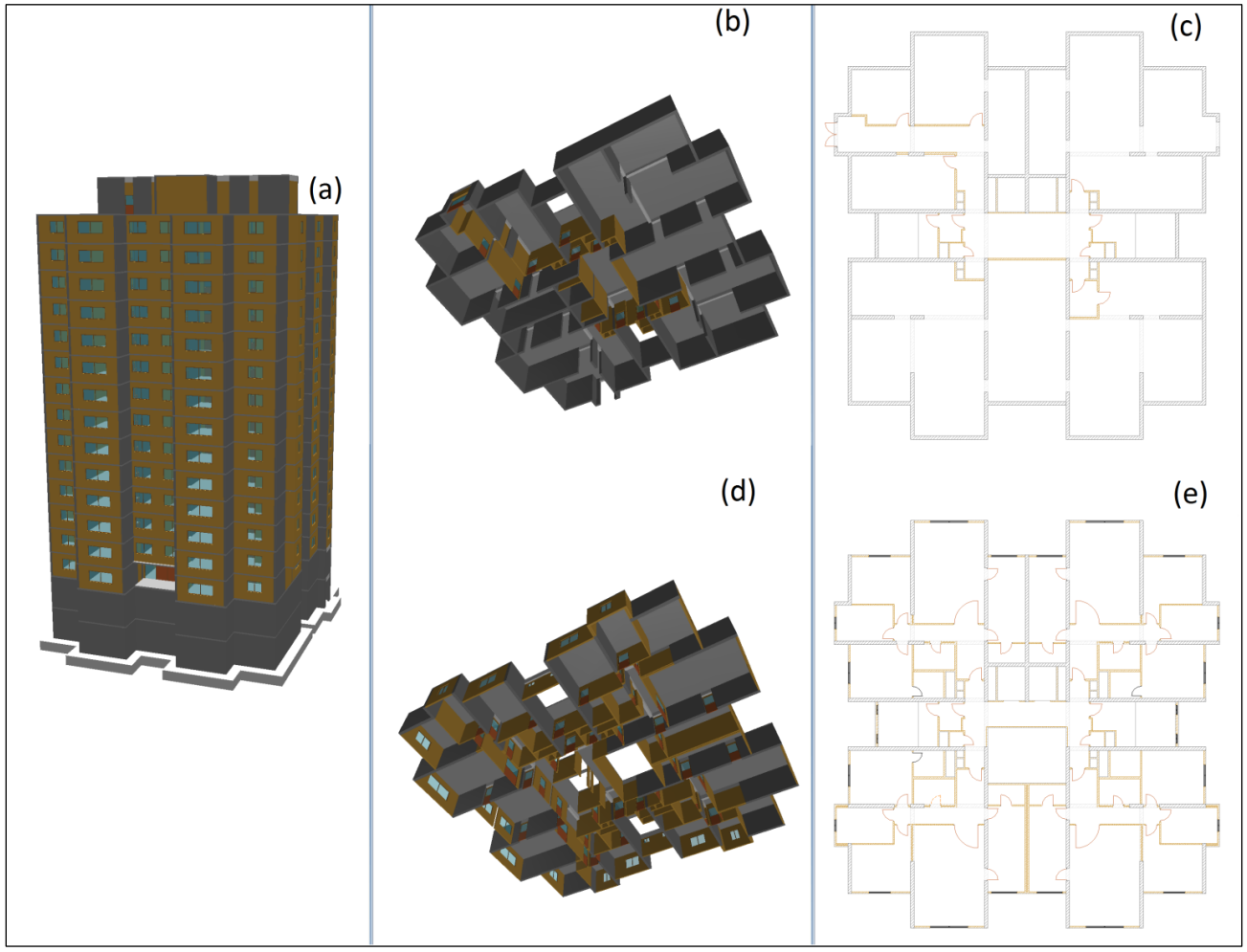
Şekil A.60: Bina B9-2 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



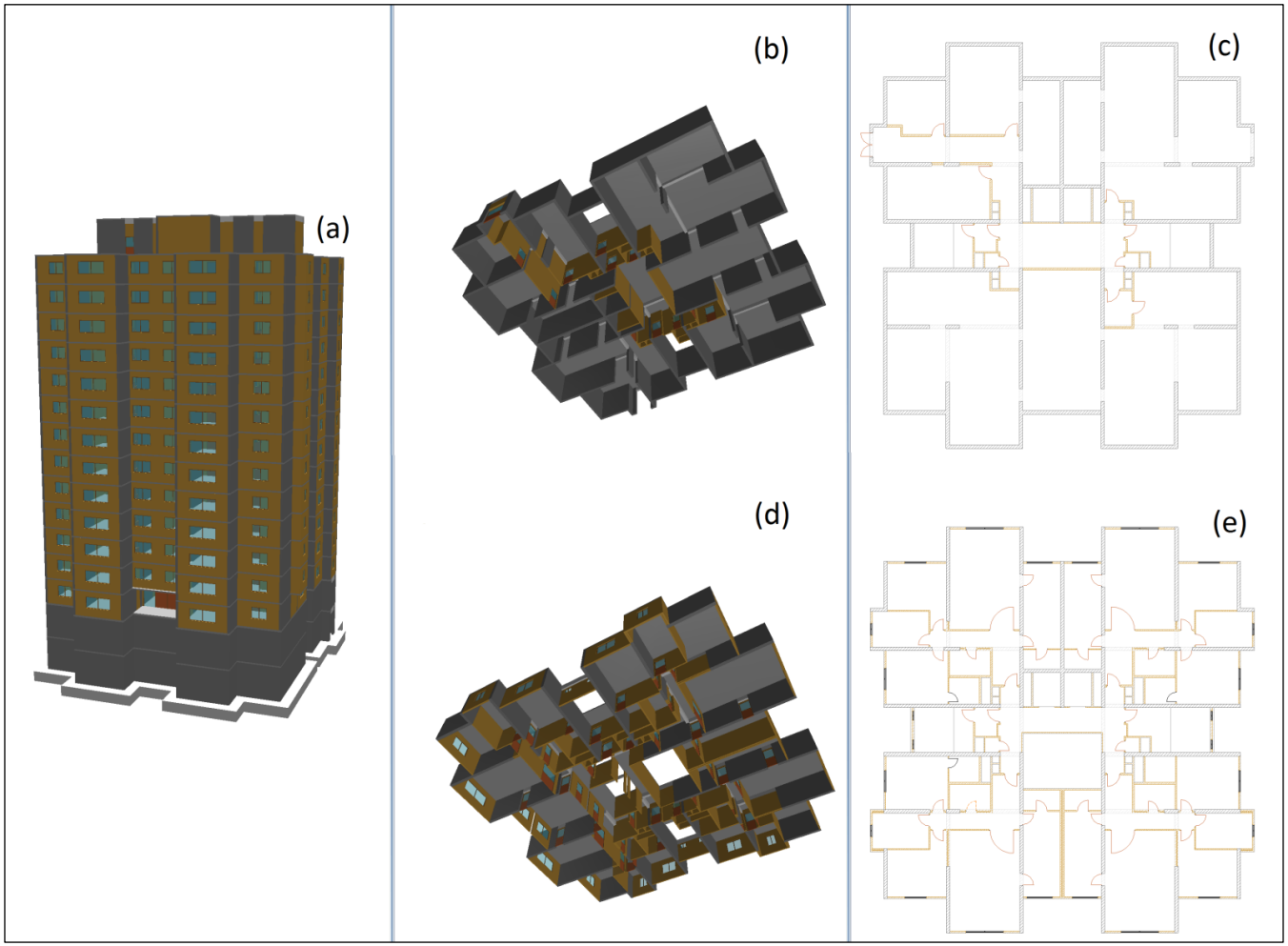
Şekil A.61: Bina B9-3 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



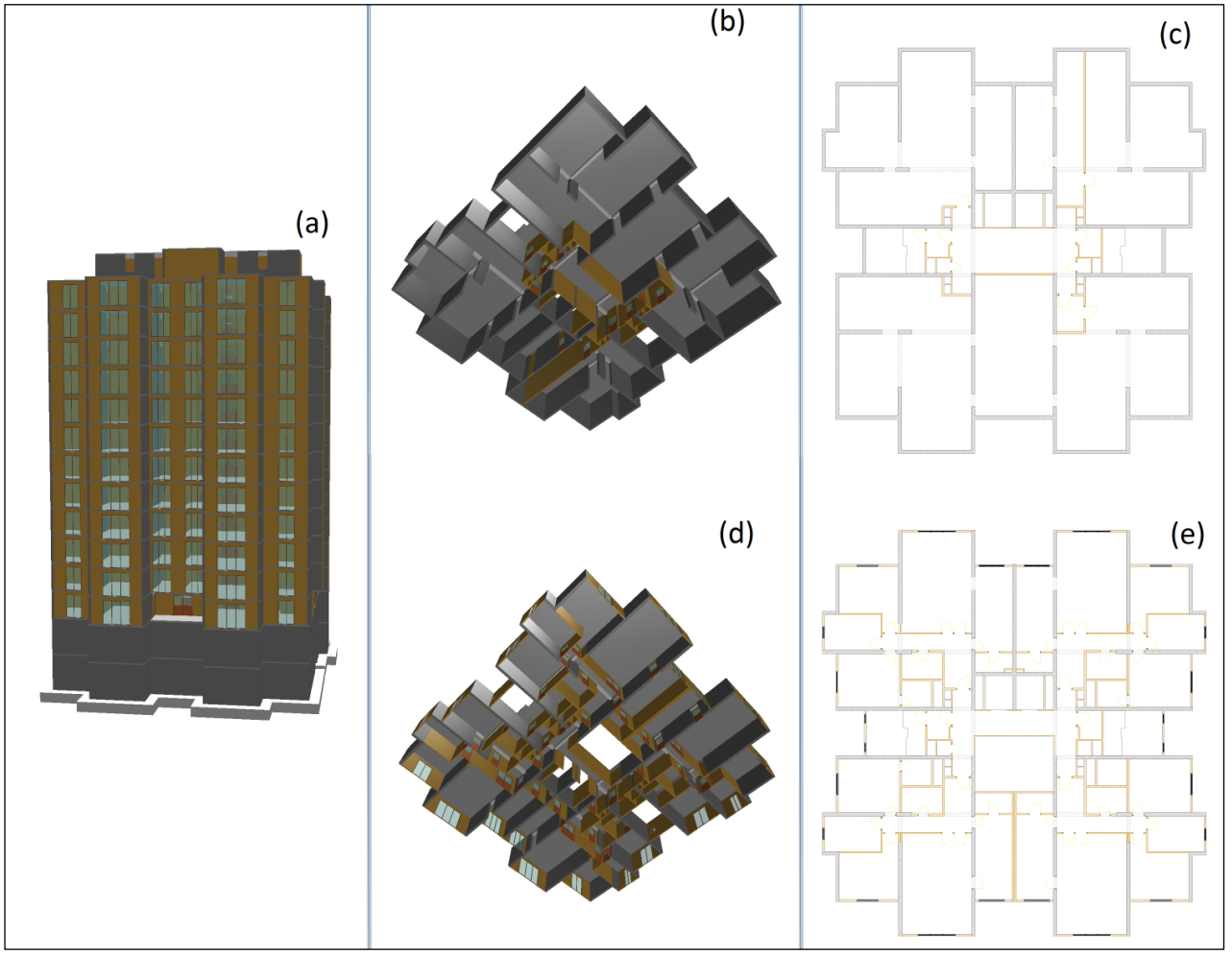
Şekil A.62: Bina B9-4 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



Şekil A.63: Bina E9-1 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



Şekil A.64: Bina E9-2 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.



