İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AVRUPA BİRLİĞİ BİNA ENERJİ PERFORMANSI DİREKTİFİ' NİN TÜRKİYE' DEKİ MEVCUT OTEL BİNALARI İÇİN UYARLANMASINA YÖNELİK BİR YAKLAŞIM

DOKTORA TEZİ

Merve ATMACA

Mimarlık Anabilim Dalı

Yapı Bilimleri Programı

ARALIK 2016

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AVRUPA BİRLİĞİ BİNA ENERJİ PERFORMANSI DİREKTİFİ' NİN TÜRKİYE' DEKİ MEVCUT OTEL BİNALARI İÇİN UYARLANMASINA YÖNELİK BİR YAKLAŞIM

DOKTORA TEZİ

Merve ATMACA
(502102006)

Mimarlık Anabilim Dalı

Yapı Bilimleri Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. A.Zerrin YILMAZ

ARALIK 2016

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 502102006 numaralı Doktora Öğrencisi Merve ATMACA, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "AVRUPA BİRLİĞİ BİNA ENERJİ PERFORMANSI DİREKTİFİ'NİN TÜRKİYE'DEKİ MEVCUT OTEL BİNALARI İÇİN UYARLANMASINA YÖNELİK BİR YAKLAŞIM" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. A. Zerrin YILMAZ** .....
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Alpin KÖKNEL YENER** .....
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Soofia TAHİRA ELİAS ÖZKAN.....
Ortadoğu Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. İkbal ÇETİNER ...……
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Başak KUNDAKÇI KOYUNBABA…….
Yaşar Üniversitesi

Teslim Tarihi : 12 Aralık 2016
Savunma Tarihi : 29 Aralık 2016

Değerli Hocam A.Zerrin Yılmaz'a,

ÖNSÖZ

Herşeyden önce, danışman hocam Prof.Dr. Zerrin Yılmaz' a gerek bilimsel gerekse hayata dair tüm öğretileri ve bana açtığı ufuk için, tüm kadınlara ve bilim insanlarına olduğu örnek için şükranlarımı sunmak isterim.
Tüm eğitimim boyunca desteğini, ilgisini ve fedakarlıklarını esirgemeyen annem Huriye Atmaca, babam Sebahattin Atmaca ve ağabeyim Ramiz Atmaca' ya, ikinci ailem olan teyzem ve eniştem Melih- Ayten Öztaygun' a paha biçilmez destekleri için teşekkür ederim.
Doktora sürecinde benden bilgi ve desteklerini esirgemeyen değerli arkadaşlarım Neşe Ganiç, Feride Şener, Alpay Akgüç, Gözde Gali ve Meltem Bayraktar'a ve diğer yol arkadaşlarıma, test binası verilerini toplamamda yardımlarını esirgemeyen Dragut Point Otel Genel Müdürü R.Demir Yavuz'a da teşekkürlerimi iletirim.
Ayrıca üstümde hakkı ve emeği tartışılmaz büyüğüm Beykent Üniversitesi Mütevelli Heyeti Başkanı Sayın Adem Çelik'e hayatıma olan tüm katkıları ve varlığı için minnettarım.
Doktora eğitimin boyunca, tarafıma burs sağlayarak büyük katkıda bulunan Tübitak-Bideb'e destekleri için ayrıca teşekkür ederim.

Aralık 2016

Dr. Merve Atmaca
(.Mimar)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **vi**
İÇİNDEKİLER ..... **ix**
KISALTMALAR ..... **xiii**
SEMBOLLER ..... **xv**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **xvii**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xix**
ÖZET ..... **xxi**
SUMMARY ..... **xxv**
1.GİRİŞ **1**
1.1 Problemin Tanımlanması 5
1.2 Probleme Dair Mevcut Çalışmalar 10
1.3 Tezin Amaç ve Hedefleri 24
1.4 Tezin Kapsamının Belirlenmesi 26
1.5 Tezi Oluşturan Bölümler 34
2. BİNA ENERJİ PERFORMANSINI ETKİLEYEN PARAMETRELER **35**
2.1 İklimsel veriler: 36
2.2 Pasif Sistem Parametreleri 37
2.2.1 Konum 38
2.2.2 Yönelim 38
2.2.3 Form 39
2.2.4 Bina kabuğu 39
2.2.5 Pasif Güneş Kontrolü Sistemleri 42
2.2.6 İç Kazançlar 43
2.2.7 Doğal Havalandırma 43
2.3 Aktif Sistem Parametreleri 43
2.3.1 Isıtma Sistemi 43
2.3.2 Soğutma Sistemi 43
2.3.3 Havalandırma Sistemi 44
2.3.4 Aydınlatma Sistemi 44
2.3.5 Sıcak Su Sistemi 44
2.4 Yenilenebilir Enerji Sistemleri 44
3. MEVCUT OTEL BİNALARININ ENERJİ VE MALİYET ETKİNLİĞİNİ ARTTIRMAK İÇİN KULLANILABİLECEK BİR YAKLAŞIM **47**
3.1 Yaklaşımın Amacı 48
3.2 Yaklaşımın Kapsamı 49
3.3 Yaklaşımın Tanımı 50
3.4 Yaklaşımı Oluşturan Adımlar 51
3.4.1 Mevcut otel bina parametrelerinin tanımlanması 54
3.4.2 Mevcut otel binası için enerji analizlerinin yapılması 55
3.4.2.1 Mevcut otel binası için enerji tüketimlerinin hesaplanması 55

3.4.2.2 Mevcut otel binası için birincil enerji tüketiminin hesaplanması 56
3.4.2.3 Mevcut otel binası için karbon salımının hesaplanması..... 57
3.4.3 Mevcut otel binası için global maliyet analizlerinin yapılması..... 57
3.4.4 Mevcut durum değerlendirmesi 61
3.4.5 Pasif ve aksif sistem iyileştirme senaryolarının belirlenmesi 61
3.4.6 İyileştirme senaryoları için enerji analizlerinin yapılması 62
3.4.6.1 İyileştirme senaryoları için enerji tüketimlerinin hesaplanması 62
3.4.6.2 İyileştirme senaryolarının birincil enerji tüketiminin hesaplanması .. 62
3.4.6.3 İyileştirme senaryolarının karbon salımının hesaplanması 62
3.4.7 İyileştirme senaryolarının global maliyet analizlerinin yapılması 62
3.4.8 Maliyet optimal iyileştirme senaryosunun seçimi..... 63
3.4.8.1 Maliyet ve enerji etkinlik oranlarının karşılaştırılması 63
3.4.8.2 İyileştirme senaryolarının geri ödeme sürelerinin hesaplanması 64
3.4.9 Yaklaşımın Uygulanması 64
4. ÖRNEK BİR OTEL BİNASININ GELİŞTİRİLEN YAKLAŞIM ARACILIĞI İLE ENERJİ PERFORMANS VE MALİYET ETKİNLİĞİNİN ARTTIRILMASI ANALİZLERİ 65
4.1 Ele Alınan İklim Bölgeleri 65
4.2 Konum 66
4.3 Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği, Bodrum, Ankara ve Erzurum..... 67
4.4 Otel Bilgi Formunun Hazırlanması 68
4.5 Mevcut otel bina parametrelerinin tanımlanması 68
4.5.1 Isıl zon listesi..... 69
4.5.2 Saydamlık oranları 70
4.5.3 Mevcut Bina kabuğu bilgileri..... 70
4.5.4 Aktif sistemler..... 72
4.5.5 Aydınlatma sistemi..... 73
4.5.6 Havalandırma sistemi..... 76
4.5.7 Kullanıcılara ilişkin veriler..... 76
4.5.8 Enerji birim maliyeti 82
4.6 Mevcut Bina İçin Enerji Analizlerinin Yapılması, Bodrum (Sekiz Aylık Kullanım)..... 82
4.6.1 Mevcut bina için enerji tüketiminin hesaplanması..... 82
4.6.2 Mevcut bina için birincil enerji tüketiminin hesaplanması 83
4.6.3 Mevcut bina karbon salımının hesaplanması 83
4.7 Mevcut bina için global maliyetinin hesaplanması, Bodrum (Sekiz Aylık Kullanım)..... 83
4.8 Mevcut Durum Değerlendirmesi, Bodrum (Sekiz Aylık Kullanım) 84
4.9 Pasif ve Aktif İyileştirme Senaryolarının Belirlenmesi, Bodrum (Sekiz Aylık Kullanım)..... 84
4.10 Seçilen İyileştirme Senaryoları için Enerji Analizlerinin Yapılması, Bodrum (Sekiz Aylık Kullanım) 89
4.10.1 İyileştirme senaryoları için enerji tüketiminin hesaplanması..... 89
4.10.1.1 Yarı saydam gölgeleme elemanları için iyileştirme senaryolarının yıllık enerji tüketimlerinin karşılaştırması 90
4.10.1.2 Isı yalıtımı iyileştirme senaryolarının yıllık enerji tüketimlerinin karşılaştırması..... 90
4.10.1.3 Pencere tipi iyileştirme senaryolarının yıllık enerji tüketimlerinin karşılaştırılması 91
4.10.2 İyileştirme senaryoları için birincil enerji tüketiminin hesaplanması 92

4.10.3 İyileştirme senaryoları için karbon salımının hesaplanması 92
4.11 İyileştirme Senaryoları İçin Global Maliyet Analizlerinin Yapılması, Bodrum (Sekiz Aylık Kullanım) 96
4.12 Maliyet Optimal Enerji Verimliliği İyileştirme Senaryosunun Seçilmesi, Bodrum (Sekiz Aylık Kullanım) 100
4.12.1 Maliyet ve enerji etkinlik oranlarının karşılaştırılması 100
4.12.2 İyileştirme senaryolarının geri ödeme sürelerinin hesaplanması 100
4.13 Mecvut Bina Parametrelerinin Belirlenmesi, Ankara (Sekiz Aylık Kullanım) 102
4.14 İyileştirme Senaryoları için Enerji Analizlerinin Yapılması, Ankara (Sekiz Aylık Kullanım) 102
4.14.1 İyileştirme senaryoları için birincil enerji tüketiminin hesaplanması 103
4.14.2 Mevcut Bina ve İyileştirme senaryoları için karbon salımının hesaplanması 104
4.15 Mevcut Bina ve İyileştirme senaryoları için Global Maliyet Analizleri yapılması, Ankara (Sekiz Aylık Kullanım) 104
4.16 Maliyet Optimal Enerji Verimliliği İyileştirme Senaryosunun Seçilmesi, Ankara (Sekiz Aylık Kullanım) 105
4.16.1 Maliyet ve enerji etkinlik oranlarının karşılaştırılması 105
4.17 Mevcut Bina Parametrelerinin Belirlenmesi, Ankara (Yıllık Kullanım) 107
4.18 Mevcut Bina Ve İyileştirme Senaryoları İçin Enerji Analizlerinin Yapılması, Ankara (Yıllık Kullanım) 107
4.18.1 Mevcut bina ve iyileştirme senaryoları için enerji tüketimlerinin hesaplanması 107
4.18.2 Mevcut bina ve iyileştirme senaryoları için birincil enerji tüketimlerinin hesaplanması 108
4.18.3 Mevcut bina ve iyileştirme senaryoları için karbon salımının hesaplanması 108
4.19 Mevcut Bina ve iyileştirme senaryoları için Global Maliyet Analizleri yapılması, Ankara (Yıllık Kullanım) 113
4.20 Maliyet Optimal Enerji Verimliliği İyileştirme Senaryosunun Seçilmesi, Ankara (Yıllık Kullanım) 113
4.20.1 Maliyet ve enerji etkinlik oranlarının karşılaştırılması 114
4.21 Mevcut bina parametrelerinin belirlenmesi, Erzurum (Dört Aylık Kullanım) 114
4.22 Mevcut Bina ve İyileştirme Senaryoları için Enerji Analizleri Yapılması, Erzurum (Dört Aylık Kullanım) 114
4.22.1 Mevcut bina ve iyileştirme senaryoları için enerji tüketiminin hesaplanması 115
4.22.2 Mevcut bina ve iyileştirme senaryoları için birincil enerji tüketiminin hesaplanması 115
4.22.3 Mevcut bina ve iyileştirme senaryoları için karbon salımının hesaplanması 115
4.23 Mevcut Bina ve İyileştirme Senaryoları için Global Maliyet Analizlerinin Yapılması, Erzurum (Dört Aylık Kullanım) 120
4.24 Maliyet optimal iyileştirme senaryosunun Seçilmesi, Erzurum (Dört Aylık Kullanım) 120
5. BULGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ 125
6. SONUÇ VE ÖNERİLER 129
KAYNAKLAR 133

EKLER 139
ÖZGEÇMİŞ 147

KISALTMALAR

EPBD	**:** Energy Performance of Buildings Directive
TEP	**:** Ton Eşdeğer Petrol
Bep-tr	**:** Bina Enerji Performansı - Türkiye
ASHREA	**:** American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
TÜİK	**:** Türkiye İstatistik Kurumu
TÜROFED	**:** Türkiye Otelciler Federasyonu
AKTOB	**:** Akdeniz Turistik Otelciler ve İşletmeciler Birliği
KTB	**:** Kültür ve Turizm Bakanlığı
VRF	**:** Variable Refrigerant Flow
ASIEPI	**:** ASsessment and Improvement of the EPBD Impact
SHGC	**:** Specific Heat Gain Coefficient
VT	**:** Visible Transmittance
AB	**:** Avrupa Birliği
EN	**:** European Standards
GSYIH	**:** Gayrisafi Yurt İçi Hasıla
NREL	**:** National Renewable Energy Laboratory
LBNL	**:** Lawrence Berkeley National Laboratory
PNNL	**:** Pacific Northwest National Laboratory
DOE	**:** U.S. Department of Energy
IEE	**:** Intelligent Energy Europe
AYDEM	**:** Aydem Elektrik Perakende Satış Anonim Şirketi
HVAC	**:** Heating, Ventilating and Air Conditioning
COP	**:** Coefficient of Performance
KPI	**:** Keypoint Indicators
CSFs	**:** Critical Success Factors

SEMBOLLER

U_D	**:** Duvar U Değeri
U_T	**:** Tavan U Değeri
U_t	**:** Taban U Değeri
U_P	**:** Pencere U Değeri
U	**:** Isıl Geçirgenlik Katsayısı
Tvis	**:** Görünür Geçirgenlik
SHGC	**:** Güneş Isısı Kazanım Katsayısı