Şekil A.65: Bina E9-3 (a)Görünüş. (b)Bodrum kat kesiti. (c)Bodrum kat planı. (d) Normal kat kesiti. (e)Normal kat planı.

EK B: Binalara ait genel büyüklükler

Çizelge B.1 : Bina kat sayıları ve bina yükseklikleri.

Bina	Kat sayıları					Bina yükseklikleri		
	Bodrum (Adet)	Zemin (Adet)	Normal (Adet)	Son Kat (Adet)	Toplam (Adet)	Temel kalınlığı (m)	Zemin kattan (m)	Temel altından (m)
A1-1	1	1	14	1	17	1,00	46,20	50,00
A1-2	1	1	13	1	16	1,00	43,40	47,20
B1-1	1	1	15	1	18	1,10	47,60	51,50
B1-2	1	1	14	1	17	1,10	44,80	48,70
B1-3	1	1	16	1	19	1,10	50,40	54,30
C1-1	1	1	15	1	18	1,10	49,00	52,90
C1-2	1	1	16	1	19	1,10	51,80	55,70
C1-3	1	1	14	1	17	1,10	46,20	50,10
A2-1	2	1	18	1	22	1,30	60,70	68,00
A2-2	2	1	19	1	23	1,30	63,70	71,00
B2-1	1	1	19	1	22	1,30	63,70	68,00
B2-2	1	1	18	1	21	1,30	60,70	65,00
B2-3	1	1	17	1	20	1,30	57,70	62,00
C2-1	1	1	13	1	16	1,00	45,70	49,70
A3-1	3	1	31	1	36	2,00	99,70	110,70
A3-2	4	1	31	1	37	2,00	99,70	113,70
A3-3	4	1	30	1	36	2,00	96,70	110,70
A3-4	3	1	30	1	35	2,00	96,70	107,70
B3-1	3	1	25	1	30	1,80	82,60	95,65
B3-2	3	1	23	1	28	1,80	76,60	89,65
B3-3	3	1	20	1	25	1,80	67,60	80,65
C3-1	4	1	29	1	35	2,00	94,65	108,65
C3-2	3	1	28	1	33	2,00	91,65	102,65
C3-3	3	1	29	1	34	2,00	94,65	105,65
C3-4	4	1	28	1	34	2,00	91,65	105,65
A4-1	5	1	33	1	40	2,00	109,95	127,45
B4-1	5	1	33	1	40	2,00	109,95	127,45
B5-1	3	1	30	1	35	1,60	100,65	111,55
C5-1	4	1	32	1	38	1,65	106,85	120,90
C5-2	3	1	32	1	37	1,65	106,85	117,80
C5-3	3	1	33	1	38	1,65	109,95	120,90
C5-4	4	1	33	1	39	1,65	109,95	124,00
D5-1	4	1	29	1	35	1,65	97,55	111,60

Çizelge B.1 (devam) : Bina kat sayıları ve bina yükseklikleri.

Bina	Kat sayıları					Bina yükseklikleri		
	Bodrum (Adet)	Zemin (Adet)	Normal (Adet)	Son Kat (Adet)	Toplam (Adet)	Temel kalınlığı (m)	Zemin kattan (m)	Temel altından (m)
D5-2	4	1	30	1	36	1,65	100,65	114,70
D5-3	4	1	32	1	38	1,65	106,85	120,90
A6-1	2	1	12	1	16	1,00	39,20	45,80
A6-2	2	1	11	1	15	1,00	36,40	43,00
A6-3	2	1	10	1	14	1,00	33,60	40,20
B6-1	1	1	8	1	11	1,00	28,00	31,80
B6-2	1	1	7	1	10	1,00	25,20	29,00
B6-3	1	1	6	1	9	1,00	22,40	[EA] 26,20
B6-4	2	1	11	1	15	1,00	36,40	43,00
B6-5	2	1	10	1	14	1,00	33,60	40,20
B6-6	2	1	9	1	13	1,00	30,80	37,40
A7-1	4	1	41	1	47	1,70	129,90	143,60
B7-1	4	1	31	1	37	1,50	99,90	113,40
A8-1	2	1	17	1	21	1,00	55,24	63,24
D9-1	3	1	29	1	34	1,85	88,65	101,75
D9-2	3	1	30	1	35	1,85	91,45	104,55
D9-3	3	1	27	1	32	1,85	83,05	96,15
D9-4	2	1	23	1	27	1,85	71,85	81,20
D9-5	2	1	22	1	26	1,85	69,05	78,40
D9-6	2	1	28	1	32	1,85	85,85	95,20
D9-7	2	1	24	1	28	1,85	74,65	84,00
C9-1	7	1	33	1	42	2,30	99,85	121,75
C9-2	7	1	26	1	35	1,85	80,25	101,70
C9-3	7	1	20	1	29	1,60	63,45	84,65
C9-4	7	1	16	1	25	1,50	52,25	73,35
B9-1	2	1	14	1	18	1,10	46,20	54,80
B9-2	2	1	24	1	28	1,60	74,20	83,30
B9-3	2	1	23	1	27	1,60	71,40	80,50
B9-4	2	1	16	1	20	1,60	51,80	60,90
E9-1	2	1	13	1	17	1,10	43,25	51,85
E9-2	2	1	12	1	16	1,10	40,45	49,05
E9-3	2	1	11	1	15	1,00	37,65	46,15

Çizelge B.2 : Binaların inşaat alanları.

Bina	Brüt inşaat alanları					Kat plan şekilleri
	Toplam (m^2)	Bodrum Kat (m^2)	Zemin Kat (m^2)	Normal Kat (m^2)	Son Kat (m^2)	
A1-1	13.993,79	844,48	848,92	848,92	415,51	Dörtgen
A1-2	13.144,87	844,48	848,92	848,92	415,51	Dörtgen
B1-1	7.792,15	455,18	455,18	455,18	54,09	Dörtgen
B1-2	7.336,97	455,18	455,18	455,18	54,09	Dörtgen
B1-3	8.247,33	455,18	455,18	455,18	54,09	Dörtgen
C1-1	12.019,96	679,79	685,43	685,43	373,29	Dörtgen
C1-2	12.705,39	679,79	685,43	685,43	373,29	Dörtgen
C1-3	11.334,53	679,79	685,43	685,43	373,29	Dörtgen
A2-1	14.039,01	664,46	664,46	664,46	85,35	Dörtgen
A2-2	14.703,47	664,46	664,46	664,46	85,35	Dörtgen
B2-1	11.846,32	573,43	565,90	558,37	97,96	Dörtgen
B2-2	11.287,95	573,43	565,90	558,37	97,96	Dörtgen
B2-3	10.729,58	573,43	565,90	558,37	97,96	Dörtgen
C2-1	10.616,71	722,72	711,15	701,09	68,67	Dörtgen
A3-1	31.000,25	955,09	859,39	877,09	85,80	Dörtgen
A3-2	31.955,34	955,09	859,39	877,09	85,80	Dörtgen
A3-3	31.078,25	955,09	859,39	877,09	85,80	Dörtgen
A3-4	30.123,16	955,09	859,39	877,09	85,80	Dörtgen
B3-1	31.544,34	1.132,63	1.105,23	1.075,63	150,47	Dörtgen
B3-2	26.124,60	1.006,04	988,94	955,09	150,47	Dörtgen
B3-3	23.259,33	1.006,04	988,94	955,09	150,47	Dörtgen
C3-1	31.517,72	923,86	923,86	923,85	106,77	Dörtgen
C3-2	29.670,01	923,86	923,86	923,85	106,77	Dörtgen
C3-3	30.593,86	923,86	923,86	923,85	106,77	Dörtgen
C3-4	30.593,87	923,86	923,86	923,85	106,77	Dörtgen
A4-1	41.986,60	1.268,40	1.049,52	1.044,89	113,71	Dörtgen
B4-1	32.324,84	981,09	848,67	801,72	113,96	Dörtgen
B5-1	31.146,64	1.008,56	962,30	900,63	139,76	Dörtgen
C5-1	35.295,49	1.239,24	992,02	913,54	113,23	Dörtgen
C5-2	34.056,25	1.239,24	992,02	913,54	113,23	Dörtgen
C5-3	34.969,79	1.239,24	992,02	913,54	113,23	Dörtgen
C5-4	36.209,03	1.239,24	992,02	913,54	113,23	Dörtgen
D5-1	35.700,20	1.084,22	1.061,78	1.040,15	137,19	Dörtgen

Çizelge B.2 (devam) : Binaların inşaat alanları.

Bina	Brüt inşaat alanları					Kat plan şekilleri
	Toplam (m^2)	Bodrum Kat (m^2)	Zemin Kat (m^2)	Normal Kat (m^2)	Son Kat (m^2)	
D5-2	36.740,35	1.084,22	1.061,78	1.040,15	137,19	Dörtgen
D5-3	38.820,65	1.084,22	1.061,78	1.040,15	137,19	Dörtgen
A6-1	7.928,19	524,82	524,83	524,82	55,88	Dörtgen
A6-2	7.403,37	524,82	524,83	524,82	55,88	Dörtgen
A6-3	6.878,55	524,82	524,83	524,82	55,88	Dörtgen
B6-1	4.593,22	413,66	457,46	457,46	62,42	Dörtgen
B6-2	4.135,76	413,66	457,46	457,46	62,42	Dörtgen
B6-3	3.678,30	413,66	457,46	457,46	62,42	Dörtgen
B6-4	6.379,26	413,66	457,46	457,46	62,42	Dörtgen
B6-5	5.921,80	413,66	457,46	457,46	62,42	Dörtgen
B6-6	5.464,34	413,66	457,46	457,46	62,42	Dörtgen
A7-1	33.011,50	742,15	712,06	713,14	92,10	Dörtgen
B7-1	26.384,94	757,00	719,14	727,30	91,50	Dörtgen
A8-1	12.576,26	628,83	626,09	622,82	104,57	Dörtgen
D9-1	23.018,78	692,31	691,71	695,14	91,08	Daire
D9-2	23.713,92	692,31	691,71	695,14	91,08	Daire
D9-3	25.652,89	824,68	821,42	824,68	91,07	Daire
D9-4	21.529,49	824,68	821,42	824,68	91,07	Daire
D9-5	20.704,81	824,68	821,42	824,68	91,07	Daire
D9-6	21.631,33	692,31	691,71	695,14	91,08	Daire
D9-7	18.850,77	692,31	691,71	695,14	91,08	Daire
C9-1	31.014,06	777,92	749,32	749,32	91,74	Daire
C9-2	26.572,58	801,56	772,96	772,96	91,74	Daire
C9-3	21.934,82	801,56	772,96	772,96	91,74	Daire
C9-4	18.275,62	777,92	749,32	749,32	91,74	Daire
B9-1	13.315,55	796,79	794,75	774,24	87,86	Dörtgen
B9-2	20.664,12	796,79	793,26	757,90	87,68	Dörtgen
B9-3	19.906,22	796,79	793,26	757,90	87,68	Dörtgen
B9-4	14.864,03	796,79	794,75	774,24	87,86	Dörtgen
E9-1	11.226,90	688,93	696,84	695,13	115,51	Dörtgen
E9-2	10.531,77	688,93	696,84	695,13	115,51	Dörtgen
E9-3	9.825,09	688,93	694,31	694,31	115,51	Dörtgen

Çizelge B.3 : Kat yükseklikleri, kat çevreleri ve en/boy oranları.