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : Sektörlere ve kullanım alanlarına göre toplam enerji tüketimi, TÜİK (2005). **27**
Çizelge 1.2 : Türkiye' de sektörlere göre büyüme hızı, TÜIK (2013). **28**
Çizelge 1.3 : KTB Turizm işletme belgeli tesis sayısı 2013, 2014. ..... **28**
Çizelge 1.4 : Tesislerdeki gecelemelerin tesis tür ve sınıflarına göre dağılımı(2013-2015) T.C. Kültür Ve Turizm Bakanlığı yatırım Ve İşletmeler Genel Müdürlüğü. **30**
Çizelge 1.5 : Yatırımdaki tesislerin dağılımı, AKTOB AR-GE **31**
Çizelge 1.6 : Yatırımdaki Yatakların İllere Göre Dağılımı **31**
Çizelge 1.7 : Otellere geliş sayısı, geceleme, ortalama kalış süresi ve doluluk oranlarının aylara göre dağılımı(2009) **32**
Çizelge 1.8 : Tüik Bina İnşaatı Maliyeti Değişim Oranları 2006-2014 (Türkiye) **32**
Çizelge 1.9 : Tüik bina inşaatı maliyeti endeksi ve değişim oranları 2005-2014 istatistikleri (Türkiye) **33**
Çizelge 4.1 : Ts 825 – Ek D – İllere göre derece gün bölgeleri – Bodrum, Ankara ve Erzurum (TS 825, 2013) **67**
Çizelge 4.2 : TS 825 bölgelere göre en fazla değer olarak kabul edilmesi tavsiye edilen U değerleri (TS 825, 2013). **68**
Çizelge 4.3 : Mevcut bina zonları ayar sıcaklıkları ve iç kazanç değerleri. **70**
Çizelge 4.4 : Test otel binası saydamlık oranları. **70**
Çizelge 4.5 : Test otel binası bina kabuk bilgileri. **71**
Çizelge 4.6 : Yatak odaları için aydınlatma sistemi çalışma oran ve saatleri. **73**
Çizelge 4.7 : Spa için aydınlatma sistemi çalışma oran ve saatleri. **74**
Çizelge 4.8 : Restoran, aydınlatma sistemi çalışma oran ve saatleri. **74**
Çizelge 4.9 : Mutfak, aydınlatma sistemi çalışma oran ve saatleri. **74**
Çizelge 4.10 : Asansörler, aydınlatma sistemi çalışma oran-saatleri. **74**
Çizelge 4.11 : Soğukdepo, aydınlatma sistemi oran-saatleri. **74**
Çizelge 4.12 : Diğer mekanlar için aydınlatma sistemi çalışma oran ve saatleri. **75**
Çizelge 4.13 : Bodrum, Ankara, Erzurum için kabul edilen doluluk oranları. **76**
Çizelge 4.14 : Yatak odaları için aydınlatma sistemi saatler göre çalışma oranları. . **77**
Çizelge 4.15 : Restoran, aydınlatma sistemi saatler göre çalışma oranları. **77**
Çizelge 4.16 : Diğer mekanlar için aydınlatma sistemi saatler göre çalışma oranları. **78**
Çizelge 4.17 : Spa için aydınlatma sistemi saatler göre çalışma oranları. **79**
Çizelge 4.18 : Mutfak, aydınlatma sistemi saatler göre çalışma oranları. **79**
Çizelge 4.19 : Asansörler, aydınlatma sistemi saatler göre çalışma oranları. **79**
Çizelge 4.20 : Soğukdepo, aydınlatma sistemi saatler göre çalışma oranları. **79**
Çizelge 4.21 : Yatak odaları için ekipmanların saatlere göre çalışma oranları. **79**
Çizelge 4.22 : Diğer alanlar için ekipmanların saatlere göre çalışma oranları. **80**
Çizelge 4.23 : Yatak odaları için kullanıcıların saatlere göre kullanım oranları. **81**
Çizelge 4.24 : Restoran için kullanıcıların saatlere göre kullanım oranları. **81**

Çizelge 4.25 : Spa, kuaför ve ofisler için kullanıcıların saatlere göre kullanım oranları. **.....81**
Çizelge 4.26 : Mutfak için kullanıcıların saatlere göre kullanım oranları. **.....82**
Çizelge 4.27 : Mevcut bina enerji tüketim değerleri, Bodrum (sekiz aylık kullanım) **.....82**
Çizelge 4.28 : Standartlara göre mevcut bina ve standarta göre sınır U katsayıları karşılaştırması. **.....84**
Çizelge 4.29 : Yarı saydam dış stor çeşitleri ve teknik özellikleri. **.....85**
Çizelge 4.30 : Seçilen iyileştirme senaryoları listesi. **.....87**
Çizelge 4.31 : İyileştirme senaryoları için enerji tüketim miktarları, Bodrum (Sekiz Aylık Kullanım) **.....89**
Çizelge 4.32 : İyileştirme senaryoları için malzeme birim fiyatları ve ömürleri. **.....96**
Çizelge 4.33 : İyileştirme senaryoları için malzeme birim fiyatları ve ömürleri. **....100**
Çizelge B.1 : Örnek global maliyet hesap cetveli **……..142**
Çizelge C.1 : Test otel bşnası ısıl zon listesi **.....143**

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Maliyet Optimal Enerji Verimliliği Seviyesini Belirlemek için Çerçeve Metodoloji Akış Şeması, Tübitak (2015). **15**
Şekil 1.2 : Global ve Anüvite analizleri akış şeması (EN 15459,2007). **16**
Şekil 1.3 : Örnek birincil enerji ihtiyacı ve yaşam dönemi optimal maliyet grafiği (Wittchen ve Thomsen, 2012). **17**
Şekil 1.4 : Optimal maliyet örnek grafiği (Wittchen ve Thomsen, 2012). **17**
Şekil 1.5 : Optimal maliyet örnek grafiği (Congedo ve Diğerleri, 2015). **18**
Şekil 1.6 : TÜİK sektörel enerji tüketim oranları,2006. ..... **26**
Şekil 1.7 : Tuik yapı kullanma izin belgesi otel binaları 2002-2013 istatistikleri (Türkiye). **29**
Şekil 1.8 : Tüik yapı ruhsatı belgesi otel binaları 2002-2013 istatistikleri (Türkiye). **29**
Şekil 3.1 : Avrupa Birliği EPBD'nin Türkiye'deki Mevcut Otel Binaları için Uyarlanmasına Yönelik Yaklaşımın Akış Şeması. **53**
Şekil 4.1 : Türkiye iklim bölgeleri haritası (Zeren, 1962). **66**
Şekil 4.2 : OpenStudio test oteli model görseli. **69**
Şekil 4.3 : OpenStudio test oteli model perspektifi. **69**
Şekil 4.4 : Mevcut bina dış duvarı örnek görseli. **72**
Şekil 4.5 : Mevcut bina enerji tüketim amaçları dağılımı. **83**
Şekil 4.6 : Yarı saydam dış stor, örnek görseli. **85**
Şekil 4.7 : Yarı saydam dış stor iyileştirme senaryoları m^2 başına için yıllık nihai enerji tüketimi, Bodrum (Sekiz Aylık Kullanım). **90**
Şekil 4.8 : Isı yalıtımı iyileştirme senaryoları için m^2 başına yıllık nihai enerji tüketimi, Bodrum (Sekiz Aylık Kullanım). **91**
Şekil 4.9 : Pencere tipi iyileştirme senaryoları için m^2 başına yıllık nihai enerji tüketimi, Bodrum (Sekiz Aylık Kullanım). **92**
Şekil 4.10 : Seçilen senaryolar için m^2 başına yıllık nihai enerji tüketimi,Bodrum (Sekiz Aylık Kullanım). **93**
Şekil 4.11 : Seçilen senaryolar için m^2 başına yıllık birincil enerji tüketimleri, Bodrum (Sekiz Aylık Kullanım). **94**
Şekil 4.12 : Seçilen senaryolar için m^2 başına yıllık karbon salım miktarları, Bodrum (Sekiz Aylık Kullanım). **95**
Şekil 4.13 : Dış stor türüne göre global maliyet karşılaştırması, Bodrum (Sekiz Aylık Kullanım). **97**
Şekil 4.14 : Otomasyon türüne göre global maliyet karşılaştırması, Bodrum (Sekiz Aylık Kullanım). **97**
Şekil 4.15 : Pencere tipine göre global maliyet karşılaştırması, Bodrum (Sekiz Aylık Kullanım). **98**
Şekil 4.16 : Seçilen senaryolar için global maliyet karşılaştırması, Bodrum (Sekiz Aylık Kullanım). **99**
Şekil 4.17 : Seçilen senaryolar için yıllık m^2 başına birincil enerji tüketimi ve global maliyetler, Bodrum (Sekiz Aylık Kullanım). **101**

Şekil 4.18 : Seçilen senaryolar için yıllık nihai enerji tüketimi karşılaştırması, Ankara (Sekiz Aylık Kullanım). **103**
Şekil 4.19 : Seçilen senaryolar için yıllık birincil enerji tüketimi karşılaştırması, Ankara (Sekiz Aylık Kullanım). **103**
Şekil 4.20 : Seçilen senaryolar için karbon salımları karşılaştırması, Ankara (Sekiz Aylık Kullanım). **104**
Şekil 4.21 : Seçilen senaryolar global maliyet karşılaştırması, Ankara (Sekiz Aylık Kullanım)..... **105**
Şekil 4.22 : Maliyet optimal enerji verimliliği grafiği,Ankara (Sekiz Aylık Kullanım). **106**
Şekil 4.23 : Seçilen senaryolar için m^2 başına yıllık nihai enerji tüketimi, Ankara (yıllık kullanım)..... **110**
Şekil 4.24 : Seçilen senaryolar için m^2 başına birincil enerji tüketimleri,Ankara (yıllık kullanım)**.** **111**
Şekil 4.25 : Seçilen senaryolar için m^2 başına karbon salım miktarları, Ankara (yıllık kullanım). **112**
Şekil 4.26 : Seçilen senaryolar global maliyet karşılaştırması, Ankara (yıllık). **113**
Şekil 4.27 : Seçilen senaryolar için global maliyetler ve birincil enerji tüketimleri, Ankara (yıllık). **114**
Şekil 4.28 : Seçilen senaryolar için yıllık nihai enerji tüketimleri, Erzurum (Dört Aylık Kullanım)..... **117**
Şekil 4.29 : Seçilen senaryolar için birincil enerji tüketimleri, Erzurum(Dört Aylık Kullanım)..... **118**
Şekil 4.30 : Seçilen senaryolar için karbon salımları, Erzurum (Dört Aylık Kullanım). **119**
Şekil 4.31 : Seçilen senaryolar için global maliyet karşılaştırması, Erzurum (Dört Aylık Kullanım). **122**
Şekil 4.32 : Seçilen senaryolar için global maliyet ve birincil enerji tüketimi, Erzurum (Dört Aylık Kullanım). **123**

AVRUPA BİRLİĞİ BİNA ENERJİ PERFORMANSI DİREKTİFİ' NİN TÜRKİYE'DEKİ MEVCUT OTEL BİNALARI İÇİN UYARLANMASINA YÖNELİK BİR YAKLAŞIM

ÖZET

Tüm dünyada, artan nüfus ve gelişen teknoloji sebepleri ile katlanarak büyüyen enerji tüketimi ve tükenmekle karşı karşıya olan doğal kaynaklar konularına çözüm üretmek üzere çalışmalar yürütülmekte iken ülkemizde de son yıllarda gerek AB uyum süreci ve bu süreçte sağlanması gereken kıstaslar sebebi gerekse artan bilinç ve farkındalıkla enerji verimliliği, bina enerji performansı, yenilenebilir enerji sistemleri, sürdürülebilirlik, geri dönüşüm konularındaki bilimsel çalışmalar ve araştırmalarda gelişmeler kaydedilmektedir.

Binalarda enerji performansını arttırmak amacıyla, Avrupa Birliği (AB) tarafından 2002 yılında Bina Enerji Performansı Direktifi (EPBD) yayınlanmış, tüm üye ve aday ülkelerde ulusal bina enerji performansı hesaplama yöntemlerinin geliştirilmesi ve geliştirilen bu yöntemle yeni ve mevcut tüm binaların, enerji performanslarının değerlendirilerek, standartlarca belirlenen asgari enerji düzeyini sağlaması ve enerji kimlik belgesine sahip olması zorunlu kılınmıştır. 2010 yılında revize edilen bu direktifle (*EPBD-Recast*), yeni enerji verimliliği hedefleri ve zorunluluklarıyla birlikte global maliyetlerin de optimizasyonu zorunluluk kazanmıştır.

Ülkemizde, 2007 yılında Enerji Verimliliği Kanunu ile başlayan bu süreç, 2008 yılında Bina Enerji Performansı Yönetmeliği ile devam etmiş ve 2009 yılında bu yönetmeliğin eki olarak EN standardında önerilen basit saatlik metodun Türkiye koşullarına göre uyarlanan 'Bina Enerji Performansı Türkiye' ulusal hesap yöntemi geliştirilmiştir. Geliştirilen hesaplama modeli, detaylı dinamik analiz yapmazken, binanın fonksiyonuna bağlı olarak dinamik etkilerini belirli kabuller ve referans değerler ile hesaba katmaktadır. Bu nedenle bu yöntem yapmış olduğu basitleştirme ve kabullerden ötürü, 4 yıldız ve üzeri oteller gibi karmaşık yapılı ve birbirinden farklı gereksinimleri olan çok sayıda ısıl zon içeren binaların enerji performansını ve sera gazı salım miktarlarını hassas olarak değerlendirmek için istenilen düzeyde fayda sağlayamayabilir. Ayrıca 2010 yılında yenilenen direktif (EPBD-Recast) binaların enerji ve maliyet etkiliğinin bir arada değerlendirilmesini ve bina enerji tüketiminin birincil enerji cinsinden detaylı dinamik yöntemlerle hesaplanmasını öngörmektedir.