Bina	Kat yükseklikleri				Kat çevresi				En / Boy oranı
	Bodrum kat (cm)	Zemin kat (cm)	Normal kat (cm)	Son kat (cm)	Bodrum kat (m)	Zemin kat (m)	Normal kat (m)	Son kat (m)	(m/m)
A1-1	280	280	280	420	150,55	148,48	148,48	90,14	1,342
A1-2	280	280	280	420	150,55	148,48	148,48	90,14	1,342
B1-1	280	280	280	280	98,61	98,61	98,61	40,32	1,112
B1-2	280	280	280	280	98,61	98,61	98,61	40,32	1,112
B1-3	280	280	280	280	98,61	98,61	98,61	40,32	1,112
C1-1	280	280	280	420	112,31	112,58	112,58	79,84	1,355
C1-2	280	280	280	420	112,31	112,58	112,58	79,84	1,355
C1-3	280	280	280	420	112,31	112,58	112,58	79,84	1,355
A2-1	300	300	300	370	113,90	113,90	113,90	37,10	1,024
A2-2	300	300	300	370	113,90	113,90	113,90	37,10	1,024
B2-1	300	300	300	370	102,62	105,69	108,77	97,96	1,258
B2-2	300	300	300	370	102,62	105,69	108,77	97,96	1,258
B2-3	300	300	300	370	102,62	105,69	108,77	97,96	1,258
C2-1	300	300	300	370	129,69	133,54	136,90	34,40	1,046
A3-1	300	300	300	370	126,80	158,70	152,80	39,20	1,000
A3-2	300	300	300	370	126,80	158,70	152,80	39,20	1,000
A3-3	300	300	300	370	126,80	158,70	152,80	39,20	1,000
A3-4	300	300	300	370	126,80	158,70	152,80	39,20	1,000
B3-1	375	300	300	460	192,65	203,47	207,96	51,58	3,499
B3-2	375	300	300	460	186,56	190,64	183,41	51,58	3,484
B3-3	375	300	300	460	186,56	190,64	183,41	51,58	3,484
C3-1	300	300	300	465	166,39	166,39	166,39	58,80	2,262
C3-2	300	300	300	465	166,39	166,39	166,39	58,80	2,262
C3-3	300	300	300	465	166,39	166,39	166,39	58,80	2,262
C3-4	300	300	300	465	166,39	166,39	166,39	58,80	2,262
A4-1	310	310	310	455	146,60	210,40	186,49	47,60	1,228
B4-1	310	310	310	455	130,80	162,20	162,80	47,60	1,541
B5-1	310	310	310	455	135,82	151,23	158,22	48,68	1,000
C5-1	310	310	310	455	145,00	209,31	209,52	47,20	1,215
C5-2	310	310	310	455	145,00	209,31	209,52	47,20	1,215
C5-3	310	310	310	455	145,00	209,31	209,52	47,20	1,215
C5-4	310	310	310	455	145,00	209,31	209,52	47,20	1,215
D5-1	310	310	310	455	159,45	172,11	180,42	71,80	1,604

Çizelge B.3 (devam) : Kat yükseklikleri, kat çevreleri ve en/boy oranları.

Bina	Kat yükseklikleri				Kat çevresi				En / Boy oranı
	Bodrum kat (cm)	Zemin kat (cm)	Normal kat (cm)	Son kat (cm)	Bodrum kat (m)	Zemin kat (m)	Normal kat (m)	Son kat (m)	(m/m)
D5-2	310	310	310	455	159,45	172,11	180,42	71,80	1,604
D5-3	310	310	310	455	159,45	172,11	180,42	71,80	1,604
A6-1	280	280	280	280	134,10	134,10	134,10	34,32	1,008
A6-2	280	280	280	280	134,10	134,10	134,10	34,32	1,008
A6-3	280	280	280	280	134,10	134,10	134,10	34,32	1,008
B6-1	280	280	280	280	95,40	98,80	98,80	49,00	1,565
B6-2	280	280	280	280	95,40	98,80	98,80	49,00	1,565
B6-3	280	280	280	280	95,40	98,80	98,80	49,00	1,565
B6-4	280	280	280	280	95,40	98,80	98,80	49,00	1,565
B6-5	280	280	280	280	95,40	98,80	98,80	49,00	1,565
B6-6	280	280	280	280	95,40	98,80	98,80	49,00	1,565
A7-1	300	300	300	390	123,20	133,89	134,37	42,40	1,162
B7-1	300	300	300	390	117,80	131,00	128,60	42,20	1,162
A8-1	350	283	283	430	114,85	118,68	121,10	63,32	1,026
D9-1	375	280	280	465	119,04	114,29	113,31	40,20	1,000
D9-2	375	280	280	465	119,04	114,29	113,31	40,20	1,000
D9-3	375	280	280	465	112,48	113,52	112,48	40,20	1,000
D9-4	375	280	280	465	112,48	113,52	112,48	40,20	1,000
D9-5	375	280	280	465	112,48	113,52	112,48	40,20	1,000
D9-6	375	280	280	465	119,04	114,29	113,31	40,20	1,000
D9-7	375	280	280	465	119,04	114,29	113,31	40,20	1,000
C9-1	280	280	280	465	104,28	113,62	113,62	40,39	1,000
C9-2	280	280	280	465	111,19	120,52	120,52	40,39	1,000
C9-3	280	280	280	465	111,19	120,52	120,52	40,39	1,000
C9-4	280	280	280	465	104,28	113,62	113,62	40,39	1,000
B9-1	375	280	280	420	133,41	137,69	146,00	57,54	1,954
B9-2	375	280	280	420	133,41	137,33	149,97	57,54	1,954
B9-3	375	280	280	420	133,41	137,33	149,97	57,54	1,954
B9-4	375	280	280	420	133,41	137,69	146,00	57,54	1,954
E9-1	375	280	280	405	133,00	136,40	137,00	61,97	1,053
E9-2	375	280	280	405	133,00	136,40	137,00	61,97	1,053
E9-3	375	280	280	405	133,00	137,48	137,48	61,97	1,053

Çizelge B.4 : Daire sayıları.

Bina	Daire sayıları								
	1+1		2+1		3+1		4+1		Toplam
	(Adet)	(%)	(Adet)	(%)	(Adet)	(%)	(Adet)	(%)	(Adet)
A1-1	2	2,2%	-	0,0%	89	95,7%	2	2,2%	93
A1-2	2	2,3%	-	0,0%	83	95,4%	2	2,3%	87
B1-1	-	0,0%	17	26,6%	47	73,4%	-	0,0%	64
B1-2	-	0,0%	16	26,7%	44	73,3%	-	0,0%	60
B1-3	-	0,0%	18	26,5%	50	73,5%	-	0,0%	68
C1-1	62	48,4%	62	48,4%	2	1,6%	2	1,6%	128
C1-2	66	48,5%	66	48,5%	2	1,5%	2	1,5%	136
C1-3	58	48,3%	58	48,3%	2	1,7%	2	1,7%	120
A2-1	75	49,7%	76	50,3%	-	0,0%	-	0,0%	151
A2-2	79	49,7%	80	50,3%	-	0,0%	-	0,0%	159
B2-1	-	0,0%	2	2,5%	78	97,5%	-	0,0%	80
B2-2	-	0,0%	2	2,6%	74	97,4%	-	0,0%	76
B2-3	-	0,0%	2	2,8%	70	97,2%	-	0,0%	72
C2-1	-	0,0%	-	0,0%	2	3,6%	54	96,4%	56
A3-1	-	0,0%	-	0,0%	1	0,8%	127	99,2%	128
A3-2	-	0,0%	-	0,0%	1	0,8%	127	99,2%	128
A3-3	-	0,0%	-	0,0%	1	0,8%	123	99,2%	124
A3-4	-	0,0%	-	0,0%	1	0,8%	123	99,2%	124
B3-1	208	66,7%	104	33,3%	-	0,0%	-	0,0%	312
B3-2	192	66,7%	96	33,3%	-	0,0%	-	0,0%	288
B3-3	168	66,7%	84	33,3%	-	0,0%	-	0,0%	252
C3-1	-	0,0%	59	33,0%	119	66,5%	1	0,6%	179
C3-2	-	0,0%	57	32,9%	115	66,5%	1	0,6%	173
C3-3	-	0,0%	59	33,0%	119	66,5%	1	0,6%	179
C3-4	-	0,0%	57	32,9%	115	66,5%	1	0,6%	173
A4-1	-	0,0%	2	0,7%	270	99,3%	-	0,0%	272
B4-1	134	49,6%	2	0,7%	134	49,6%	-	0,0%	270
B5-1	-	0,0%	-	0,0%	3	2,4%	123	97,6%	126
C5-1	-	0,0%	4	1,5%	260	98,5%	-	0,0%	264
C5-2	-	0,0%	4	1,5%	260	98,5%	-	0,0%	264
C5-3	-	0,0%	4	1,5%	268	98,5%	-	0,0%	272
C5-4	-	0,0%	4	1,5%	268	98,5%	-	0,0%	272
D5-1	-	0,0%	59	33,0%	120	67,0%	-	0,0%	179
D5-2	-	0,0%	61	33,0%	124	67,0%	-	0,0%	185

Çizelge B.4 (devam) : Daire Sayıları.

D5-3	-	0,0%	65	33,0%	132	67,0%	-	0,0%	197
A6-1	-	0,0%	-	0,0%	52	100,0%	-	0,0%	52
A6-2	-	0,0%	-	0,0%	48	100,0%	-	0,0%	48
A6-3	-	0,0%	-	0,0%	44	100,0%	-	0,0%	44
B6-1	-	0,0%	-	0,0%	36	100,0%	-	0,0%	36
B6-2	-	0,0%	-	0,0%	32	100,0%	-	0,0%	32
B6-3	-	0,0%	-	0,0%	28	100,0%	-	0,0%	28
B6-4	-	0,0%	-	0,0%	48	100,0%	-	0,0%	48
B6-5	-	0,0%	-	0,0%	44	100,0%	-	0,0%	44
B6-6	-	0,0%	-	0,0%	40	100,0%	-	0,0%	40
A7-1	83	33,1%	-	0,0%	168	66,9%	-	0,0%	251
B7-1	63	33,0%	-	0,0%	128	67,0%	-	0,0%	191
A8-1	-	0,0%	1	1,4%	71	98,6%	-	0,0%	72
D9-1	59	33,0%	120	67,0%	-	0,0%	-	0,0%	179
D9-2	61	33,0%	124	67,0%	-	0,0%	-	0,0%	185
D9-3	-	0,0%	2	1,8%	108	96,4%	2	1,8%	112
D9-4	-	0,0%	2	2,1%	92	95,8%	2	2,1%	96
D9-5	-	0,0%	2	2,2%	88	95,7%	2	2,2%	92
D9-6	57	32,9%	116	67,1%	-	0,0%	-	0,0%	173
D9-7	49	32,9%	100	67,1%	-	0,0%	-	0,0%	149
C9-1	340	100,0%	-	0,0%	-	0,0%	-	0,0%	340
C9-2	270	100,0%	-	0,0%	-	0,0%	-	0,0%	270
C9-3	210	100,0%	-	0,0%	-	0,0%	-	0,0%	210
C9-4	170	100,0%	-	0,0%	-	0,0%	-	0,0%	170
B9-1	-	0,0%	45	60,0%	30	40,0%	-	0,0%	75
B9-2	-	0,0%	75	60,0%	50	40,0%	-	0,0%	125
B9-3	-	0,0%	72	60,0%	48	40,0%	-	0,0%	120
B9-4	-	0,0%	51	60,0%	34	40,0%	-	0,0%	85
E9-1	-	0,0%	2	3,6%	54	96,4%	-	0,0%	56
E9-2	-	0,0%	2	3,8%	50	96,2%	-	0,0%	52
E9-3	-	0,0%	2	4,2%	46	95,8%	-	0,0%	48

Çizelge B.5 : Binalara ait genel büyüklükler.

Bina	İnşaat net alanı	Bina hacmi	Dış duvar alanı	Duvarlar yüzey alanı	Daireler net alanı	Ortak mahaller net alanı	Beton Sınıfları	
	m^2	m^3	m^2	m^2	m^2	m^2	Temel	Katlar
A1-1	13.447	40.796	6.615	33.310	9.750	1.552	C25	C25
A1-2	12.631	38.419	6.199	31.339	9.115	1.456	C25	C25
B1-1	7.302	22.436	4.531	19.445	5.692	366	C25	C25
B1-2	6.876	21.161	4.255	18.316	5.336	345	C25	C25
B1-3	7.729	23.710	4.807	20.575	6.049	387	C25	C25
C1-1	11.457	35.090	5.379	26.242	8.366	1.401	C25	C25
C1-2	12.109	37.009	5.694	27.689	8.876	1.483	C25	C25
C1-3	10.805	33.171	5.064	24.796	7.856	1.320	C25	C25
A2-1	13.228	43.242	6.630	33.380	8.324	1.343	C30	C30
A2-2	13.854	45.235	6.971	34.949	8.772	1.401	C30	C30
B2-1	10.979	36.535	6.879	30.093	7.689	1.079	C30	C30
B2-2	10.462	34.860	6.553	28.681	7.303	1.029	C30	C30
B2-3	9.945	33.185	6.227	27.270	6.918	980	C30	C30
C2-1	10.023	32.755	5.867	24.842	7.165	670	C30	C30
A3-1	29.275	95.510	14.832	68.654	18.175	2.614	C30	C40
A3-2	30.189	98.375	14.832	70.525	18.175	2.614	C30	C40
A3-3	29.362	95.744	14.373	68.564	17.606	2.535	C30	C40
A3-4	28.448	92.879	14.373	66.693	17.606	2.535	C30	C40
B3-1	29.729	99.611	16.445	71.209	19.055	4.409	C30	C40
B3-2	24.482	82.809	13.464	60.932	15.390	3.676	C30	C40
B3-3	21.802	74.214	11.814	54.279	13.464	3.234	C30	C40
C3-1	29.539	97.140	15.249	71.823	17.598	2.419	C30	C40
C3-2	27.803	91.597	14.749	67.601	17.009	2.342	C30	C40
C3-3	28.668	94.368	15.249	69.693	17.598	2.419	C30	C40
C3-4	28.674	94.368	14.749	69.732	17.009	2.342	C30	C40
A4-1	39.567	132.860	19.947	87.635	23.352	3.543	C40	C40
B4-1	29.477	102.334	17.374	76.145	15.995	3.085	C40	C40
B5-1	29.301	98.371	15.405	60.603	18.246	2.671	C40	C40
C5-1	33.215	111.922	21.648	79.325	21.049	3.511	C40	C40
C5-2	32.026	108.080	21.648	77.137	21.049	3.511	C40	C40
C5-3	32.883	110.912	22.298	79.255	21.686	3.615	C40	C40
C5-4	34.071	114.754	22.298	81.443	21.686	3.615	C40	C40
D5-1	33.916	113.002	17.080	72.957	20.151	3.086	C40	C40
D5-2	34.903	116.227	17.639	75.097	20.826	3.182	C40	C40
D5-3	36.877	122.675	18.758	79.378	22.175	3.374	C40	C40
A6-1	7.491	22.861	4.977	19.905	5.113	463	C25	C25
A6-2	6.996	21.392	4.602	18.595	4.718	430	C25	C25
A6-3	6.501	19.922	4.226	17.286	4.324	397	C25	C25

Çizelge B.6 (devam) : Binalara ait genel büyüklükler.

Bina	İnşaat net alanı	Bina hacmi	Dış duvar alanı	Duvarlar yüzey alanı	Daireler net alanı	Ortak mahaller net alanı	Beton Sınıfları	
	m^2	m^3	m^2	m^2	m^2	m^2	Temel	Katlar
B6-1	4.324	13.372	2.627	10.213	2.971	266	C25	C25
B6-2	3.893	12.092	2.350	9.239	2.637	241	C25	C25
B6-3	3.463	10.811	2.074	8.265	2.303	217	C25	C25
B6-4	6.002	18.373	3.457	14.243	3.973	340	C25	C25
B6-5	5.572	17.093	3.180	13.269	3.639	315	C25	C25
B6-6	5.141	15.812	2.904	12.295	3.305	291	C25	C25
A7-1	30.913	100.595	17.095	77.359	20.520	2.699	C40	C40
B7-1	24.558	80.556	12.517	60.658	15.629	2.084	C40	C40
A8-1	11.769	37.352	6.434	32.222	8.526	877	C30	C30
D9-1	21.191	68.274	9.708	48.226	15.189	1.780	C30	C30
D9-2	21.829	70.220	10.025	49.604	15.697	1.836	C30	C30
D9-3	24.148	76.229	9.008	51.187	16.884	1.539	C30	C30
D9-4	20.262	63.900	7.748	42.682	14.464	1.335	C30	C30
D9-5	19.486	61.591	7.434	41.108	13.859	1.284	C30	C30
D9-6	19.899	63.731	9.390	44.713	14.681	1.723	C30	C30
D9-7	17.348	55.946	8.121	39.204	12.650	1.498	C30	C30
C9-1	28.978	89.138	11.004	60.382	17.863	2.745	C35	C35
C9-2	24.901	76.321	9.299	51.775	14.753	2.416	C30	C30
C9-3	20.573	63.099	7.274	42.908	11.481	1.715	C30	C30
C9-4	17.115	52.730	5.596	35.546	8.890	1.413	C30	C30
B9-1	12.247	40.139	6.350	30.073	7.992	1.512	C30	C30
B9-2	19.253	61.103	10.704	45.490	13.363	2.377	C30	C30
B9-3	18.547	58.981	10.284	43.877	12.829	2.285	C30	C30
B9-4	13.665	44.863	7.168	33.383	9.057	1.705	C30	C30
E9-1	10.284	33.813	5.620	25.569	7.088	796	C30	C30
E9-2	9.652	31.866	5.236	22.516	6.074	697	C30	C30
E9-3	9.021	29.790	4.870	22.516	6.074	697	C30	C30

EK C: Binalara ait metrajlar

Çizelge C.1 : Binalara ait metrajlar.

Bina	Kalıp İşleri (m^2)	Demir İşleri (kg)	Beton İşleri (m^3)	Duvar İşleri (m^2)	Şap İşleri (m^2)	Duvar Alçı Sıva İşleri (m^2)	Duvar Kara Sıva İşleri (m^2)	Tavan Alçı Sıva İşleri (m^2)
A1-1	35.950	445.910	4.115	11.616	12.043	25.939	2.908	11.616
A1-2	33.834	419.947	3.873	10.899	11.312	24.421	2.725	10.915
B1-1	20.687	272.815	2.327	6.766	6.451	15.710	1.366	6.389
B1-2	19.503	257.397	2.193	6.352	6.073	14.788	1.283	6.017
B1-3	21.870	288.233	2.460	7.180	6.828	16.633	1.448	6.762
C1-1	29.342	404.975	3.345	9.030	10.359	21.621	2.896	10.167
C1-2	30.968	427.381	3.530	9.544	10.951	22.823	3.064	10.746
C1-3	27.717	382.569	3.160	8.516	9.768	20.419	2.727	9.588
A2-1	39.550	448.646	4.865	8.429	11.872	27.644	3.253	10.473
A2-2	41.379	469.051	5.091	8.860	12.435	28.954	3.423	10.959
B2-1	34.487	458.624	4.203	8.208	9.822	24.287	3.437	8.916
B2-2	32.882	437.314	4.007	7.807	9.359	23.150	3.265	8.499
B2-3	31.278	416.004	3.811	7.406	8.896	22.012	3.094	8.083
C2-1	28.416	332.527	3.539	7.405	8.963	21.459	2.377	8.281
A3-1	78.607	1.371.351	12.043	21.664	25.636	58.745	8.507	22.487
A3-2	81.355	1.423.450	12.478	21.721	26.476	60.262	8.507	23.393
A3-3	79.166	1.385.699	12.143	21.050	25.755	58.574	8.241	22.778
A3-4	76.419	1.333.600	11.709	20.993	24.914	57.057	8.241	21.872
B3-1	80.061	1.609.853	13.006	28.402	26.389	64.266	9.394	25.068
B3-2	68.578	1.320.534	11.103	23.133	21.636	53.068	8.203	20.508
B3-3	61.203	1.141.969	9.807	20.351	19.268	47.194	7.199	18.287
C3-1	81.710	1.528.966	12.896	23.387	25.624	59.766	8.125	22.061
C3-2	76.550	1.427.312	12.073	22.415	24.173	56.340	7.854	20.714
C3-3	78.877	1.469.977	12.439	23.161	24.937	58.097	8.125	21.353
C3-4	79.383	1.486.301	12.530	22.641	24.860	58.008	7.854	21.422
A4-1	93.402	2.156.127	16.756	38.259	34.796	85.126	4.918	31.327
B4-1	80.719	1.755.405	14.425	30.097	25.661	67.450	6.445	22.644
B5-1	67.019	1.505.433	11.431	27.271	26.214	53.484	9.206	24.641
C5-1	82.359	1.963.625	14.763	34.723	28.838	76.280	6.922	30.740
C5-2	79.256	1.891.346	14.210	34.383	27.769	74.394	6.922	29.543
C5-3	81.357	1.941.590	14.587	35.387	28.509	76.458	7.131	30.325
C5-4	84.459	2.013.868	15.140	35.728	29.579	78.345	7.131	31.522
D5-1	81.000	1.757.193	14.298	29.651	29.849	64.077	8.297	28.731
D5-2	83.308	1.806.612	14.706	30.587	30.718	65.957	8.573	29.542
D5-3	87.924	1.905.451	15.520	32.459	32.458	69.716	9.125	31.164
A6-1	22.549	284.653	2.798	5.556	6.541	16.214	2.174	6.250
A6-2	21.110	268.161	2.621	5.140	6.106	15.120	2.017	5.840
A6-3	19.672	251.669	2.444	4.724	5.670	14.027	1.861	5.430

Çizelge C.1 (devam) : Binalara ait metrajlar.