Tüm bu gelişmelere ek olarak, turizm sektöründe sürdürülebilir destinasyon ve sürdürülebilir turizm için 1980 sonrası çalışmalar başlamış ve Birleşmiş Milletler Dünya Turizm Örgütü'nün 2013 yılında yayınladığı sürdürülebilir turizm gelişimi raporunda turizm yapılarının mevcut karbon salımına %5 oranında katkı yaparak iklim değişikliğine, katı ve sıvı atıkların doğru şekilde yok edilmemesi yerelde arazi ve su kirliliğine, su ve enerji gibi yenilenebilir olmayan değerli kaynakların hızla tükenmesine yol açtığı belirtilmiştir. Raporun ardından yayımlanan 'Küresel Sürdürülebilir Turizm Konsülü Destinasyon Kriterleri (GSTC C-D)' nin dördüncü ve son bölümünde 'Çevreye Faydaları Çoğaltmak ve Olumsuz Etkilerini En Aza

İndirmek' başlığı altında işletmelerin sera gazı emisyonlarını, enerji ve su tüketimini ölçmeyi, izlemeyi, azaltmayı, kamuya raporlamayı ve fosil yakıtlara bağımlılığı azaltmayı teşvik eden bir yapıya sahip olmasını öngörmektedir.

Ülkemizde ise, Kültür ve Turizm Bakanlığı tarafından enerji, su, çevreye zararlı maddelerin tüketiminin ve atık miktarının azaltılmasını, enerji verimliliğinin arttırılmasını, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının teşvik edilmesini, konaklama işletmelerinin yatırım aşamasından itibaren çevreye duyarlı olarak planlanmalarını ve gerçekleştirilmelerini, tesisin çevreye uyumunu, çevreyi güzelleştirici düzenleme ve etkinlikleri, ekolojik mimariyi, çevreye duyarlılık konusunda bilinçlendirmeyi, eğitim sağlanmasını ve ilgili kurum ve kuruluşlarla işbirliği yapılmasını sağlamak amacı ile 'Yeşil Yıldız' yürürlüğe konulmuştur.

Bu tez kapsamında, dünya genelinde en çok turist alan ülkeler listesinde üçüncü sırada yer alan ülkemizde, sektörel enerji tüketimi toplam enerji tüketiminin %35' ini oluşturarak en yüksek paya sahip otel binaları için, bina tipolojisine bağlı olarak farklılık gösteren enerji ihtiyaç ve tüketim davranışlarını detaylı olarak ele almak, enerji ve maliyet etkinliğini arttırmak, çevresel ve ekonomik olumsuz etkileri azaltmak amacıyla 'Bina Enerji Performansı Direktifi (EPBD)' nin Otel Binaları için Türkiye koşullarına uyarlanması için bir yaklaşım geliştirilmiştir. Yaklaşım, problem hakkındaki mevcut çalışmalar kısmında detaylıca anlatılan literatür araştırması değerlendirildiğinde, sektörel niteliği, iklimsel, teknolojik ve ekonomik ulusal koşulları dikkate alarak enerji ve maliyet etkinliğini eşzamanlı olarak değerlendirerek karşılaştırma yolu ile optimum çözüme ulaştıran yapısı ile özgün bir nitelik taşımaktadır.

Tez genel hatları ile aşağıdaki bölümleri içermektedir:

1. *Tezin amacı, özgün değeri, kapsamı ve literatür araştırmasının anlatılması, sorunun, zorunlulukların, gereksinimlerin ve hedeflerin ortaya konması,*

2. *Bina enerji performansını etkileyen parametrelerin belirlenmesi ve açıklanması*

3. *Mevcut otel binalarının enerji ve maliyet etkinliğinin arttırılması için EPBD' nin öngördüğü yöntemin Türkiye koşullarına uyarlanmasına ilişkin yaklaşımın açıklanması:*

   EPBD' ye göre hesap yöntemi, referans binanın belirlenmesi, minimum enerji performans gereksinimlerinin belirlenmesi, toplam bina enerji tüketiminin hesaplanarak birincil enerji cinsine dönüştürülmesi, global maliyetin hesaplanması ve enerji ile maliyet eşzamanlı değerlendirmesi ile maliyet optimum enerji performansı düzeyinin tespit edilmesi temel aşamalarından oluşmaktadır (EPBD, 2010).

   Ancak ülkemizde otel binaları için mevcut bina stoğunu ve inşa edilecek yeni binaların karakteristik özelliklerini en iyi temsil edecek referans bina henüz tanımlı olmadığından, tez kapsamındaki yaklaşım, mevcut otel stoğunun enerji ve maliyet etkin iyileştirilmesini mevcut durum ile iyileştirme paketlerinin detaylı simulasyon aracı ve hesap cetvelleri kullanılarak elde edilen bulguların mukayesesi yoluyla sağlamaktadır.

4. *Önerilen yaklaşımın kontrolü için test binası üzerinden enerji ve maliyet iyileştirme paketlerinin analizi ve bulgularının açıklanması:*

Yaklaşımın uygulanabilirliğini kontrol etmek amacı ile, seçilen test otel binasının varsayılan turizm kategorisine uygun olarak, sezonluk ve yıllık çalışması durumlarının sıcak nemli, ılımlı-kuru ve soğuk iklim bölgelerinde enerji ve maliyet analizlerinin yapılması ve bulguların eşzamanlı karşılaştırılması yöntemi ile optimum durumun konfor koşullarına uygun olacak şekilde enerji performansı en yüksek ve en ekonomik iyileştirme alternatifinin belirlenmesi detaylı olarak açıklanmıştır.

5. *Yaklaşıma ilişkin sonuç ve önerilerin açıklanması:*

Tez kapsamında ortaya konan yaklaşım ile Türkiye koşullarında otel binaları için ısıl konfor koşullarını sağlayan, enerji ve maliyet etkin optimum çözümlere ulaşmanın mümkün olduğu yapılan analizler neticesinde elde edilen bulgulara dayanarak ortaya konmaktadır. Testi yapılan bina üzerinden, farklı iklim bölgeleri ve çalışma çizelgelerine göre farklı oranlarda iyileştirmeler sağlanmıştır. Bu yaklaşım kullanılarak, Türkiye' de yeralan mevcut otel stoğunun enerji ve maliyet etkin olarak iyileştirilmesi ve önerilecek iyileştirme alternatifleri ve sisteme entegre yenilenebilir enerji sistemleri ile '0 Enerji' hedeflerine ulaşılabilmesi olanaklıdır. Yenilenebilir enerji sistemlerinin ve 'Yeşil Yıldız' belgeli oteller için teşviklerin arttırılması ile yatırımcıların ve dolayısı ile kullanıcıların konuya ilgisi ve yatkınlığı artacaktır.

Binaların iyileştirilmesinin önündeki yasal, ekonomik, teknik ve sosyal engeller birbirine bağlı olup bütüncül çözümler geliştirilmesi gerekmektedir. Buna bağlı olarak, ülkemizde de 'Ülke kazanırsa herkes kazanır' anlayışının yerleşmesi gerekmektedir**.**

AN APPROACH FOR ADAPTATION OF EUROPEAN UNION ENERGY PERFORMANCE OF BUILDINGS DIRECTIVE FOR EXISTING HOTEL BUILDING IN TURKEY

SUMMARY

All over the world, many academic and scientific studies are being conducted in order to find solutions to the problems of natural resources facing, increasing energy consumption and exhaustion with increasing population and developing technology reasons. In recent years in Turkey, developments in the field of energy efficiency, building energy performance, renewable energy systems, sustainability and recycling are being recorded due to the EU harmonization process and the criteria to be provided in this process and increasing awareness in the society.

The Building Energy Performance Directive (EPBD) was published by the European Union (EU) in 2002 to increase the energy performance of buildings, with the aim of developing national building energy performance calculation methods for all member and candidate countries and by evaluating the energy performances of all new and existing buildings , the minimum level of energy determined by the standards and the certificate of energy identity. With this revised directive in 2010, it was imperative to optimize global costs as well as new energy efficiency targets and requirements.

This process, which started with the Energy Efficiency Law in 2007, continued with the Building Energy Performance Regulation in 2008 and in 2009, the 'National Energy Performance in Turkey' method was developed in accordance with the Turkish standard for the simple hourly method recommended in the EN standard. The developed calculation model, while not performing detailed dynamic analysis, regards dynamic effects as specific, depending on the building function, and adds account with reference values. Because of this simplification and acceptance, this method can not accurately assess the energy performance and greenhouse gas emission quantities of buildings with complex thermal zones, such as 4 stars and 5 stars buildings, that have many different thermal zones.

In addition to all these developments, after the 1980s, the tourism sector started to work for sustainable destinations and tourism. In the sustainable tourism development report published by the United Nations World Tourism Organization in 2013, it is estimated that tourism structures contribute 5% to the current carbon emissions that the destruction of climatic changes and solid and liquid wastes in the correct way will lead to local land and water pollution, causing it to run out quickly. In the fourth and last section of the "Global Sustainable Tourism Council Destination Criteria" published after the report, it is aimed to measure, monitor, reduce, report to the public the greenhouse gas emissions, energy and water consumption of the enterprises under

the heading "To Duplicate Benefits to the Environment and Reduce Negative Impacts" and a structure that encourages the reduction of dependence on fossil fuels.

In our country, the Ministry of Culture and Tourism promotes the reduction of consumption of energy, water and environmentally harmful substances, increasing energy efficiency, promoting the use of renewable energy resources, planning and realization of environmentally conscious accommodation from the investment stage of the establishment, "Green Star" was put into effect with the aim of providing awareness about ecological architecture, environmental awareness, education and cooperation with relevant institutions and organizations.

In this thesis, while sectoral energy consumption constitutes 35% of total energy consumption in Turkey, which is the third most touristic country in the world, energy demand and consumption behaviors which differ according to building typology, hotel buildings having the highest consumption share are detailed, an approach has been developed to adapt the "Building Energy Performance Directive (EPBD)" for Hotel Buildings to the conditions of Turkey in order to improve the energy and cost efficiency, reduce the environmental and economic effects. The approach is unique in its ability to deliver optimum solution through comparison by evaluating energy and cost efficiency at the same time considering sectoral, climatic, technological and economic national conditions when the literature research detailed in the present works about the problem is evaluated in detail.

The thesis contains the following sections in general terms:

Section 1: Explaining the purpose of the thesis, the original value, the scope and the literature search, the problem, the necessities, the requirements and the targets,
Section 2: Determination and disclosure of parameters affecting building energy performance,
Section 3: Explaining the approach of adapting the EPBD method to increase the energy and cost efficiency of existing hotel buildings to Turkish conditions:

> The calculation method according to the EPBD consists of the basic steps of determining the optimum energy performance level by determining the reference building, determining the minimum energy performance requirements, converting the total building energy consumption to the primary energy type, calculating the global cost and evaluating cost with energy simultaneously (EPBD,2010).
> However, since the reference building which best represents the characteristics of the existing buildings and new buildings to be built in the country is not yet defined in Turkey, the approach in the thesis is to use energy and cost effective improvement of the existing hotel stock by using detailed simulation tool and calculator by way of comparison of the findings.

Section 4: Analysis of the energy and cost optimization packages through the test building for the control of the proposed approach and disclosure of its findings:

> In order to check the feasibility of the approach, the energy and cost analyzes of hot and humid, mild-dry and cold climate regions of seasonal and yearly working conditions in accordance with the default tourism category of the selected test hotel building and the simultaneous comparison of findings, the

energy performance is highest and the most economical improvement alternative is determined in detail.

Section 5: Examination of the findings obtained by the application of the method in the previous section:

The application of the method to hotel buildings in different climatic zones and the cost parameters for optimal energy efficiency improvement vary. According to these findings, the translucent solar crusher (s10), which reduces the solar gains for the hot and humid climate region in summer and spring, is the most effective parameter.

Section 6: Announcement of conclusions and suggestions related to the approach:

The approach put forward within the scope of the thesis reveals that it is possible to reach energy and cost effective optimum solutions by providing thermal and visual comfort conditions for hotel buildings in Turkey based on the findings obtained from the analyzes made. Improvements have been made on the tested building at different rates according to different climate zones and activity schedules. By using this approach, it is possible to achieve the targets of "Zero Energy" with the improvement of energy and cost effective existing hotels located in Turkey, suggested improvement alternatives and integrated renewable energy systems. Increasing the economic incentives for hotels with 'Green Star' certificates, where renewable energy systems are used, will increase the interest and prestige of investors and therefore users.

The legal, economic, technical and social obstacles in front of the improvement of the buildings are interdependent and holistic solutions need to be developed. As a result, in our country, "Everybody wins if the country wins" understanding must be established.

1. GİRİŞ

Enerji kaynaklarının hızla tükenmesi, içinde bulunduğumuz yüzyılın en büyük sorunlarından biridir. Enerjisinin %70 civarındaki kısmını ithal eden ülkemizde, 2014 yılında sanayi sektöründe yaklaşık 86 milyon ton eşdeğer petrol (TEP), hizmet sektöründe ise 14 milyon TEP olmak üzere toplam 100 milyon TEP enerji tüketildiği göz önünde bulundurulduğunda, binalardaki enerji tasarrufunun önemi daha net olarak görülmektedir (Türkiye İstatistik Kurumu [TÜİK], 2016). Söz konusu tüketimin ekonomik karşılığı ise yaklaşık olarak 30-35 milyar dolar civarında bir maliyet demektir.

Enerji tüketim verileri sektörel bazda incelendiğinde, binaların tükettiği enerjinin konut ve ofis binalarından sonra en yüksek oranda hizmet sektöründe olduğu görülmektedir. Hizmet sektörü içerisinde ise %35 payı ile en büyük enerji tüketim oranı otel/konaklama binalarına aittir (TÜİK,2006).

Dünya genelinde turizmden elde edilen gelirlere bakıldığında ilk on ülke arasında yer alan Türkiye, bir turizm ülkesidir. Sahip olduğu iklim yapısı sebebi ile yaz/deniz turizmi, kış/dağ sporları turizmi, yayla turizmi gibi değişken yapılı turizme, tarihi dokusu ile kültürel turizme ve ticari/kongre vb. kent turizmine ev sahipliği yapmaktadır. Ticari binalar içerisinde, gerek değişken bina geometrisi gerek çok sayıda farklı fonksiyonel mekanlara sahip olmaları gerekse farklı çalışma zaman çizelgeleri ile karakteristiği birbirinden oldukça farklı olan otel binalarının enerji etkinliği, özgün yapılarından ötürü münferit olarak ele alınmalıdır. Sektörel büyüme hızı, turizm yatırım sayıları gelecek bölümde detaylı olarak sunulacak turizm sektörü, enerji etkinliği ve ülkemiz enerji politikası için büyük önem taşımaktadır.

Binalarda enerji tüketim miktarlarını ve enerji maliyetlerini azaltma yolunun enerji ve maliyet etkinliğinin arttırılmasından geçtiği tartışılmaz bir gerçektir. Bu amaçla, bina enerji performansı sistemleri başta gönüllülük esasına dayalı olarak ortaya çıkmış zaman içerisinde yönetmelikler ve direktifler ile zorunlu hale getirilmiştir.

Binalar tarafından tüketilen enerjiyi kontrol altına almak ve olumsuz çevresel etkilerini azaltmak, binalarda enerji performansını arttırmak amacıyla, Avrupa Birliği (AB) tarafından Bina Enerji Performansı Direktifi (EPBD) (2002) yayımlanmıştır. Bu direktif, dış iklim şartları, iç mekân konfor gereksinimleri ve yerel koşullar dikkate alınarak, binalarda enerji hizmetlerini iyileştirmek için ilgili kriterlerin, yenilenebilir enerji kaynaklarının uygulanabilirliğinin değerlendirilmesini, sera gazı salımı sınırlanmasını, bununla birlikte enerjinin verimli ve etkin kullanılması ile çevrenin korunmasını amaçlamaktadır. Yine bu direktif ile yeni ve mevcut binalarda, yasal mevzuat ile tanımlanmış olan asgari enerji performans gereksinimlerinin sağlanması, binaların enerji performansının hesaplanması için ulusal yöntemlerin geliştirilmesi ve bu yolla tüm binaların sertifikalandırılması, ayrıca binalardaki aktif iklimlendirme sistemlerinin periyodik olarak denetlenmesi zorunlu kılınmıştır (EPBD, 2002). EPBD kapsamında, Avrupa Birliği üyesi ve aday ülkeler kendi yasal mevzuatlarını geliştirmiş ve sertifikalandırma amacıyla kullanılacak olan ulusal bina enerji performansı hesap yöntemlerini oluşturmuştur.

Tüm dünya ile birlikte ülkemizde de bina enerji verimliliği soruna çözüm üretebilmek için bir yandan yenilenebilir enerji kaynakları ile alternatif enerji stratejileri geliştirilirken diğer yandan da tükettiğimiz enerjiyi düşürmek hedeflenmektedir. Türkiye'de de EPBD gereksinimleri çerçevesinde gerekli yasal düzenlemeler gerçekleştirilmiş, Enerji Verimliliği Kanunu (2007) ve Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (2008) yürürlüğe konulmuştur. Bina Enerji Performansı Yönetmeliği eki olarak, EN 13790 (2008) standardında tanımlanmış olan basit saatlik metoda uygun şekilde, bina enerji performansı ulusal hesap metodu Bep-Tr (2009), Türkiye şartlarına uygun olarak geliştirilmiştir.

EPBD *Recast* (2010) ile yapılan güncellemeler doğrultusunda mevcut direktifin zorunlu kıldığı yükümlülüklere açıklık getirilmiş olup 2020 yılı için; sera gazı salımı 1990 yılı düzeyinin %20 altına çekilmesi, Avrupa Birliği'nin enerji tüketiminin %20 azaltılması, kullanılan enerjinin %20'sinin yenilenebilir kaynaklardan sağlanması ve tüm binaların neredeyse sıfır enerjili olması hedeflenmektedir. Bu direktifle, minimum enerji performans gereksinimlerine ilişkin optimum maliyet düzeyinin hesaplanması ve bu hesaplamanın ulusal bina enerji performansı hesap metotlarına entegre edilmesi tüm ülkeler için zorunlu kılınmıştır.

Ülkemizde henüz, yönetmeliklerde maliyet etkinliğine dair bir zorunluluk getirilmezken, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2011) Enerji verimliliği çalışmaları ile Türkiye'nin Enerji Yoğunluğunun (milli gelir başına tüketilen enerji) 2023 yılına kadar, 2011 yılına göre en az %20 azaltılması hedeflenmiştir.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 2012 yılında yayımlanan "İklim Değişikliği Eylem Planı 2011-2023" raporunda, öncelikli olarak ticari ve kamu binalarında;

- Isı yalıtımı ve enerji etkin sistem uygulamaları ile ilgili yönetmelik koşullarının karşılanması;
- Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği ve enerji verimliliğine yönelik diğer düzenlemelerin 2017 yılına kadar etkin şekilde uygulanmasının sağlanması;
- Enerji etkinliğiyle ilişkili finansal destek sağlayacak projelerin geliştirilmesi;
- Yeni ve mevcut tüm binaların 2017 yılına kadar enerji kimlik belgesi alması;
- Binalarda yıllık enerji tüketiminin 2015 yılına kadar % 10, 2023 yılına kadar ise % 20 oranlarında azaltılması;
- Mevcut binaların enerji etkinliğini artırmaya yönelik uygulamaların geliştirilmesi; bütünleşmiş bina tasarımı yaklaşımı ve sıfır karbon emisyonlu binalara yönelik kriterlerin geliştirilmesi;
- Enerji etkinliği sağlamaya yönelik ölçütlerin fayda maliyet analizlerinin yapılması;
- Enerji etkinliğe yönelik araştırmaların desteklenmesi

gibi bir dizi uygulamanın hayata geçirilmesi hedeflenmektedir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2012).

İlgili ulusal ve uluslararası yasal zorunluluklar ve sosyal mesuliyet kapsamında, ileri düzey enerji ve ekonomi hedeflerini yakalayabilmek için tasarımcı, yatırımcı, işletmeci gibi tüm bina paydaşlarının konuya hassasiyetle yaklaşması gerekmektedir.

Yılmaz (2014), etkin enerji verimli bina tasarımını "Bina tasarım sürecinde mimarlar, makine mühendisleri, inşaat mühendisleri, elektrik mühendisleri ve danışmanlar, bir tasarım ekibi olarak bir arada çalışarak tasarıma yön vermelidirler. Bu tasarım süreci 'bütünleşik tasarım' olarak adlandırılmaktadır" diye belirtmektedir. Buna karşılık, tasarımcılar, yatırımcılar ve proje paydaşları mimarlık disiplini içerisinde enerji performansı ve bina teknolojilerine yönelik konuların önemini bazen göz ardı edebilmekte ya da bu konuları yalnızca mühendislerin uzmanlık alanı olarak

görmektedir. Bu durum, enerji, çevre ve maliyet ile ilgili gerekliliklerin/kriterlerin diğer tasarım kriterleriyle entegre edilmesini zorlaştırmakta ve sonuç olarak tasarım süreci boyunca üretilen tasarım alternatiflerinin enerji, konfor, çevresel etki ve maliyet gibi performans kriterlerine göre sergileyeceği durum çoğu zaman doğru olarak değerlendirilememektedir (Flager ve diğerleri, 2009; Schlueter ve Thesseling, 2009).

Özellikle yeni binalar için, henüz mimari ön tasarım aşamasında ve ilerleyen proje safhalarında alınacak pasif sistem tedbirleri ile ekstra hiçbir yatırım maliyeti gerektirmeksizin sağlanabilecek enerji etkinliği oldukça yüksektir. Mevcut binalar için de benzeri durum, bina renovasyonu (tadilat) aşamasında bina enerji performansında etkin parametrelerin iyileştirilmesi yolu ile sağlanabilmektedir. Chedwal ve diğerleri (2015), Bodach ve Lang (2016), Xing ve diğerleri (2015), Sozer (2010) otel binalarında mimari tasarım parametreleri (pasif sistem parametreler) ve enerji tüketimi ilişkisini analiz eden çalışmalardan yalnızca bazılarıdır**.** Mimari/pasif sistem tedbirleri ile enerji ihtiyacı en az düzeye taşınmış yeni ya da mevcut binanın, EPBD (2010) da öngörülen 'Yaklaşık Sıfır Enerji' binası olabilmesi için literatürde anlatılacağı üzere aktif ve yenilenebilir enerji sistemlerinin entegrasyonuna ihtiyaç duyulmaktadır. Binalarda enerji verimliliği için, ön tasarım aşaması dahil tüm süreçte bina fiziği, enerji sistemleri, otomasyon sistemlerine ilişkin bütün tasarım parametrelerinin eşzamanlı düşünülmeli, enerji danışmanları dahil tüm proje paydaşları tasarıma beraberce yön vermelidir (Yılmaz,2014).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM) tarafından Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) ile birlikte, "Binalarda Enerji Verimliğinin Arttırılması Projesi" kapsamında Bütünleşik Bina Tasarımı Yaklaşımı ile Proje Geliştirme Süreci Uygulama Kılavuzu (2016), bilgi eksikliğinin giderilerek farkındalığın arttırılmasına yönelik olarak hazırlanmış geliştirilmeye açık kılavuz niteliğinde hazırlanmıştır.

Bütünleşik tasarım yoluyla, turizm sektöründe binalarda enerji verimliliğini maliyet etkinliğini gözeterek arttırmanın, önce yatırımcı ve/veya işletmeci bütçesine, toplamda da ülke ekonomisine yüksek oranda katkı sağlayacağı açıktır. Bu bağlamda enerji kaynaklarını koruma ve enerjiyi tasarruflu kullanma bilincinin işletmeciye ve kullanıcıya anlatılması ve kavratılması gerekmektedir. Konu ile ilgili yapılacak/gerçekleştirilecek ilk örnekler sektör öncüsü rolü ile yeni ya da tadilat görecek diğer otel binaları için örnek teşkil edecektir. Turizm sektöründen hareketle,

özgün yapılı diğer tip kompleks binaların enerji ve maliyet etkinliği için de teşvik edici nitelikte olması umulmaktadır.

1.1 Problemin Tanımlanması

Binalarda enerji performansı değerlendirme sistemleri, ilk uygulamaya girmesiyle gelişmiş ülkelerde hızla kabul görmüş ve yaygınlaşmıştır. Başta gönüllülük esasına dayalı olarak ortaya çıkan bu sistemler zaman içerisinde yönetmelikler ve direktifler ile zorunlu hale gelmiştir. Direktifler değişen koşullara ve yıllara göre daha yüksek hedeflerle geliştirilerek revize edilmiş ve en son halini almıştır. Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde de konuyla ilgili duyarlılık artmakta ve yönetmelikler düzeyinde zorunluluklar uygulamaya konulmaktadır. Gelişmiş ülkelerde, ulusal ve bölgesel koşullara göre hazırlanmış olan mevcut yöntemlerin diğer ülkelerde doğrudan kullanılması bazı güçlüklere hatta yanılgılara sebep olabilmektedir. Herbir ülke kendi ulusal koşullarını dikkate alarak, kendi hesap yöntemini geliştirmelidir. Ülkemizde bu ihtiyaca karşılık olarak, BepTR Ulusal Hesap yöntemi geliştirilmiş olup 2009 yılından itibaren kullanıma açılmıştır.

Bununla birlikte, binaların standart koşullar altında referans bina ile karşılaştırılarak enerji performansının belirlenmesi bir yana enerji etkin bina tasarımı ve renovasyonu, 2010 yılında yenilenmiş AB direktifinin de öngördüğü gibi, binaların gerçek koşullar altında, detaylı olarak dinamik simülasyon araçları ile analiz edilmesi ile mümkün olmaktadır.

Bu bağlamda, gerek tasarım aşaması gerekse renovasyon aşamalarında, bina enerji etkinliğini arttıracak önlemler hayata geçirilmeden analiz edilerek tekil önlemler ve/veya tekil önlemlerin uygun kombinasyonları ile oluşturulan iyileştirme paketleri belirlenmek sureti ile sınanabilmekte ve önerilerin etkinliklerinin karşılaştırılması yöntemi ile alınacak uygun tedbirlere dair karar verilebilmektedir. Özellikle enerji etkin binanın oluşumu sürecinde, bina tipolojisine, binanın bulunduğu iklim yapısına ve binanın çalışma zaman çizelgesine bağlı olarak ilave riskler, zorluklar, farklılıklar gibi problemlerle karşılaşılması muhtemeldir.

Tüm bunlara ilaveten, enerji etkinliğinin yanında ülke sermayesi ve öz sermayeyi de göz ardı etmek mümkün değildir. Bina enerji etkinliğine dair analizlere ek olarak bina

yaşam dönemi maliyetini de içine alan global maliyet analizleri tam da bu aşamada devreye girmelidir.

Yukarıda enerji verimliliği hakkında verilen genel bilgiler ışığında, Türkiye koşulları için özgün enerji ve maliyet etkin otel binası özelinde problemler aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. Hizmet sektörü içerisinde en yüksek enerji tüketim seviyesi %35 ile 'otel' binalarına aittir (TÜİK,2006). Bu bilgi ışığında konut ve ofis tipi binalardan sonra hizmet sektöründeki ticari binalar içerisinde enerji etkinliği ivedilikle ele alınması gereken binalar otel binalarıdır.
2. Sektörel büyüme oranlarına göre (TÜİK, 2013a) %10,5 lik pay ile turizm birinci sırada yer almaktadır. Ülkemiz ekonomisinde sektörel büyüme oranlarına bakıldığında, en hızlı büyümeyi kaydeden turizm sektöründe, enerji etkinliğine dair acil tedbirler alınmaması durumunda gelecek dönemde enerji tüketim mikarlarının bugünkü enerji tüketim miktarlarından oldukça fazla olacağını tahmin etmek yanlış olmayacaktır.
3. Bugüne kadar, mevcut otel binalarına ilişkin ulusal bir envanter çalışmasının bulunmaması, ülkemizdeki otellerde tüketilen enerjinin gerekçelerini ve buna bağlı olarak enerji tasarruf potansiyelini belirlemeyi güçleştirmektedir. Mevcut otellerde belirli yıllarda kullanılan bina kabuğu malzemeleri, konstrüksiyon tipleri, aktif sistemlere ilişkin envanterin bulunmaması otel binaları için ulusal referans binanın belirlenmesini de olanaksız kılmaktadır.
4. Ulusal bina enerji performansı hedeflerinin, AB üye ve aday ülkelerinde, EPBD (2010) 2020 yılı için; sera gazı salımı 1990 yılı düzeyinin %20 altına çekilmesi, Avrupa Birliği'nin enerji tüketiminin %20 azaltılması, kullanılan enerjinin %20'sinin yenilenebilir kaynaklardan sağlanması ve tüm binaların neredeyse sıfır enerjili olması hedeflerine uyum sağlamaması, AB uyum sürecinde olan ülkemiz için enerji politikası açısından önemli bir problem teşkil etmektedir. Bu direktifle, minimum enerji performans gereksinimlerine ilişkin optimum maliyet düzeyinin hesaplanması ve bu hesaplamanın ulusal bina enerji performansı hesap metotlarına entegre edilmesi tüm ülkeler için zorunlu kılınmıştır. Ülkemizde, bugün itibari ile maliyet etkinliği hususunda tavsiye niteliğini aşan bir zorunluluk bulunmamaktadır.