Bina	Kalıp İşleri (m^2)	Demir İşleri (kg)	Beton İşleri (m^3)	Duvar İşleri (m^2)	Şap İşleri (m^2)	Duvar Alçı Sıva İşleri (m^2)	Duvar Kara Sıva İşleri (m^2)	Tavan Alçı Sıva İşleri (m^2)
B6-1	11.548	178.246	1.689	3.306	3.749	8.204	1.314	3.497
B6-2	10.456	162.093	1.529	2.959	3.367	7.410	1.172	3.150
B6-3	9.365	145.940	1.368	2.613	2.986	6.616	1.029	2.803
B6-4	16.261	254.161	2.377	4.413	5.222	11.406	1.780	4.880
B6-5	15.169	238.007	2.216	4.066	4.840	10.613	1.638	4.533
B6-6	14.078	221.854	2.056	3.720	4.458	9.819	1.495	4.186
A7-1	89.929	2.211.195	15.658	21.783	26.491	61.712	8.621	24.442
B7-1	70.808	1.431.728	12.327	16.751	20.792	48.336	6.583	19.216
A8-1	36.765	575.054	4.600	8.504	10.469	27.677	2.262	10.273
D9-1	58.428	1.083.801	8.347	12.896	18.673	42.091	6.056	17.926
D9-2	60.097	1.115.927	8.583	13.303	19.237	43.318	6.257	18.462
D9-3	61.884	1.201.493	8.801	15.352	21.423	39.896	5.064	21.226
D9-4	51.471	1.006.143	7.304	13.075	17.969	33.395	4.337	17.780
D9-5	49.587	968.071	7.039	12.546	17.281	32.133	4.155	17.103
D9-6	54.134	1.013.670	7.712	12.298	17.540	39.210	5.854	16.803
D9-7	47.460	885.164	6.768	10.666	15.284	34.301	5.047	14.658
C9-1	74.867	1.765.349	12.456	17.207	25.268	46.996	6.595	24.748
C9-2	64.465	1.530.400	10.767	14.440	21.914	42.117	5.156	21.035
C9-3	53.828	1.228.386	8.932	11.462	17.925	34.523	4.101	17.452
C9-4	45.370	1.035.678	7.500	8.877	14.904	25.294	2.984	14.799
B9-1	34.395	587.903	4.609	9.249	10.830	25.479	3.241	10.501
B9-2	52.779	976.723	7.039	14.333	17.077	39.184	5.426	16.689
B9-3	50.919	941.032	6.793	13.784	16.450	37.781	5.209	16.081
B9-4	38.140	655.582	5.103	10.395	12.089	28.327	3.673	11.703
E9-1	26.235	471.479	3.673	9.888	9.057	21.801	1.915	8.817
E9-2	24.741	438.513	3.465	9.217	8.497	20.471	1.782	8.282
E9-3	23.243	401.024	3.256	8.546	7.945	18.201	2.523	7.744

EK D: Maliyetler

Çizelge D.1 : İş grupları maliyetleri.

Bina	Kalıp İşleri (TL)	Demir İşleri (TL)	Beton İşleri (TL)	Duvar İşleri (TL)	Şap İşleri (TL)	Duvar Alçı Sıva İşleri (TL)	Duvar Kara Sıva İşleri (TL)	Tavan Alçı Sıva İşleri (TL)
A1-1	811.046	858.486	573.845	215.546	194.125	21.067	36.056	116.161
A1-2	763.427	816.166	546.819	202.235	182.346	21.067	33.792	109.147
B1-1	466.930	539.991	328.305	126.446	103.984	1.398	16.938	63.894
B1-2	440.302	514.859	313.423	118.710	97.900	1.398	15.915	60.169
B1-3	493.558	565.122	343.187	134.181	110.068	1.398	17.960	67.619
C1-1	662.023	780.093	474.594	168.397	166.994	15.314	35.908	101.667
C1-2	698.594	816.614	495.262	177.997	176.525	15.314	37.998	107.457
C1-3	625.453	743.571	453.925	158.798	157.463	15.314	33.818	95.877
A2-1	892.057	859.719	702.723	156.155	191.379	3.801	40.336	104.734
A2-2	933.203	892.979	729.455	164.151	200.453	3.801	42.444	109.589
B2-1	777.940	860.406	607.947	151.958	158.323	4.481	42.623	89.155
B2-2	741.835	825.670	584.743	144.531	150.863	4.481	40.492	84.993
B2-3	705.729	790.935	561.539	137.103	143.404	4.481	38.361	80.832
C2-1	641.211	660.395	520.872	136.036	144.485	3.045	29.477	82.809
A3-1	1.772.510	2.531.884	1.849.816	398.410	413.246	2.813	105.486	224.870
A3-2	1.834.338	2.616.805	1.906.097	399.457	426.790	2.813	105.486	233.926
A3-3	1.785.101	2.555.271	1.862.832	387.120	415.163	2.813	102.189	227.775
A3-4	1.723.272	2.470.350	1.806.551	386.074	401.619	2.813	102.189	218.719
B3-1	1.806.258	2.910.448	1.943.685	518.305	425.387	6.405	116.482	250.678
B3-2	1.547.805	2.362.641	1.666.644	422.985	348.771	6.515	101.716	205.079
B3-3	1.381.854	2.069.634	1.498.909	372.089	310.594	6.515	89.267	182.870
C3-1	1.843.555	2.779.795	1.955.691	431.556	413.059	4.843	100.744	220.607
C3-2	1.727.459	2.614.100	1.849.096	413.623	389.665	4.843	97.395	207.144
C3-3	1.779.816	2.683.644	1.896.501	427.390	401.984	4.843	100.744	213.531
C3-4	1.791.198	2.710.251	1.908.285	417.789	400.739	4.843	97.395	214.220
A4-1	2.105.493	3.956.200	2.498.380	704.861	560.911	5.930	60.983	313.272
B4-1	1.819.719	3.204.816	2.122.112	556.259	413.658	5.823	79.915	226.441
B5-1	1.510.870	2.698.034	1.689.274	501.148	422.575	10.054	114.150	246.412
C5-1	1.856.515	3.510.927	2.215.004	636.880	464.866	6.697	85.827	307.400
C5-2	1.786.709	3.393.112	2.143.463	630.837	447.629	6.697	85.827	295.430
C5-3	1.833.970	3.475.009	2.192.269	649.283	459.570	6.697	88.423	303.246
C5-4	1.903.776	3.592.824	2.263.810	655.326	476.807	6.697	88.423	315.216
D5-1	1.826.099	3.144.686	2.127.812	539.312	481.160	6.946	102.885	287.310
D5-2	1.878.027	3.225.239	2.180.542	556.346	495.181	6.946	106.306	295.421
D5-3	1.981.884	3.386.346	2.286.004	590.413	523.224	6.946	113.147	311.642
A6-1	509.381	551.693	385.898	101.780	105.443	1.927	26.961	62.499
A6-2	477.011	524.811	366.110	94.155	98.421	1.927	25.016	58.398
A6-3	444.641	497.929	346.322	86.531	91.400	1.927	23.071	54.297

Çizelge D.1 (devam) : İş grupları maliyetleri.

Bina	Kalıp İşleri (TL)	Demir İşleri (TL)	Beton İşleri (TL)	Duvar İşleri (TL)	Şap İşleri (TL)	Duvar Alçı Sıva İşleri (TL)	Duvar Kara Sıva İşleri (TL)	Tavan Alçı Sıva İşleri (TL)
B6-1	261.218	350.210	245.343	61.507	60.438	2.148	16.296	34.973
B6-2	236.661	323.880	227.459	55.058	54.284	2.148	14.527	31.500
B6-3	212.104	297.550	209.575	48.609	48.130	2.148	12.759	28.028
B6-4	367.260	473.950	322.029	82.084	84.176	2.148	22.076	48.805
B6-5	342.703	447.620	304.145	75.636	78.022	2.148	20.308	45.332
B6-6	318.146	421.290	286.261	69.187	71.868	2.148	18.540	41.860
A7-1	2.026.421	3.798.467	2.219.155	400.020	427.028	3.427	106.903	244.425
B7-1	1.596.195	2.501.172	1.767.070	307.525	335.160	3.425	81.629	192.160
A8-1	828.784	1.036.814	635.792	153.634	168.760	4.989	28.049	102.732
D9-1	1.317.294	1.979.015	1.188.098	237.967	301.002	3.838	75.089	179.255
D9-2	1.354.837	2.031.381	1.216.066	245.493	310.096	3.838	77.589	184.620
D9-3	1.395.210	2.195.962	1.266.080	286.363	345.344	3.591	62.792	212.259
D9-4	1.160.921	1.877.542	1.088.695	243.912	289.662	3.591	53.774	177.797
D9-5	1.118.539	1.815.484	1.057.287	234.031	278.574	3.591	51.519	171.029
D9-6	1.220.690	1.864.702	1.112.850	226.943	282.753	3.838	72.588	168.035
D9-7	1.070.517	1.655.236	1.000.978	196.837	246.377	3.838	62.587	146.578
C9-1	1.687.967	3.161.105	1.880.211	318.477	407.328	3.873	81.780	247.484
C9-2	1.453.352	2.745.395	1.483.011	266.877	353.248	3.770	63.932	210.349
C9-3	1.213.630	2.211.280	1.237.549	211.856	288.953	3.770	50.857	174.517
C9-4	1.023.077	1.872.489	1.053.245	164.246	240.254	3.770	36.997	147.991
B9-1	775.955	1.090.475	677.353	169.963	174.581	3.992	40.187	105.006
B9-2	1.190.537	1.792.373	1.024.577	262.882	275.277	4.311	67.285	166.890
B9-3	1.148.700	1.730.368	995.445	252.804	265.181	4.311	64.595	160.807
B9-4	860.225	1.212.800	735.943	191.016	194.873	3.992	45.545	117.033
E9-1	592.389	884.957	544.721	182.632	145.993	3.670	23.750	88.170
E9-2	558.775	822.076	520.056	170.230	136.977	3.670	22.094	82.818
E9-3	525.078	752.606	495.333	157.855	128.073	3.494	31.279	77.444

Çizelge D.2 : Mekanik işler maliyetleri.