5. Bina enerji performansının belirlenmesi için yapı stoğunu bina fonksiyonuna, yapım yılına göre en doğru şekilde temsil eden referans değerleri içeren referans binanın tanımlanmış olması şarttır. Aksi halde binanın performansını karşılaştıracak baz durum olmadan, binanın enerji performans iyileştirme seviyesini tespit etmek olanaksızdır.

   EPBD *Recast* (2010)'a göre AB üye ülkelerinin özel kategoriye sahip binalarına ilişkin referans binalarının tanımlanmış olmaması durumunda yeni binalar için bir, mevcut binalar için iki adet olmak şartıyla ofis binaları için tanımlanmış referans binaların oteller için de referans bina olarak kullanılmasına müsaade edilmektedir. Bu yaklaşım, bir ofis binasının özel nitelikte konut dışı bir binayı temsil edemeyeceğinden yanıltıcı olabilir. "Maliyet Optimum Enerji Verimli" ve "Yaklaşık Sıfır Enerji" binalarının tespiti için ilk adım referans binanın tespit edilmesidir. Referans bina belirlenirken alt kategorilerin belirlenmesi AB üyeleri için şart olmamasına rağmen yönetmelikçe farklı referans binaların tanımlanması da bir yol olarak önerilmiştir (*Energy Efficiency Directive* [EED], 2012).

   Tüm dünyada, referans binaların belirlenmesi için yaygın uygulama her binaya özgü sanal bir referans bina tanımlanmasıdır. Ulusal standartlara, vaka binanın bulunduğu iklim bölgesine ve tasarım özelliklerine uygun olarak belirlenmesi gereken bu sanal binayı tanımlamada kullanılacak mimari özellikler, bina kabuğu, aydınlatma sistemi ve mekanik sistem gibi sistemlere ilişkin değerler ülkedeki yapım kurallarına da uygun olmalıdır (Yılmaz,2015).

   Ülkemizde konut ve ticari binalar için referans binaların tanımlanmasına ilişkin bilimsel ve akademik projeler (TÜBİTAK, 2015; BEPTR Ulusal Hesap Yöntemi – EK07 Referans Bina Belirleme, 2010; Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği, 2013) tamamlanmış olup, turizm yapılarına ilişkin tanımlanmış bir ulusal referans bina henüz mevcut değildir.

6. Bina tipolojisine ve bina içindeki fonksiyonel mekanlara ilişkin tanımlanmış ulusal sınır değerleri içeren standartların olmayışı ya da herbir fonksiyonel mekana ilişkin verileri içermemesinden kaynaklanan standart veri eksiklikleri başlı başına büyük bir sorun oluşturmaktadır. Sınır ayar sıcaklıkları, hava değişim katsayıları, çalışma zaman çizelgeleri, iç kazanç değerleri, kullanıcı

sayıları gibi bina enerji performansı üzerinde oldukça etkili parametrelere ilişkin ulusal standart verilerin olmaması, bu verilerin temini için ilgili EN, DIN, ASHRAE standartlarına başvurmayı zorunlu kılmaktadır. Ülkemize özgü fonksiyonel mekanların bu standartlarda yer almaması bina enerji performansı analizi için tanımlanması zorunlu fonksiyonel bazı mekanların standartlaştırılmasını imkansız kılmaktadır. Örneğin, 4yıldız ve üzeri otel binalarının hemen hepsinde bulunan Türk hamamı, sauna, soğukluk gibi mekanlar için uluslararası standartlarda hiçbir veri mevcut değildir. Bu sebeple piyasa verilerine başvurularak elde edilmiş bilgiler ile performans analizleri yapabilmektedir (Atmaca, 2010).

7. Otellerin, ticari maksatla yapıldıkları ve otel müşterilerinin bina görselliğini ve hizmetlerini kiraladıkları da göz önünde bulundurulduğunda, turizm yatırımcılarının pazarda rekabet edebilmek ve misafirler için davetkar olabilmek adına mimarlardan oldukça farklı geometrilerde binalar tasarlamaları hususundaki talepleri olağandır. Otel binalarının geometrik formlarının, iç fonksiyonel mekan dağılımlarının birbirinden oldukça farklı olması da basitleştirilmiş geometrili bir 'tip otel' yaklaşımının gerçeklerden sapacağını kanıtlar niteliktedir. Bina geometrisi kompakt formlardan uzak, katlarda farklılaşan formlu binaların enerji simulasyon araçlarına tanımlanması hususunda ayrı bir özen, maharet ve dikkat istemektedir.

8. Otel binalarının bütünü için enerji etkinliğini arttırmak adına geçmiş deneyimlere veya kabullere dayanarak önerilerde bulunmak özellikle 4 yıldız ve üzeri nitelikteki oteller için sahip oldukları farklı fonksiyonel mekanların farklı konfor koşul gereksinimleri nedeniyle oldukça güç hatta yanıltıcıdır. Turizm Tesislerinin Belgelendirilmesi ve Niteliklerine İlişkin Yönetmelik (2005)'e göre 4 yıldız ve üzeri otellerde yıldızlama kriterleri için gerekli fonksiyonel mekanlar yatak odaları, lokanta, bar, kahvaltı salonu, bay/bayan kuaför, satış mağazası, kapalı otopark, kafeterya, kapalı yüzme havuzu, jimnastik salonu, toplantı odası, çok amaçlı salon, gece klubü, türk hamamı, sauna, soğuk depo, kuru depo, aktivite salonu, revir, kat ofisi, kuru temizleme/terzi, okuma salonu, çamaşırhane, idari ofislerdir. Burada sıralanan mekanların neredeyse tümünün konfor gereksinimlerinin, çalışma zaman çizelgelerinin birbirinden oldukça farklıdır.

9. Turizm amacına göre, otellerin yıl içerisinde kullanım durumu değişkenlik göstermektedir. Genellikle kent merkezi otelleri, kongre ve kütürel turizm bölgesi otelleri değişken doluluk oranları ile tüm yıl çalışırken, mevsim turizmi otelleri yalnızca ilgili mevsim ya da sezon boyunca yine değişken doluluk oranları ile hizmet vermektedir. Yine turizm amacına göre, misafirlerin otele ait mekanlarda geçirdikleri zaman ve fonksiyonel mekanlar değişkenlik göstermektedir. Örneğin, yalnızca kayak sezonu hizmet veren bir dağ oteli ile yalnızca yaz sezonu açık olan bir deniz kıyısı otelinin enerji verimliliğine etki eden parametreleri birinin ısıtma diğerinin soğutma döneminde enerji tüketmesi sebebi ile farklı olacaktır. Ayrıca sosyal yaşam alanı içerisinde yer alan otellerde misafirler şehir aktivitelerine de dahil olduklarından, dağ oteli misafirlerine kıyasla otelde daha az vakit geçirmektedirler. Tez kapsamında önerilen yöntem ile test edilen binaya ait benzeri bulgular örnek binanın açıklandığı beşinci bölümde gösterilmektedir. Fabi ve diğerleri (2013); Gaetani ve diğerleri (2016), yüksek performanslı binalarda kullanıcı faktörünün enerji tüketimine etkisini değerlendirmektedir.
10. Ülkemizde, bina global maliyet analizlerinde kullanılmak üzere yıllara göre inşaat, tesisat ve elektrik birim fiyat, tarif ve analizleri gerçek bina maliyetlerini yansıtacak nitelikte değildir. Piyasa rayiçleri TC Çevre ve Şehircilik Bakanlığı birim fiyatlarından oldukça farklı ve rekabetçidir. Bina yapımında kullanılan tüm yapı malzemelerine ilişkin birim fiyatlar bilgilerinin bakanlık sisteminde bulunmaması, malzemelerin marka, model bilgilerine göre fiyatların hassas biçimde değişkenlik göstermesi sebepleri ile yapılan maliyet analizlerinin gerçeği yansıtması adına, piyasa güncel birim fiyat verilerinin edinilmesi gerekmektedir.

Yukarıda maddeler halinde açıklanan problemler, yüksek enerji tüketim miktarına sahip olan 4 yıldız ve üzeri otel binaları için Türkiye koşullarına uygun enerji ve maliyet etkinliğinin arttırılması konusunda özgün bir yaklaşıma ihtiyaç duyulduğunu kanıtlar niteliktedir. Bölüm 1.2'de probleme dair mevcut çalışmalar başlığı altında yer verilen literatür araştırması, tüm dünya genelinde enerji etkin bina tasarımı, enerji ve maliyet etkin konut ve ofis iyileştirmeleri alanlarında birçok çalışma yapılmasına rağmen ulusal nitelikte, ülkemiz koşullarına uygun olarak otel binaları için

geliştirilmiş enerji ve maliyet optimum iyileştirmeler hususunda bir yaklaşıma ihtiyaç duyulduğunu ortaya koymaktadır.

1.2 Probleme Dair Mevcut Çalışmalar

Son yıllarda Bina Enerji Performansı, Binalarda Enerji Etkinliği üzerine ulusal ve uluslar arası pekçok akademik ve bilimsel tez, yayın ve çalışma yapılmıştır. Yapılan literatür incelemesinde, yayınlanan çalışmaların büyük oranda konut ve ofis binaları üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Problemi doğru analiz edip yorumlayabilmek adına bina enerji performansı konusunda genel ve otel özelinde pek çok akademik ve bilimsel yayın incelenmiş ve tezin bu bölümünde sunulmuştur.

Binalarda enerji performansını arttırmak amacıyla, Avrupa Birliği (AB) tarafından Bina Enerji Performansı Direktifi [EPBD] (2002) yayımlanmıştır. Dış iklim şartlarını, iç mekân konfor gereksinimlerini, yerel koşulları ve maliyet unsurlarını da dikkate alarak, binalarda enerji performansını iyileştirmek için kriterleri, yenilenebilir enerji kaynaklarının uygulanabilirliğinin değerlendirilmesini, sera gazı salımını sınırlamayı ve bununla birlikte binalarda performans kriterlerinin ve uygulama esaslarının belirlenmesini, enerjinin verimli ve etkin kullanılmasını ve çevrenin korunmasını amaçlayan bu direktif ile yeni ve mevcut binalarda, yasal mevzuat ile tanımlanmış olan asgari enerji performans gereksinimlerinin sağlanması, binaların enerji performansının hesaplanması için ulusal yöntemlerin geliştirilmesi ve bu yolla tüm binaların sertifikalandırılması, ayrıca binadaki aktif iklimlendirme sistemlerinin periyodik olarak denetlenmesi zorunlu kılınmaktadır.

EPBD kapsamında, AB üyesi ve aday ülkeler kendi yasal mevzuatlarını geliştirmiş ve sertifikalandırma amacıyla kullanılacak olan ulusal bina enerji performansı hesap yöntemlerini oluşturmuştur. Türkiye'de de EPBD gereksinimleri çerçevesinde gerekli yasal düzenlemeler gerçekleştirilmiş, Enerji Verimliliği Kanunu (2007) ve Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (2008) yürürlüğe konulmuştur. Bina Enerji Performansı Yönetmeliği eki olarak, EN 13790 (2008) standardında tanımlanmış olan basit saatlik metoda uygun şekilde, binaları standart koşullar altında kıyaslayarak değerlendirmek üzere bina enerji performansı ulusal hesap metodu Bep-Tr (2010) Türkiye şartlarına uygun olarak geliştirilmiştir. Bu konuda birçok araştırma yayınlamış ve sunmuştur (Yılmaz 2012, 2011; Çelik ve diğerleri, 2011b; Atmaca ve Yılmaz, 2011a). BEP-TR hesap yöntemi ve binalarda enerji performansı modelleme

ve simülasyonları konularında, proje ekibinin yakın tarihli çeşitli araştırmaları da bulunmaktadır (Çelik ve diğerleri, 2011a; Atmaca ve Yılmaz, 2011b, 2011c; Atmaca ve diğerleri, 2011; Gali ve diğerleri, 2011a, 2011b; Atmaca 2013). Bu çalışmalarda Gali ve Atmaca, basit saatlik metodu ve dinamik simülasyon araçlarını kullanarak, konut dışı kompleks yapılı binaların enerji performansının belirlenmesinde yöntemlerin analizi konusunda çalışmalar yürütmüşlerdir. Atmaca (2010), otel binalarının enerji performansının gerçeği yansıtacak şekilde belirlenmesi için, zonlama kriterlerini, hesaplama yöntemlerini ve sınır koşulları standartlarda yer almayan fonksiyonel mekânların enerji ihtiyacı üzerindeki etkisini Bep-Tr ve *EnergyPlus* ile karşılaştırma yoluyla irdelemiş ve otel binalarının değerlendirmesinde gerçekçi sonuçlar elde edebilmek için dinamik yöntemlerin kullanılmasının gerekliliğini ortaya koymuştur.

Hesap yönteminin geliştirilmesinde, ulusal standartlardan ve Bina Enerji Performansı Yönetmeliğinin binaların ısıl performansı, iç hava kalitesi, ısı köprüleri ve aydınlatma ihtiyaçları gibi ilgili konularda yararlanabilecek, yol gösterici nitelik taşıyan AB standartlarından yararlanılmıştır (CEN, 2008, 2007a, 2007b, 2007c, 2007d, 2011). Bu yöntem, EPBD'de öngörüldüğü gibi ilk olarak ulusal veya bölgesel ölçekte referans binaların belirlenmesi ile binaları işlevlerine göre standart koşullar altında değerlendirerek, enerji performans sınıflarını referans bina ile karşılaştırılarak belirlemektedir. Bu nedenle, referans binaların belirlenmesi enerji performansı analizlerinin de önemli bir parçası haline gelmiştir.

BEP-Tr Referans Bina Belirleme Yöntemi (2010) BEP-TR hesap yöntemi içerisinde konut ve konut dışı binalar için belirlenmiş referans bina tanımları ulusal standartların gerektirdiklerini minimum ölçüde sağlayan bina tanımları olarak oluşturulmuştur (Bayram, 2011). TÜBİTAK (2015)'a göre bu referans bina tanımı, maliyet optimum enerji verimliliği analizlerinde kullanılacak olan referans bina tanımından oldukça farklıdır ve birçok açıdan geliştirilmesi gereken yönleri bulunmaktadır. Yılmaz (2015)' e göre, referans binanın her iklim parametresini hesaba katan gerçek iklim bölgelerine göre belirlenmesi gerekmektedir. Ulusal sınır değerlere fiilen referans teşkil eden TS825 (2013) ısıtma derece gün bölgelerini dikkate alarak Türkiye'deki gerçek iklim bölgelerini temsil edemediği için ülkemizde bina enerji verimliliğinin iyileştirilmesinde engel teşkil etmektedir.

Gönüllülük esasına dayalı olarak, ÇEDBİK (2013, 2016), Türkiye'de yapılacak yeni konutlar için geliştirilen yeşil konut sertifikası kapsamında proje ekibi tarafından dört farklı konut tipi için Türkiye'nin gerçek iklim bölgelerinin iklimsel karakteristikleri gözetilerek referans bina tanımı geliştirilmiştir (Yılmaz, 2015).

Dünyada, binalarda enerji performansı ve referans binalar konularındaki çalışmalarda öncü olan Amerika'nın araştırma ve çalışmaları öncelikli olarak ticari binalar için *Lawrence Berkeley National Laboratory* (LBNL), *National Renewable Energy Laboratory* (NREL) ve *Pacific Northwest National Laboratory* (PNNL) laboratuvar ile bir arada yürütülmüştür. ABD Enerji Departmanı (DOE) tarafından, Amerikan Ticari binaların %70'ini temsil edecek nitelikte *"Commercial Reference Buildings"* adıyla 16 farklı iklim bölgesi için, 16 farklı tipolojiyi 1980 öncesi mevcut, 1980 ve sonrası mevcut ve yeni binalar olmak üzere üç kategoride ticari referans binalar oluşturulmuştur. Yeni ve mevcut referans otel binaları her bir iklim bölgesi için küçük ve büyük oteller olarak ayrıştırılmış olup, dört katlı küçük otel, 77 adet yatak odası, 1 adet toplantı salonu, 1 adet egzersiz stüdyosu, 1 adet çamaşır odası depo ve ofislerden oluşmaktayken, büyük otel küçük otelin yaklaşık üç katı kapalı alana sahip, 6 katlı, 180 adet yatak odası, mutfak, restoran,2 adet mağaza, lobi, depolar, kafe, çamaşır odası mekânlarını içerecek şekilde tanımlanmıştır. Yeni binalar için ASHRAE 90.1-2004, 62.1-2004 ve 62-1999 standartlarından yararlanılmış, 1890 sonrası inşa edilen binalar için ise ASHRAE 90.1-1989 kullanılmıştır [ANSI/ASHRAE/IESNA, 2004a, 2004b, 1998, 1989]. Diğer girdiler için ise, veriler üzerinde gerçekleştirilen analizler ve standart uygulamalardan yararlanılmıştır. Belirlenen referans binalar, bina tanımı, parametrelerin değerleri ve verinin kaynağını içeren detaylı çizelgeler ile açıklanmış, ayrıca *EnergyPlus* simülasyon aracında kullanılmak üzere farklı versiyonlarda enerji modelleri de geliştirilmiştir (Deru vd., 2011).

Referans binaların belirlenmesi amacına yönelik olarak, AB *Intelligent Energy Europe* (IEE) programı bünyesinde 13 Avrupa ülkesi için, mevcut konutları boyutlarına ve yapım yıllarına göre kategorize ederek maliyet analizi olmaksızın referans değerleri belirlemiş IEE-TABULA project (2009–12) isimli uluslararası araştırma projesi gerçekleştirilmiştir (Ballerini ve diğerleri, 2014). TABULA *(Typology Approach for Building Stock Energy Assessment)* projesinde her bir referans bina için standart ve ileri seviye enerji performansı iyileştirmeleri belirlenmiştir ve tüm sonuçlar web tabanlı bir yazılım ile kullanıma sunulmuştur. (Loga ve Diefenbach,

2010). Bir diğer IEE projesi olan ASIEPI (*Assessment and improvement of the EPBD Impact*) projesi ise mevcut ve yeni konut binalarının enerji performanslarının hesaplanması amacıyla referans binaların belirlenmesini içermektedir (Spiekman ve Westerlaken, 2010).

2010 yılında EPBD, revize edilerek mevcut direktifin zorunlu kıldığı yükümlülüklere açıklık getirilmekle birlikte, yeni hedefler de ortaya koyarak, 2020 yılı için; sera gazı salımı 1990 yılı düzeyinin %20 altına çekilmesi, Avrupa Birliği'nin enerji tüketiminin %20 azaltılması, kullanılan enerjinin %20'sinin yenilenebilir kaynaklardan sağlanması ve tüm binaların neredeyse sıfır enerjili olması hedeflenmektedir. Bu direktifle, minimum enerji performans gereksinimlerine ilişkin optimum maliyet düzeyinin hesaplanması ve bu hesaplamanın ulusal bina enerji performansı hesap metotlarına entegre edilmesi tüm ülkeler için zorunlu kılınmıştır.

Corgnati ve diğerleri (2013) ofis binaları için, yeni direktifin beklentilerinin ışığında maliyet etkin referans bina tanımı ve uygulaması, Amerika' da Ng ve diğerleri (2012) ticari binalar için referans binaların iç kava kalitesini irdeleyen çalışması, bu alanda yapılan araştırmalardan yalnızca bazılarıdır. Ascione (2016), Güney İtalya için 1991-2005 yılları arasında inşaa edilmiş referans hastane binasını kullanarak, kompleks yapılı binalardan hastane binaları için, EPBD *Recast* (2010) da hedeflenen maliyet etkin yaklaşık sıfır enerji binası için örnek üzerinde yapılmış iyileştirmeleri açıklamaktadır.

Buso T. ve diğerleri (2015) ise EPBD *Recast* AB üye ülkeleri için özel kategorideki binalar için referans bina tanımlanmaması durumunda bu tip binalar için Referans Ofis Binası'nın kullanılabileceği bildirilmesine rağmen referans ofis binasının kompleks yapılı bir binayı temsil etmesi sonuçlar açısından yanıltıcı olabileceğinden ötürü Yaklaşık Sıfır Enerji Otelleri için küçük ve orta çaplı İtalyan Ulusal Referans Otel Binası'nın tanımlanması üzerine çalışmışlardır. Otel binaları için yapılan bu çalışmada, alt kategoriler iklim bölgesi, bina yaşı, otel yatak sayısı, otel kategorisi ve otel çalışma periyodu olarak belirlenmiştir. Ulusal standartlarda ekstra fonksiyonlara ilişkin verilerdeki eksiklikler piyasa deneyimlerinden istifade edilerek senaryolara dahil edilmiş ve vaka binası konaklama ve ekstra fonksiyonlar olmayacak şekilde ele alınmıştır. Yapılan analizler neticesinde İtalyan otel binalarının konaklama hizmetlerinin konutlarla kıyaslanarak değerlendirilmemesi ve ekstra fonksiyonlarla eklenen soğutma ve havalandırma yüklerinin mutlaka hesaba katılması gerekliliği

belirtilmiştir. Ayrıca ekstra fonksiyonlar olan *fitness* ve mutfak alanları konaklama alanlarına oranla çok düşük olmasına rağmen toplam bina birincil enerji tüketiminin %10 ununa sebep olmaktadır. Ancak bu çalışmada EPBD *Recast*' in zorunlu kıldığı maliyet optimizasyonuna değinilmemiştir.

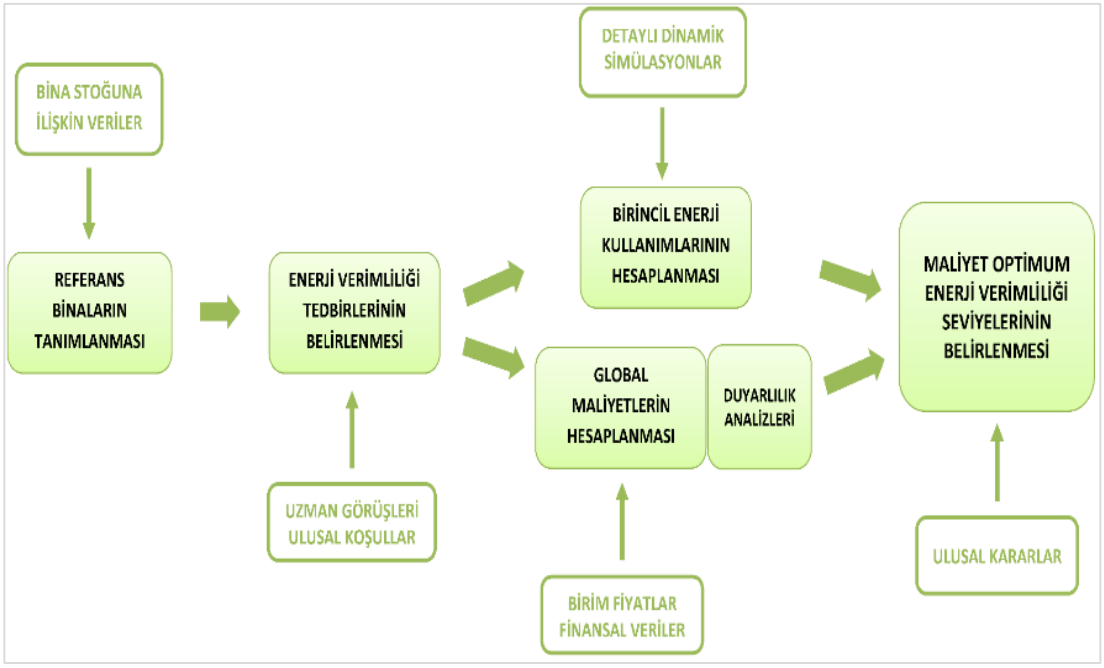
Bir diğer çalışmada ise, Buso ve diğerleri (2016), AB tarafından gerçekleştirilmiş optimal maliyet hesaplamalarını, bir takım Enerji Verimliliği Ölçütleri (EEM) ve bina kabuğu enerji verimliliği paketlerini dinamik enerji simülasyon yazılımları aracılığı ile Referans Otel'lere (RH) uygulayarak açıklarken, mevcut binaların enerji verimliliği iyileştirmelerinin ölçüldüğü ve hesaplamalara dahil edildiği optimal maliyet metodolojisinde deneysel olarak gözden geçirilmiş bir versiyonunu teklif etmektedir. Optimal maliyet analizi için bir İtalyan Referans Oteli referans model olarak seçilmiştir. Öncelikle, EEM paketlerinin birincil enerji tüketimi ve global maliyetleri optimal maliyet düzenlemesini tanımlamak için finansal bir bakış açısıyla çıkarılmış, önerilen global maliyet-kazanç formülü tüm tadilat opsiyonlarına uygulanmıştır. Sonuçlara göre, eş kazançların dahil edilmesi tadilat projelerinin global maliyetlerini önemli ölçüde düşürebilmekte ve enerji verimliliği iyileştirmelerinin finansal elverişliliğinin anlaşılması konusunda yatırımcıların dikkatini çekebilecek yararlı bir araç olarak optimal maliyet metodolojisi sunulmaktadır.

Ülkemizde de ortak hedefler doğrultusunda, yüksek lisans ve doktora düzeyinde akademik çalışmalar, AB ve ulusal araştırma projeleri yürütülmektedir. Bu alanda bir TÜBİTAK (2015) projesi tamamlanmış olup mevcut yönetmeliklere uyarlanmaya hazır halde geliştirilmiştir. Bu projede, konut binaları için referans binaların belirlenmesi, mevcut ve yeni binaların maliyet ve enerji etkinlik seviyelerinin tespit edilmesi için Şekil 1.1'de sunulan AB Komisyon Yönetmeliği (2012) çerçeve yöntemden hareketle Türkiye koşullarına uygun ulusal hesap yöntemi sunulmaktadır. Konut binaları için yapılan bu çalışmadaki global maliyet hesaplamalarında Şekil 1.2'de akış şeması gösterilen ve EPBD tarafından en güvenilir maliyet hesaplama yöntemi olarak belirtilen EN 15459 Bina Enerji Sistemleri için Ekonomik Değerlendirme Prosedürü kullanılmaktadır. Akış şeması, biri 'eşdeğer anüvite metodu' diğeri 'net bugünkü değer metodu' olmak üzere iki farklı metot içermektedir.

Eşdeğer anüvite metodu, belirli bir zaman aralığı boyunca herhangi bir maliyeti, bir yıllık faktör kullanarak ortalama yıllık maliyetlere dönüştürerek hesaplamaktadır.

Net bugünkü değer metodu, uzun vadeli projelerin finansal değerlendirmesi için kullanılan ve global maliyet yöntemi olarak bilinen projenin başında bugünkü değerine göre hesaplanan nakit akışlarının karlı veya zararlı olduğunu ölçmek için kullanılan standart bir yöntemdir.