Bina	Daire İçi Maliyet (TL)	Ortak Alan Maliyet (TL)	Toplam Maliyet (TL)
A1-1	292.313	280.631	572.944
A1-2	273.327	269.059	542.385
B1-1	194.039	137.214	331.254
B1-2	181.881	133.381	315.262
B1-3	206.198	141.047	347.246
C1-1	286.859	238.394	525.253
C1-2	304.494	247.351	551.844
C1-3	269.225	229.438	498.663
A2-1	333.313	362.095	695.408
A2-2	350.948	373.566	724.513
B2-1	252.154	257.842	509.996
B2-2	239.497	249.260	488.757
B2-3	226.839	240.678	467.517
C2-1	200.592	228.424	429.017
A3-1	460.044	839.532	1.299.575
A3-2	460.044	857.214	1.317.257
A3-3	445.654	839.532	1.285.185
A3-4	445.654	778.599	1.224.252
B3-1	639.790	787.576	1.427.366
B3-2	590.575	676.100	1.266.676
B3-3	516.753	622.129	1.138.883
C3-1	537.422	870.580	1.408.002
C3-2	519.434	792.263	1.311.697
C3-3	537.422	851.107	1.388.529
C3-4	519.434	851.107	1.370.541
A4-1	859.719	1.167.556	2.027.275
B4-1	662.948	1.013.348	1.676.296
B5-1	451.982	799.214	1.251.197
C5-1	833.406	880.057	1.713.463
C5-2	833.406	800.213	1.633.619
C5-3	858.721	880.057	1.738.778
C5-4	858.721	895.497	1.754.218
D5-1	536.989	976.418	1.513.407
D5-2	554.978	997.816	1.552.794
D5-3	590.955	1.040.612	1.631.567
A6-1	164.549	190.604	355.153
A6-2	151.891	184.642	336.534
A6-3	139.234	178.680	317.914

Çizelge D.2 (devam) : Mekanik işler maliyetleri.

Bina	Daire İçi Maliyet (TL)	Ortak Alan Maliyet (TL)	Toplam Maliyet (TL)
B6-1	113.918	124.618	238.537
B6-2	101.261	119.126	220.387
B6-3	88.603	113.633	202.236
B6-4	151.891	166.004	317.895
B6-5	139.234	160.511	299.745
B6-6	126.576	155.019	281.595
A7-1	676.304	740.899	1.417.203
B7-1	514.864	654.458	1.169.322
A8-1	227.338	254.527	481.865
D9-1	422.702	469.810	892.512
D9-2	436.850	479.582	916.432
D9-3	354.281	538.158	892.439
D9-4	303.651	438.978	742.629
D9-5	290.993	427.050	718.043
D9-6	408.553	417.427	825.980
D9-7	351.961	378.339	730.300
C9-1	592.685	806.520	1.399.205
C9-2	470.662	736.789	1.207.451
C9-3	366.070	662.026	1.028.096
C9-4	296.343	601.619	897.962
B9-1	214.877	348.260	563.137
B9-2	358.128	452.847	810.975
B9-3	343.803	440.667	784.470
B9-4	243.527	375.037	618.564
E9-1	176.209	272.056	448.265
E9-2	163.551	296.137	459.688
E9-3	150.893	251.625	402.518

Çizelge D.3 : Elektrik işleri maliyetleri.

Bina	Daire İçi Maliyet (TL)	Ortak Alan Maliyet (TL)	Toplam Maliyet (TL)
A1-1	171.926	139.702	311.629
A1-2	160.809	134.626	295.435
B1-1	114.267	77.501	191.768
B1-2	107.109	74.761	181.870
B1-3	121.424	80.143	201.567
C1-1	180.006	121.630	301.636
C1-2	191.079	125.584	316.663
C1-3	168.934	117.499	286.433
A2-1	209.210	170.170	379.380
A2-2	220.283	173.513	393.796
B2-1	147.728	129.775	277.502
B2-2	140.316	126.501	266.817
B2-3	132.904	123.041	255.945
C2-1	129.931	116.960	246.891
A3-1	298.715	282.793	581.509
A3-2	298.715	281.978	580.694
A3-3	289.365	282.793	572.159
A3-4	289.365	271.050	560.416
B3-1	409.510	291.656	701.167
B3-2	378.010	264.698	642.708
B3-3	330.758	257.069	587.828
C3-1	317.162	293.426	610.588
C3-2	306.553	281.804	588.357
C3-3	317.162	293.577	610.739
C3-4	306.553	293.577	600.130
A4-1	503.494	324.237	827.731
B4-1	408.199	289.187	697.386
B5-1	293.071	268.085	561.157
C5-1	488.162	271.419	759.581
C5-2	488.162	257.463	745.625
C5-3	502.985	271.419	774.404
C5-4	502.985	268.819	771.804
D5-1	316.677	315.745	632.422
D5-2	327.287	314.433	641.720
D5-3	348.505	310.587	659.092
A6-1	96.353	99.320	195.674
A6-2	88.942	95.869	184.811
A6-3	81.530	92.287	173.816

Çizelge D.3 (devam) : Elektrik işleri maliyetleri.

Bina	Daire İçi Maliyet (TL)	Ortak Alan Maliyet (TL)	Toplam Maliyet (TL)
B6-1	66.706	63.155	129.861
B6-2	59.294	59.007	118.301
B6-3	51.883	54.734	106.616
B6-4	88.942	87.365	176.306
B6-5	81.530	83.860	165.389
B6-6	74.118	80.230	154.348
A7-1	408.360	200.322	608.682
B7-1	310.853	227.396	538.249
A8-1	133.158	128.602	261.761
D9-1	260.842	187.708	448.550
D9-2	269.575	188.265	457.840
D9-3	207.991	213.340	421.331
D9-4	178.344	192.193	370.536
D9-5	170.932	189.597	360.529
D9-6	252.108	176.418	428.526
D9-7	217.173	169.648	386.821
C9-1	397.613	252.937	650.550
C9-2	315.752	266.728	582.479
C9-3	245.585	265.965	511.549
C9-4	198.807	256.952	455.758
B9-1	127.530	168.035	295.565
B9-2	212.550	195.825	408.375
B9-3	204.048	193.334	397.382
B9-4	144.534	177.565	322.099
E9-1	103.257	135.984	239.241
E9-2	95.845	146.495	242.340
E9-3	88.433	126.840	215.273

Çizelge D.4 : Asansör işleri maliyetleri.

	Asansör Sayıları		Birim Fiyatlar		Maliyetler		
Bina	Yolcu (Adet)	Yük (Adet)	Yolcu (TL)	Yük (TL)	Yolcu (TL)	Yük (TL)	Toplam (TL)
A1-1	1	1	69.923	92.063	69.923	92.063	161.986
A1-2	1	1	67.479	90.061	67.479	90.061	157.540
B1-1	1	1	72.565	94.241	72.565	94.241	166.806
B1-2	1	1	69.923	92.063	69.923	92.063	161.986
B1-3	1	1	75.406	96.595	75.406	96.595	172.001
C1-1	1	1	72.565	94.241	72.565	94.241	166.806
C1-2	1	1	75.406	96.595	75.406	96.595	172.001
C1-3	1	1	69.923	92.063	69.923	92.063	161.986
A2-1	2	1	85.117	104.715	170.234	104.715	274.950
A2-2	2	1	88.751	107.775	177.502	107.775	285.277
B2-1	2	1	85.117	104.715	170.234	104.715	274.950
B2-2	2	1	81.682	101.832	163.363	101.832	265.196
B2-3	2	1	78.444	99.126	156.889	99.126	256.014
C2-1	1	1	67.479	90.061	67.479	90.061	157.540
A3-1	2	1	154.043	163.583	308.086	163.583	471.669
A3-2	2	1	160.454	169.110	320.908	169.110	490.017
A3-3	2	1	154.043	163.583	308.086	163.583	471.669
A3-4	2	1	147.830	158.233	295.660	158.233	453.893
B3-1	3	1	119.743	134.124	359.228	134.124	493.352
B3-2	3	1	109.896	125.715	329.688	125.715	455.403
B3-3	3	1	96.614	114.422	289.842	114.422	404.264
C3-1	3	1	147.830	158.233	443.491	158.233	601.723
C3-2	3	1	136.000	148.061	408.000	148.061	556.061
C3-3	3	1	141.816	153.059	425.448	153.059	578.507
C3-4	3	1	141.816	153.059	425.448	153.059	578.507
A4-1	4	1	180.877	186.747	723.507	186.747	910.254
B4-1	4	1	180.877	186.747	723.507	186.747	910.254
B5-1	4	1	147.830	158.233	591.321	158.233	749.554
C5-1	4	1	167.063	174.813	668.252	174.813	843.065
C5-2	4	1	160.454	169.110	641.815	169.110	810.925
C5-3	4	1	167.063	174.813	668.252	174.813	843.065
C5-4	4	1	173.871	180.692	695.483	180.692	876.175
D5-1	4	1	147.830	158.233	591.321	158.233	749.554
D5-2	4	1	154.043	163.583	616.171	163.583	779.754
D5-3	4	1	167.063	174.813	668.252	174.813	843.065
A6-1	1	1	67.479	90.061	67.479	90.061	157.540
A6-2	1	1	65.234	88.235	65.234	88.235	153.469
A6-3	1	1	63.187	86.586	63.187	86.586	149.773

Çizelge D.4 (devam) : Asansör işleri maliyetleri.

Bina	Asansör Sayıları		Birim Fiyatlar		Maliyetler		
	Yolcu (Adet)	Yük (Adet)	Yolcu (TL)	Yük (TL)	Yolcu (TL)	Yük (TL)	Toplam (TL)
B6-1	1	1	58.236	82.695	58.236	82.695	140.931
B6-2	1	1	56.982	81.751	56.982	81.751	138.733
B6-3	1	1	55.927	80.983	55.927	80.983	136.910
B6-4	1	1	65.234	88.235	65.234	88.235	153.469
B6-5	1	1	63.187	86.586	63.187	86.586	149.773
B6-6	1	1	61.338	85.113	61.338	85.113	146.451
A7-1	2	1	235.473	234.069	470.946	234.069	705.016
B7-1	2	1	160.454	169.110	320.908	169.110	490.017
A8-1	2	1	81.682	101.832	163.363	101.832	265.196
D9-1	2	1	141.816	153.059	283.632	153.059	436.691
D9-2	2	1	147.830	158.233	295.660	158.233	453.893
D9-3	2	1	130.383	143.239	260.765	143.239	404.004
D9-4	2	1	105.270	121.774	210.541	121.774	332.315
D9-5	2	1	100.843	118.010	201.686	118.010	319.696
D9-6	2	1	130.383	143.239	260.765	143.239	404.004
D9-7	2	1	109.896	125.715	219.792	125.715	345.507
C9-1	2	1	195.484	199.387	390.968	199.387	590.355
C9-2	2	1	147.830	158.233	295.660	158.233	453.893
C9-3	2	1	114.720	129.831	229.440	129.831	359.272
C9-4	2	1	96.614	114.422	193.228	114.422	307.650
B9-1	2	1	72.565	94.241	145.130	94.241	239.371
B9-2	2	1	109.896	125.715	219.792	125.715	345.507
B9-3	2	1	105.270	121.774	210.541	121.774	332.315
B9-4	2	1	78.444	99.126	156.889	99.126	256.014
E9-1	1	1	69.923	92.063	69.923	92.063	161.986
E9-2	1	1	67.479	90.061	67.479	90.061	157.540
E9-3	1	1	65.234	88.235	65.234	88.235	153.469

Çizelge D.5 : Kule vinç maliyetleri.

Bina	Kira Süresi (Ay)	Kira Tutarı (TL)	Nakliye Sayısı (TIR) (Adet)	Nakliye Tutarı (TL)	Kurulum Tutarı (TL)	Yükseltme Sayısı (Adet)	Yükseltme Tutarı (TL)	Elektrik Gideri 1.500 TL/Ay	Söküm Tutarı (TL)	Operatör Gideri 3.000 TL/Ay	Toplam Tutar (TL)
A1-1	5	54.700	10	14.938	2.500	1	2.500	7.500	2.500	15.000	99.639
A1-2	5	54.350	10	14.577	2.500	1	2.500	7.500	2.500	15.000	98.928
B1-1	3	33.100	10	14.940	2.500	1	2.500	4.500	2.500	9.000	69.041
B1-2	3	32.750	10	14.582	2.500	1	2.500	4.500	2.500	9.000	68.333
B1-3	3	33.100	10	15.298	2.500	2	5.000	4.500	2.500	9.000	71.900
C1-1	4	43.900	10	15.306	2.500	2	5.000	6.000	2.500	12.000	87.208
C1-2	4	43.900	10	15.666	2.500	2	5.000	6.000	2.500	12.000	87.568
C1-3	3,5	38.500	10	14.946	2.500	1	2.500	5.250	2.500	10.500	76.697
A2-1	4,5	51.150	11	17.178	3.000	2	5.000	6.750	3.000	13.500	99.580
A2-2	5	56.950	12	17.563	3.000	2	5.000	7.500	3.000	15.000	108.015
B2-1	3,5	40.250	11	17.171	3.000	2	5.000	5.250	3.000	10.500	84.173
B2-2	3,5	40.250	11	16.787	3.000	2	5.000	5.250	3.000	10.500	83.789
B2-3	3,5	39.900	11	16.402	3.000	2	5.000	5.250	3.000	10.500	83.054
C2-1	4	43.550	10	14.830	2.500	1	2.500	6.000	2.500	12.000	83.881
A3-1	10	125.700	15	22.703	3.500	4	10.000	15.000	3.500	30.000	210.407
A3-2	10,5	131.250	15	23.090	3.500	5	12.500	15.750	3.500	31.500	221.095
A3-3	10	125.700	15	22.703	3.500	4	10.000	15.000	3.500	30.000	210.407
A3-4	10	121.500	15	22.316	3.500	4	10.000	15.000	3.500	30.000	205.820
B3-1	10,5	127.050	14	20.909	3.500	4	10.000	15.750	3.500	31.500	212.213
B3-2	9	106.000	13	20.115	3.500	3	7.500	13.500	3.500	27.000	181.118
B3-3	8	95.000	13	18.952	3.000	3	7.500	12.000	3.000	24.000	163.455
C3-1	10	125.700	15	22.570	3.500	4	10.000	15.000	3.500	30.000	210.274

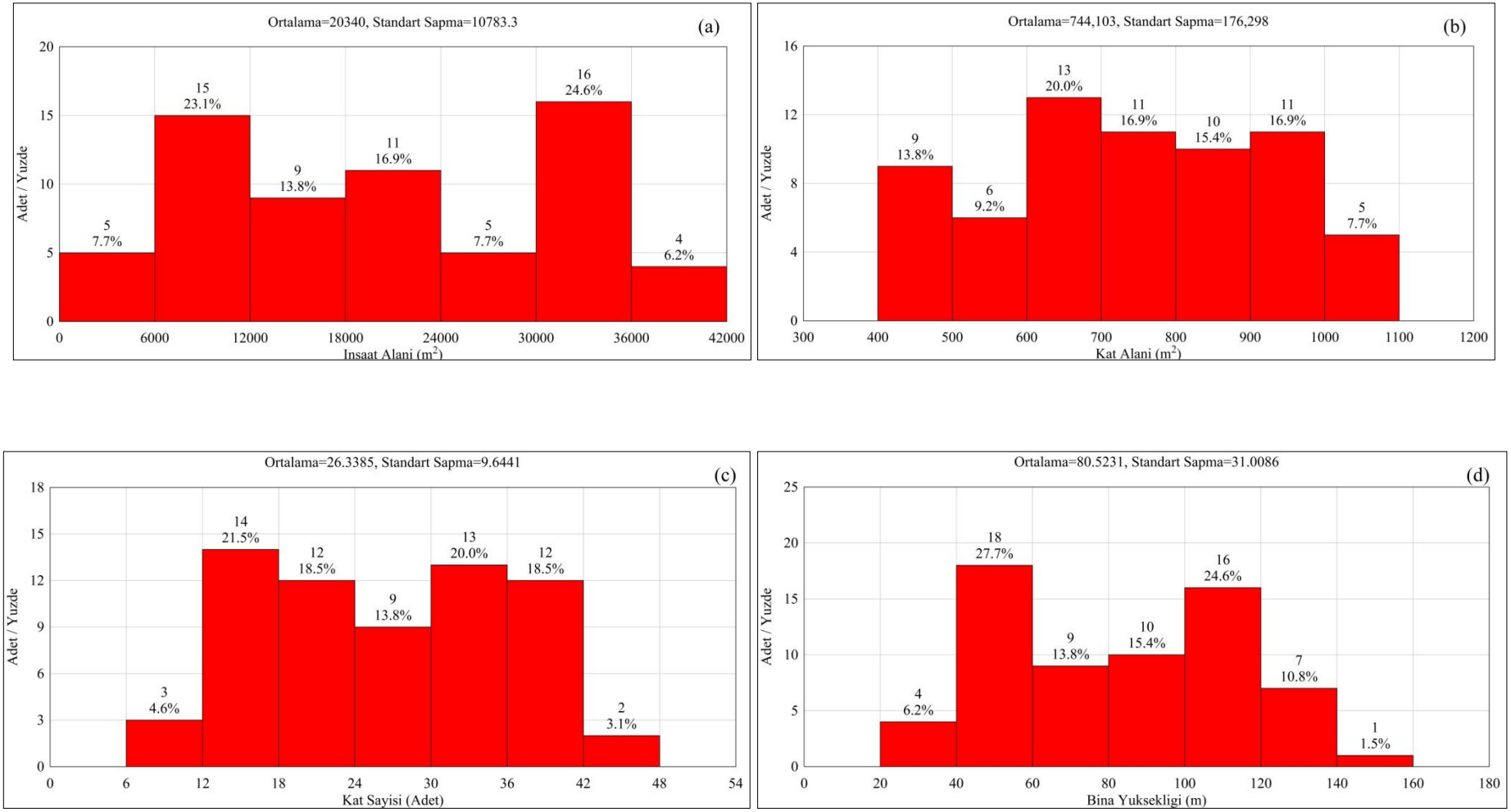
Çizelge D.5 (devam) : Kule vinç maliyetleri.

Bina	Kira Süresi (Ay)	Kira Tutarı (TL)	Nakliye Sayısı (TIR) (Adet)	Nakliye Tutarı (TL)	Kurulum Tutarı (TL)	Yükseltme Sayısı (Adet)	Yükseltme Tutarı (TL)	Elektrik Gideri 1.500 TL/Ay	Söküm Tutarı (TL)	Operatör Gideri 3.000 TL/Ay	Toplam Tutar (TL)
C3-2	9,5	115.950	14	21.796	3.500	4	10.000	14.250	3.500	28.500	197.500
C3-3	9,5	120.150	15	22.183	3.500	4	10.000	14.250	3.500	28.500	202.087
C3-4	9,5	120.150	15	22.183	3.500	4	10.000	14.250	3.500	28.500	202.087
A4-1	12,5	163.950	16	25.005	3.500	5	12.500	18.750	3.500	37.500	264.710
B4-1	9,5	130.650	16	24.947	3.500	5	12.500	14.250	3.500	28.500	217.852
B5-1	9,5	120.150	15	22.920	3.500	5	12.500	14.250	3.500	28.500	205.325
C5-1	10,5	136.150	16	24.128	3.500	5	12.500	15.750	3.500	31.500	227.033
C5-2	10,5	136.150	16	23.728	3.500	5	12.500	15.750	3.500	31.500	226.633
C5-3	10,5	136.150	16	24.128	3.500	5	12.500	15.750	3.500	31.500	227.033
C5-4	10,5	136.150	16	24.528	3.500	5	12.500	15.750	3.500	31.500	227.433
D5-1	11	141.700	15	22.953	3.500	5	12.500	16.500	3.500	33.000	233.658
D5-2	11	136.800	15	23.354	3.500	5	12.500	16.500	3.500	33.000	229.159
D5-3	11,5	147.250	16	24.157	3.500	5	12.500	17.250	3.500	34.500	242.662
A6-1	3	32.750	9	14.212	2.500	1	2.500	4.500	2.500	9.000	67.963
A6-2	3	32.400	9	13.853	2.500	1	2.500	4.500	2.500	9.000	67.254
A6-3	2,5	27.000	9	13.494	2.500	1	2.500	3.750	2.500	7.500	59.245
B6-1	2	21.600	8	12.420	2.500	0	0	3.000	2.500	6.000	48.020
B6-2	2	21.600	8	12.062	2.500	0	0	3.000	2.500	6.000	47.662
B6-3	2	21.600	8	11.704	2.500	0	0	3.000	2.500	6.000	47.304
B6-4	2,5	27.000	9	13.853	2.500	1	2.500	3.750	2.500	7.500	59.604
B6-5	2,5	27.000	9	13.494	2.500	1	2.500	3.750	2.500	7.500	59.245
B6-6	2,5	27.000	9	13.136	2.500	1	2.500	3.750	2.500	7.500	58.887