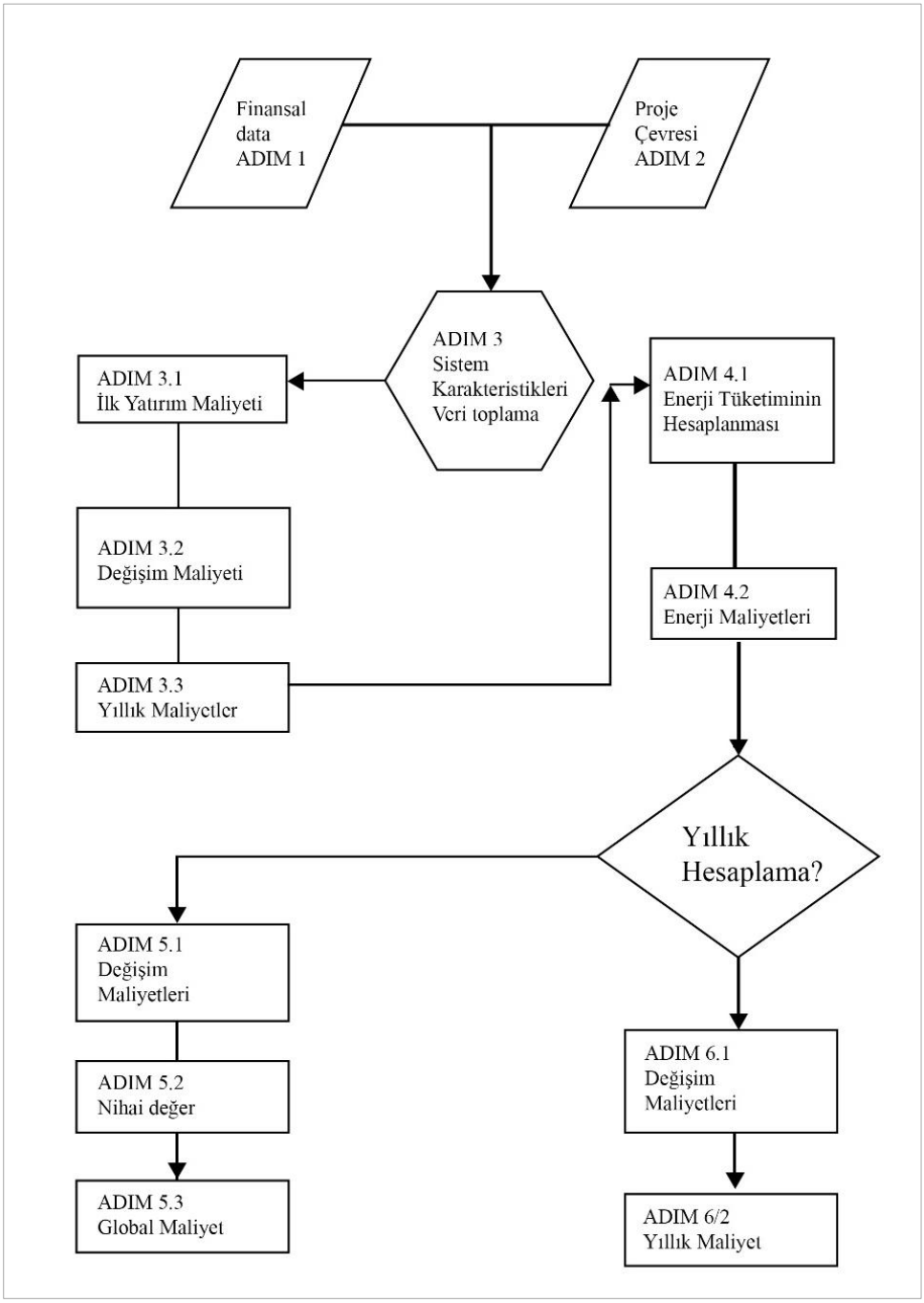
Global maliyet: Yapının yatırım maliyetleri ve işletim maliyetleri dahil bugünkü değerinin yaşam dönemi boyunca ki toplam maliyetidir (EN 15459,2007). *EU Commission* (2012)' ye göre, otel binaları için hesaplama süresi 20 yıl olarak belirlenmiştir.



Şekil 1.1 : Maliyet Optimal Enerji Verimliliği Seviyesini Belirlemek için Çerçeve Metodoloji Akış Şeması, Tübitak (2015).

Mevcut otel binalarının enerji ve maliyet etkin iyileştirilmesi konusunda, birbiriyle çakışan birden fazla kriterin/amacın eş zamanlı olarak dikkate alınması gereken durumlarda kriterler arasında ödünleşim (trade-off) meydana gelebilmekte ve karar verici "çok amaçlı optimizasyon" problemiyle karşı karşıya kalmaktadır (Ma ve diğerleri, 2012). Bina enerji performansına yönelik doğru ve etkin kararların verilebilmesi için gerek performans hedefleri arasında meydana gelen ödünleşimin dikkate alınması zorunluluğu ve gerekse geniş bir çözüm kümesi içerisinde çok sayıda çözüm alternatifinin değerlendirilmesi gerekliliği, karar verme sürecinin karmaşıklığını gittikçe artırmaktadır (Yi ve Malkawi, 2009). Her ne kadar her bir kriteri aynı anda sağlayacak global bir çözümün bulunması imkansız olsa da, ideal

çözüme ulaşılabilmesi için çeşitli karar destek sistemleri kullanılmaktadır (Kolokotsa ve diğerleri, 2009).



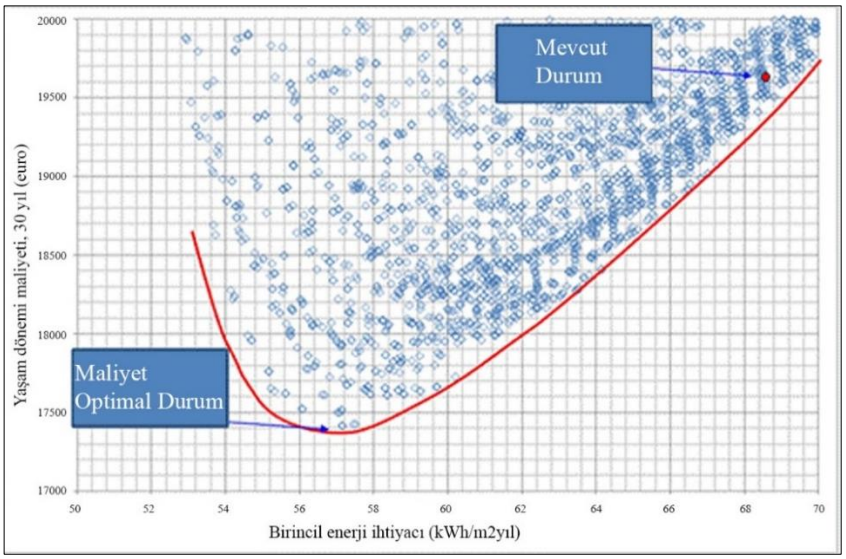
Şekil 1.2 : Global ve Anüvite analizleri akış şeması (EN 15459,2007).

Bu noktada, tasarım kararlarının enerji, maliyet, çevresel etki ve diğer performans kriterlerine göre belirlenmesi gereksinimi doğrultusunda, bina performans simülasyonlarının yanı sıra ekonomik analizlerin de entegre edilmesine yönelik ihtiyaç ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla, bina performansını geliştirmeye yönelik en etkin tasarım çözümlerinin belirlenebilmesinde, enerji, maliyet, termal konfor gibi

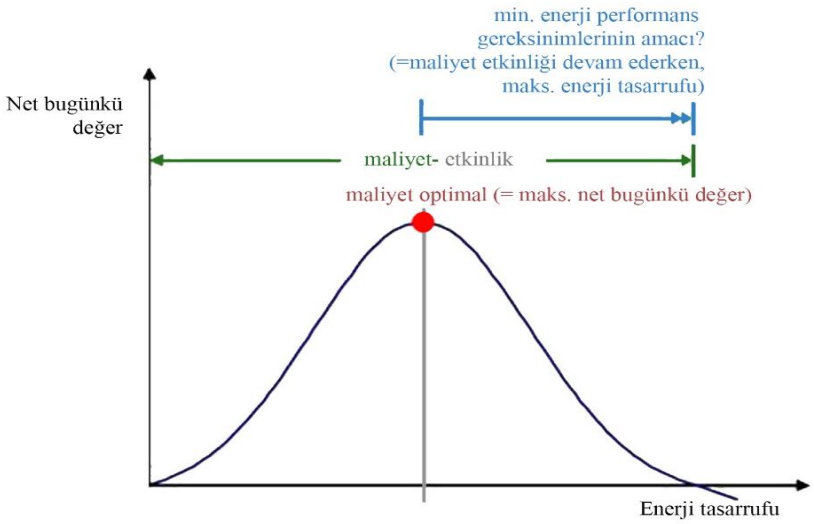
aralarında ödünleşimin söz konusu olabileceği birden fazla kriterin eş zamanlı olarak ele alınabilmesine ihtiyaç duyulmaktadır (Ma vd., 2012).

Enerji ve ekonomik etkin seçeneklerin belirlenmesi probleminin çözümlenmesinde karar vermeye destek yöneylem araştırması ile seçimde yer alan kriterlerin belirlenmesi, kriterler arasında ilişkiyi gösteren modelin kurulması ve karşılaştırma yolu ile seçim yapılması önerilen yöntemler arasındadır (Çetiner, 2002).

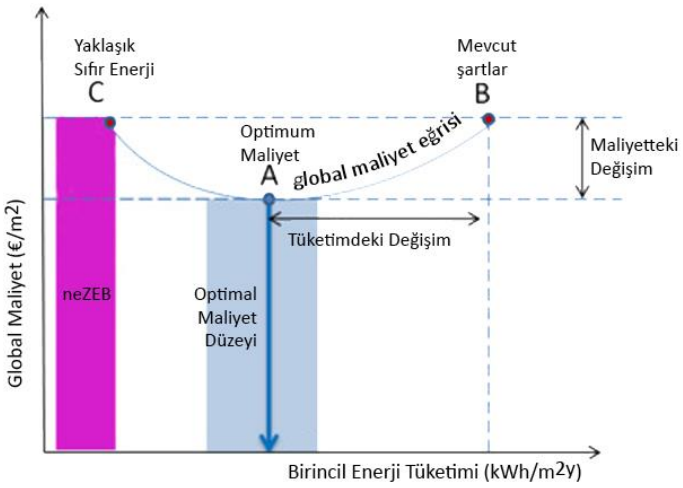
Ayrıca 'Maliyet Optimal Durum', 'Maliyet Etkinliği', Maks. Enerji Performansı' örnek grafikleri Şekil 1.3, 1.4 ve 1.5'te verildiği gibi çok sayıda alternatif arasından maliyet optimal durumu belirlemek için kullanılmaktadır.



Şekil 1.3 : Örnek birincil enerji ihtiyacı ve yaşam dönemi optimal maliyet grafiği (Wittchen ve Thomsen, 2012).



Şekil 1.4 : Optimal maliyet örnek grafiği (Wittchen ve Thomsen, 2012).



Şekil 1.5 : Optimal maliyet örnek grafiği (Congedo ve Diğerleri, 2015).

Diğer taraftan, dünya karbondioksit salınımlarının %2'sinden sorumlu olan konaklama sektörü, müşterilerin gereksinim ve isteklerini karşılayabilmek için yoğun enerji kullanımına sebep olmaktadır. Sektörel anlamda, otel binalarında tüketilen enerjinin azaltılmasına çözüm arayan pek çok uluslararası çalışma mevcuttur.

Çin' de yapılan bir çalışmada, Xing ve diğerleri (2015), mevcut otel binası üzerinde dinamik simülasyon aracı ile yürütülen analizler neticesinde, otellerin enerji tüketimlerindeki etkin parametreler araştırılmış ve Bina Enerji Verimliliği İyileştirme Şeması sunulmuştur. Araştırmada etkin parametrelerin sırasıyla, iç yüklerin zaman çizelgeleri ve otel doluluk oranları ile çiller grubunun COP değerleri (Performans Katsayısı) olduğu tespit edilmiştir. Goncalves ve diğerleri (2012), binalarda enerji kullanımına yeni bir bakış açısı ile bakmak amacıyla, mevcut yöntemin limitleri tanımlanmakta ve ekserjiye dayalı yeni bir gösterge önermektedir. Portekizde yer alan mevcut bir otel binasının gerçek tüketim verileri analiz edilerek, birincil enerjiye ek olarak birincil enerji oranı ve ekserji verimliliği değerleri kullanılmıştır. Bu örnek üzerinden, elektrikli ekipmanlar, birincil enerji tüketiminin en büyük sebebi olarak ortaya konurken bunun tersine mekân iklimlendirilmesi için en yüksek ekserji verimliliğini sağlamaktadır. Oliveria (2012), otellerde artan konfor ve kullanıcı sayısı ile otomasyon sistemlerine bağlı enerji verimliliğini deneysel olarak gözlemleyerek ortaya koymaktadır. Hanna (2014), Mısır'ın iki farklı bölgesi için yeni bir otel binası üzerinde parametrik analizler yolu ile bu bölgeler için pratik enerji verimliliği tedbirleri önermektedir. Sözer (2010) otel tesislerinde bina tasarımından son kullanıcıya kadar kaynakların verimli kullanımının aynı ölçekteki diğer tip ticari binalara göre oldukça düşük olduğunu ve mimarı tasarım sürecinde alınan isabetli

kararların, olumsuz çevresel etkileri azaltmak hususunda oldukça önemli bir rol oynadığını belirtmiştir. Bu çalışma, otel binalarının enerji performansını arttırmak için bina kabuğu tasarımında pasif solar tasarım tekniklerinin etkisini İzmir örneği üzerinden irdelemektedir. Eras (2016), Küba'da biri sahil biri şehir oteli olan iki farklı otelde yapı fiziği ve bina işletmesi girdilerinin parametric analizi yolu ile otellerin elektrik tüketimlerini tahmin etmek üzerine bir yaklaşım ortaya koymaktadır. Acosta ve diğerleri (2016), doğrusal olmayan model öngörülü kontrolörler aracılığıyla otel odalarında konfordan taviz vermeksizin soğutma yüklerinin düşürülmesi için bir yaklaşım sunmaktadır. Xin ve diğerleri (2012), enerji tüketimi için teorik analiz veri toplama, enerji kullanımı endeksi normalleştirme ve enerji tüketimi kota hesaplanması için istatistiksel analiz yöntemlerini içermektedir. Wang (2012), Taiwan'da ikiyüz otel üzerinde analiz yaparak veri toplama ile envanter oluşturan çalışmasında yatak odaları ve diğer fonksiyonel mekanlar için 'energy use index' değeri belirlemiştir. Deng ve Burnett (2000), otel binalarında soğutma yüklerinin azaltılmasına odaklı bir çalışmayı tamamlamışlardır.

Otel binalarının enerji tüketimlerinin düşürülmesi, enerji verimliğinin arttırılması, olumsuz çevresel etkilerinin azaltılması için bir takım gönüllü sertifikalar da literatürde mevcuttur. Xu ve Chan (2013), sürdürülebilir kalkınma stratejisi için Enerji Performans Sözleşmelerini *(Energy Permormance Contracting*) olası bir pazar mekanizması olarak tanımlamaktadır. Bu çalışmada, Enerji Performance Sözleşmeleri (EPC) ışığında sürdürülebilir bina enerji verimliliği iyileştirme için analitik ağ sürecini kullanan bir yöntem geliştirilmiştir. Otel binalarında sürdürülebilir Bina enerji Verimliliği İyileştirmesi için Anahtar Performans Göstergeleri (KPI) ve EPC için kritik başarı faktörleri (CSFs) yazarlar tarafından yapılan bir dizi mülakat ve ankete dayalı olarak tespit edilmiştir. Toplanan verilere dayalı olarak, *SuperDecision* yazılımı kullanılarak ANP modeli oluşturulmuştur. Ayrıca, Hays ve Ozretic-Došen (2014), yeşil otel kriterlerinde işletmeye düşen rolü niteliksel bir yöntemle ele almaktadır. Stark (2008) Energystar ile yeşil otel olmaya hak kazanmış otellerin %40 daha az enerji tükettiğini belirtmektedir.