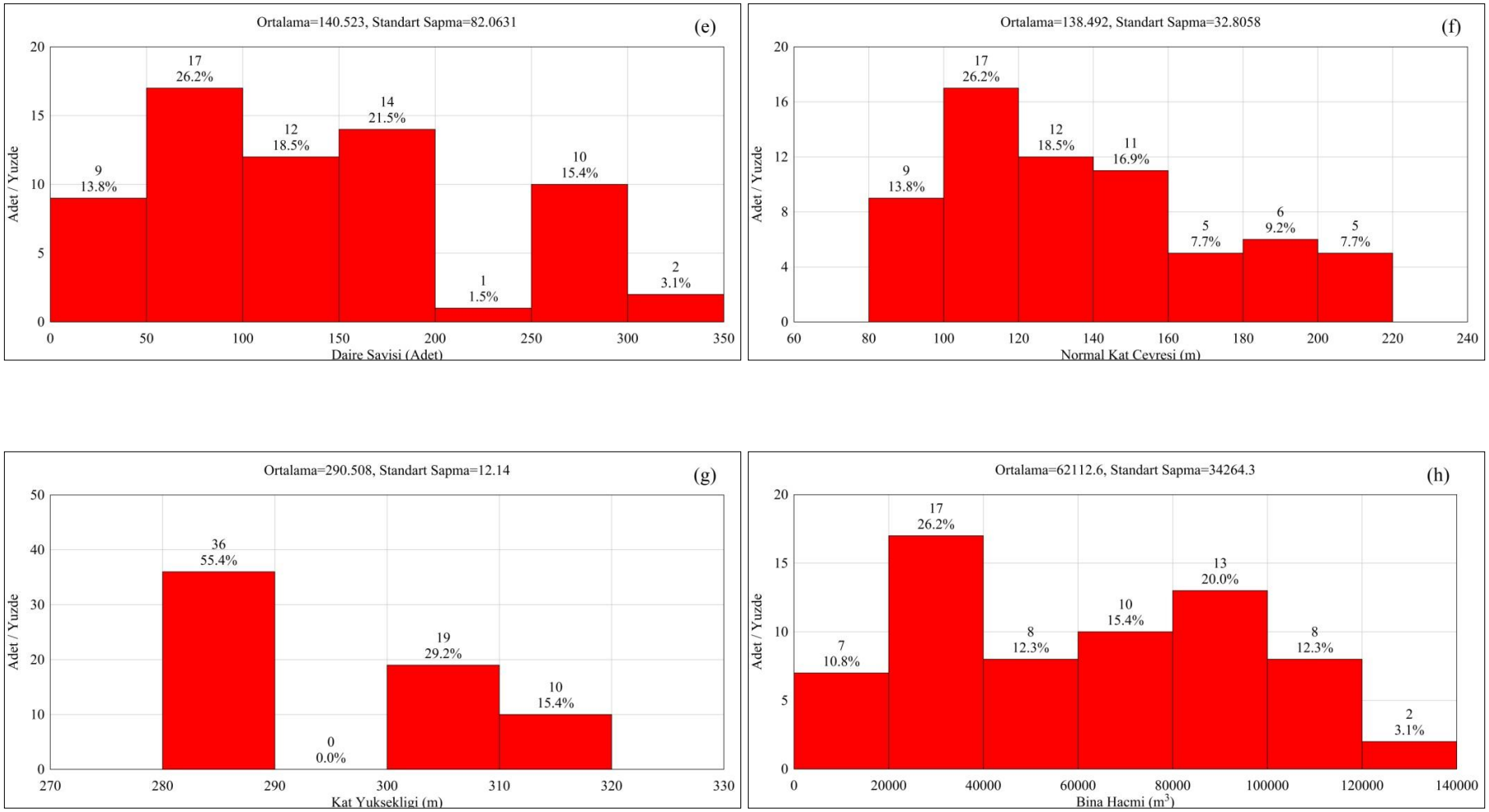
Çizelge D.5 (devam) : Kule vinç maliyetleri.

Bina	Kira Süresi (Ay)	Kira Tutarı (TL)	Nakliye Sayısı (TIR) (Adet)	Nakliye Tutarı (TL)	Kurulum Tutarı (TL)	Yükseltme Sayısı (Adet)	Yükseltme Tutarı (TL)	Elektrik Gideri 1.500 TL/Ay	Söküm Tutarı (TL)	Operatör Gideri 3.000 TL/Ay	Toplam Tutar (TL)
A7-1	10,5	148.050	18	26.925	3.500	6	15.000	15.750	3.500	31.500	244.231
B7-1	8,5	109.050	15	23.046	3.500	5	12.500	12.750	3.500	25.500	189.851
A8-1	4,5	50.700	11	16.645	3.000	2	5.000	6.750	3.000	13.500	98.597
D9-1	8	99.300	14	21.650	3.500	4	10.000	12.000	3.500	24.000	173.954
D9-2	8	103.500	15	22.010	3.500	4	10.000	12.000	3.500	24.000	178.514
D9-3	9	110.400	14	20.951	3.500	4	10.000	13.500	3.500	27.000	188.855
D9-4	7,5	89.500	13	19.022	3.500	3	7.500	11.250	3.500	22.500	156.775
D9-5	7,5	86.700	12	18.660	3.000	3	7.500	11.250	3.000	22.500	152.613
D9-6	7,5	93.000	14	20.806	3.500	4	10.000	11.250	3.500	22.500	164.560
D9-7	7	84.000	13	19.365	3.500	3	7.500	10.500	3.500	21.000	149.368
C9-1	10	130.600	16	24.235	4.000	5	12.500	15.000	4.000	30.000	220.340
C9-2	8,5	104.850	14	21.657	3.500	4	10.000	12.750	3.500	25.500	181.761
C9-3	7	84.000	13	19.460	3.500	3	7.500	10.500	3.500	21.000	149.463
C9-4	6	70.200	12	18.001	3.000	3	7.500	9.000	3.000	18.000	128.704
B9-1	4,5	49.300	10	15.555	2.500	2	5.000	6.750	2.500	13.500	95.107
B9-2	7	83.300	13	19.226	3.000	3	7.500	10.500	3.000	21.000	147.529
B9-3	6,5	77.850	12	18.865	3.000	3	7.500	9.750	3.000	19.500	139.468
B9-4	5	56.100	11	16.341	2.500	2	5.000	7.500	2.500	15.000	104.943
E9-1	4,5	49.300	10	15.152	2.500	2	5.000	6.750	2.500	13.500	94.704
E9-2	4	43.550	10	14.792	2.500	1	2.500	6.000	2.500	12.000	83.843
E9-3	4	43.550	10	14.420	2.500	1	2.500	6.000	2.500	12.000	83.471

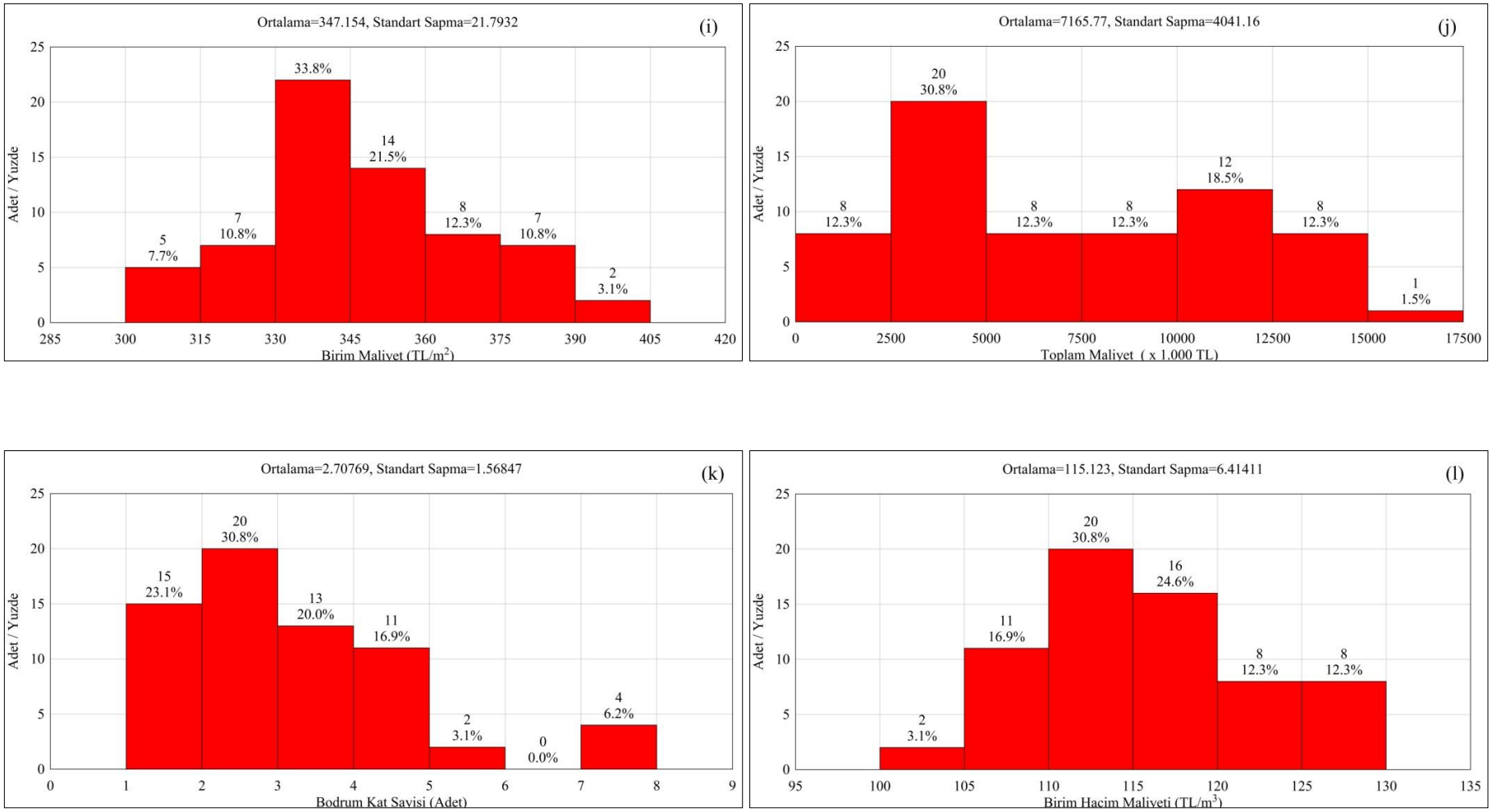
EK E: Histogramlar.



Şekil E.1 : Histogramlar: (a)İnşaat alanı. (b)Kat alanı. (c)Kat sayısı. (d)Bina yüksekliği.



Şekil E.2 : Histogramlar: (e)Daire sayısı. (f)Normal kat çevre uzunluğu. (g)Kat yüksekliği. (h)Bina hacmi.



Şekil E.3 : Histogramlar: (i)Birim maliyet. (j)Toplam maliyet. (k)Bodrum kat sayısı. (l)Birim hacim maliyet.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı **:** Enver Burak TÜRKEL

Doğum Tarihi ve Yeri **:** 20.08.1978 - Ankara

E-posta **:** turkelburak@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2000, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü.
- **Yüksek Lisans** **:** 2002, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yapı Mühendisliği Programı.

YAYINLAR, BİLDİRİLER

- Türkel E.B., Ergen E., 2015. **Tünel kalıp sistemi kullanılan betonarme yüksek yapılarda, yükseklik ve kat alanı ile maliyet arasındaki ilişki**, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, DOI: 10.5505/pajes.2015.34445
- Ergen E., Turkel B., **Analyzing the Relation Between Height and Cost of High-Rise Buildings in Istanbul**, *11th International Congress on Advances in Civil Engineering*, 21-25 Ekim, 2014, Istanbul, Turkey
- Yıldırım H., Türkel E.B., Korkmaz Ç., **Düşük, Normal ve Yüksek Dayanımlı Betonlarda Elastisite Modülünün Yıkıntısız Yöntemle Belirlenmesi**, *6. Ulusal Beton Kongresi*, s. 283-371, 16-18 Kasım 2005, İstanbul, Türkiye
- Yıldırım H., Türkel E.B., Pekmezci B.Y., **Betonun Farklı Basınç Dayanımlarındaki Elastiklik Özellikleri**, *Küçükçekmece ve Yakın Çevresi Teknik Kongresi*, s. 788-797, 8-10 Ekim 2003, İstanbul, Türkiye