Turizm sektöründe sürdürülebilir destinasyon ve sürdürülebilir turizm için 1980 sonrası çalışmalar başlamış ve Birleşmiş Milletler Dünya Turizm Örgütü (2013) yayınladığı sürdürülebilir turizm gelişimi raporunda turizm yapılarının mevcut karbon salınımına %5 oranında katkı yaparak iklim değişikliğine, katı ve sıvı atıkların doğru

şekilde yok edilmemesi yerelde arazi ve su kirliliğine, su ve enerji gibi yenilenebilir olmayan değerli kaynakların hızla tükenmesine yol açtığı belirtilmiştir. Raporun ardından yayımlanan 'Küresel Sürdürülebilir Turizm Konsülü Destinasyon Kriterleri (GSTC C-D)'nin dördüncü ve son bölümünde 'Çevreye Faydaları Çoğaltmak ve Olumsuz Etkilerini En Aza İndirmek' başlığı altında işletmelerin sera gazı emisyonlarını, enerji ve su tüketimini ölçmeyi, izlemeyi, azaltmayı, kamuya raporlamayı ve fosil yakıtlara bağımlılığı azaltmayı teşvik eden bir yapıya sahip olmasını öngörmektedir.

Ülkemizde de 2008 yılında T.C.Kültür ve Turizm Bakanlığı tarafından, su, çevreye zararlı maddelerin tüketiminin ve atık miktarının azaltılmasını, enerji verimliliğinin arttırılmasını, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının teşvik edilmesini, konaklama işletmelerinin yatırım aşamasından itibaren çevreye duyarlı olarak planlanmalarını ve gerçekleştirilmelerini, tesisin çevreye uyumunu, çevreyi güzelleştirici düzenleme ve etkinlikleri, ekolojik mimariyi, çevreye duyarlılık konusunda bilinçlendirmeyi, eğitim sağlanmasını ve ilgili kurum ve kuruluşlarla işbirliği yapılmasını sağlamak amacı ile 'Turizm İşletmesi Belgeli Konaklama Tesislerine Çevreye Duyarlı Konaklama Tesisi Belgesi Verilmesine Dair Tebliğ düzenlenmiş ve "Yeşil Yıldız" projesi hayata geçirilmiştir. Yeşil yıldız puanlama sisteminde enerji ve ekolojik mimari başlıkları toplam puanın yarısını oluşturarak, en etkin başlık enerji olarak belirlenmiştir.

Bu tebliğe göre, 'Yeşil Yıldız' a sahip olmak isteyen işletmelerin, çevre politikaları ve planı, uzman yönetici belgesi, ilgili personelin sertifikaları, atık su planı, tüm sistemlerin rutin bakım onarım ve servis denetim evrakları, su tüketimi, ısıtma ve soğutma için enerji tüketimi, elektrik tüketimi ve genel enerji tüketimi konusunda verileri topladığına ve izlediğine ilişkin raporları (kapalı alan m^2 başına enerji tüketimi veya geceleme başına enerji tüketimi, aylık, üç aylık ve yıllık raporları) ve malzemelerin çevreye duyarlı olduğuna, bakımlarının düzenli yapıldığına dair belgeleri düzenleyerek bakanlığın ilgili birimine başvurmaları ile bu süreci başlatmaları ve her iki yılda bir de yeşil yıldızın kontrol edilerek yenilenmesi gerekmektedir. Resmi Gazetede 'Çevreye Duyarlı Konaklama Tesisi Belgeli İşletmelere Elektrik Enerjisi Desteği Hakkında Karar'ın yürürlüğe konulması ile Çevreye Duyarlı Konaklama Tesisi Belgesi ile belgelendirilmiş turizm işletmelerine verilecek elektrik desteği miktarı, tesisin bulunduğu ildeki mesken ve sanayi

abonelerine uygulanan tarifelerden en düşüğü ile kendi abone grubuna uygulanan tarife arasındaki fark kadar olacak şekilde düzenlenmiştir. Bu destek ile, enerji tüketimi azaltılarak ekolojik oteller için yatırımcıları teşvik etmek hedeflenmektedir.

Otelcilik sektöründe dünya çapında gerçekleştirilen bir çalışma ise Birleşmiş Milletler ve Avrupa Birliği temsilcilerinin işbirliği ile turizm ve enerji alanında yapılmış *The Hotel Energy Solutions* (HES) adlı, UNWTO (Dünya Turizm Organizasyonu) projesidir. Bu proje, küçük ve orta düzeyli işletmelerde enerji verimliliğinin ve yenilenebilir enerji sistemlerinin kullanımının arttırılması için bilgi, teknik destek ve eğitim vermeyi amaçlamaktadır (HES,2011). Otellerde enerji verililiği önlemlerinin yanı sıra yenilenebilir enerji kullanımının önemini tespit ve teşvik etmek amacını güden diğer bir çalışma da, Avrupa'dan on ülkenin katılımı ile başlatılan The RELACS adlı bir *Intelligent Energy of Europe* (IEE*)* projesidir. Proje kapsamında, 212 adet konaklama tesisinin katılımı ile 58 ayrı fizibilite ve 95 adet enerji denetimi tamamlanmıştır (The RELACS,2015). Avrupa'da yapılan diğer bir çalışmada, konaklama fonksiyonu içeren mevcut binalar için bir veri merkezi oluşturularak, binalarda enerji kullanımına yönelik aramaları sadeleştirerek ve binaları yaş gruplarına göre listeleyerek Avrupa Binaları mercek altına alınmıştır (Economidou ve diğerleri, 2011).

EPBD *Recast* ile bina enerji verimliliğinde maliyet etkinliğinin de zorunlu hale gelmesi ile otel binalarının enerji etkinliğinin arttırılması maksadı ile gerçekleştirilen çalışmalar maliyetler de hesaba katılarak yürütülmeye başlanmıştır. Örneğin Hindistan'da gerçekleştirilen bir çalışmada, otellerin enerji verimliliği, yönelimleri, saydamlık oranları, ısı yalıtımları, kat sayıları, büyüklükleri ve aydınlatma elemanları farklı üç otel binası üzerinden analiz edilirken, maliyetleri de iyileştirme maliyeti, yıllık enerji tasarruf bedeli ve geri ödeme süreleri basitleştirilmiş bir yolla hesaba katılarak öneriler geliştirilmiştir (Chedwal ve diğerleri, 2015). Bodach ve Lang (2016) saydamlık oranları, pencere tipi, güneş kontrolü tipi ve ısı yalıtım düzeyleri üzerinden enerji simülasyonları aracılığı ile gerçekleştirdikleri parametrik analizlerle Nepal'de tüm iklim bölgeleri için otellerin enerji tasarruf potansiyelini maliyet optimizasyonu ile belirlemeyi hedeflemektedir. Doğrusal regresyon analizinden yararlanarak, iklim bölgesine göre binaların bulunduğu yükseklikliere bağlı olarak saydamlık oranları hakkında önerilerde bulunulmaktadır.

Ayrıca, yukarda belirtilen, tüm bina tipleri için EPBD Recast' in 2020 hedeflerinin yanında, yeni yapılacak kamu binalarının 31 Aralık 2018'den itibaren "Yaklaşık Sıfır Enerji" olması ve bu vesileyle örnek teşkil etmesi öngörülmektedir. Böylelikle bu direktifle, Maliyet Ekkin Enerji Verimliliği seviyesi kavramı ile birlikte "Yaklaşık Sıfır Enerji" ve "Net Sıfır Enerji" kavramları gündeme gelmiştir.

Yaklaşık Sıfır Enerji Binası (neZEB): Enerji ihtiyacı oldukça düşük, çok yüksek enerji performansına sahip ve ihtiyaç duyulan az miktardaki enerjinin çoğunlukla yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılandığı bina olarak tanımlanmaktadır. Bu tanımda belirtilen "çok yüksek enerji performansı" için mevzuata bağlı standart bir değer verilmemiş olup, her AB üyesi ülkenin hesaplamalar yolu ile kendi ulusal koşullarına uygun şekilde bu seviyeyi belirlemesi beklenmektedir. Yaklaşık sıfır enerji bina kavramı, aynı direktifte yer alan maliyet optimum enerji verimliliği kavramı ile de doğrudan ilişkilidir. Maliyet optimum enerji verimliliği seviyesi, EPBD-*Recast*'e göre "ekonomik yaşam dönemi boyunca en düşük maliyet ile sonuçlanan enerji performansı seviyesi" olarak tanımlanmakta ve bu seviyenin 2020 yılı sonuna kadar yaklaşık sıfır enerji seviyesini yakalaması hedeflenmektedir (Ganiç Sağlam ve Yılmaz, 2015).

Net Sıfır Enerji Binası (nZEB): Enerji ihtiyacı oldukça düşük, çok yüksek enerji performansına sahip ve ihtiyaç duyulan az miktardaki enerjinin tamamını ya da daha fazlasını yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılandığı ve üretilen yenilenebilir enerjinin bir kısmını satarak yıllık enerji bilançosunu sıfır yapabilen bir bina olarak tanımlanmaktadır (DOE,2015).

Otellerde, net sıfır enerji ve yaklaşık sıfır enerji üzerine yapılan çalışmalardan González ve Yousif (2015), Tsoutsos ve diğerleri (2013) Akdeniz otelleri üzerine yoğunlaşmış yayınlardır. IEE programı tarafından desteklenen, 7 Avrupa ülkesinin katılımcıları ile gerçekleştirilen NeZEB projesinin amacı, küçük ve orta çaplı otel binalarına odaklanarak, mevcut binaların "Net Sıfır Enerji" binası olarak iyileştirilmelerini hızlandırmak ve konaklama sektöründe öncüleri teşvik etmektir (IEE,2016). Buso ve diğerleri (2014a), NeZEH Avrupa projesini inceleyen makalelerinde, mevcut otellerin gerçek enerji kullanımları için *Buildings Performance Institute Europe'un (*BPIE) bina yaşlarına göre grupladığı Avrupa birliği üye ülkelerinin veri bankası ve HES aracılığı ile de otellerin enerji performansları için mevcut sertifika şemalarına göre ortalama enerji kullanım düzeylerinden

yararlanılmıştır. Ulusal düzeyde bina enerji kullanımına ilişkin datalar ise otellerin konaklama kısmı konutlarla benzerlik gösterdiğinden ENTRANZE projesine ait verilerden temin edilmiştir. Proje, otellerin yaklaşık sıfır enerji oteli olarak yenilenmesi hususunda küçük ve orta çaplı işletmeleri ele alarak, karmaşık yapılı fonksiyonlardan bağımsız olarak enerji tüketim davranışları tipik olan konaklama fonksiyonuna odaklanmaktadır. Konaklama fonksiyonları belirlenirken ki seçim kriterleri EPBD (2002) tarafından önerilmiş ve çalışanlar/misafirler için ilgili iç ortam konfor koşulları EN15251'in önerdiği şekilde sağlanmıştır. Bu proje kapsamında, enerji maliyetlerinin büyük çaptaki etkisine rağmen maliyet etkinliğine değinilmemiştir. Bu makale ile Avrupa otelleri enerji tüketiminin mevcut durumu ve yaklaşık sıfır enerji düzeyi için belirlenen hedeflerin ne kadar iddialı olduğu hakkında genel bir bilgi sağlanmaktadır. Ayrıca, yenilenen binalar için optimum maliyetli enerji performansının dikkate alınması yeni ölçütleri de doğuracaktır. Günümüzde yeni binalar kolaylıkla sıfır enerji binaları olarak dizayn edilebilirken, yenileme eylemleri hedefe ulaşmaya izin vermeyen birçok teknik kısıtlama ile karşı karşıya gelmek durumundadır. Buso ve diğerleri (2014b), neZEH projesindeki en iyi uygulama örneği olan butik şehir oteline ilişkin bilgi ve enerji tüketim verilerini görüşmeler ve anketler aracılığı ile toplayarak sonuçları sunmuşlardır. Bu örnek otel 2009 yılında 'pasif bina' olarak yenilenmiş ve mevcut aktif sistem de ısı pompası, fotovoltaik panel ve güneş kollektörleri ile desteklenmiştir. Aydınlatma cihazları led sistemlere dönüştürülmüştür. Binadaki tesisler, kullanıcı konforu ve enerji tasarrufunu dengeleyecek şekilde otomize edilmiştir. Yaklaşık Sıfır Enerji otelin ilk örneği olan bu otel, EPBD *Recast* (2010) öncesinde vuku bulduğundan, maliyet optimum durumdan oldukça uzaktır.

Ülkemizde de net sıfır enerjili oteller hakkında sosyolojik analiz niteliğindeki yayın ile sürdürülebilir otellerin işletmeci gözünden değerlendirmesi yapılmaktadır. Yurtiçinden ve yurtdışından iyileştirilmiş otel örnekleri sayısal veriler ile açıklanmakta ve bu yolla bina enerji performansı oldukça yüksek, yenilenebilir enerji kaynaklarından tüm enerji ihtiyacını karşılayan oteller için yatırımcıları bu yaklaşıma yönlendirecek devlet teşvikinin elzem olduğu belirtilmektedir (Aydın ve Aydın, 2016).

BEP Yönetmeliği'nin (2008), amacı dış iklim şartlarını, iç mekân gereksinimlerini, mahalli şartları ve maliyet etkinliğini de dikkate alarak, bir binanın bütün enerji kullanımlarının değerlendirilmesini sağlayacak hesaplama kurallarının belirlenmesini,

birincil enerji ve karbondioksit (CO_2) emisyonu açısından sınıflandırılmasını, yeni ve önemli oranda tadilat yapılacak mevcut binalar için minimum enerji performans gereklerinin belirlenmesini, yenilenebilir enerji kaynaklarının uygulanabilirliğinin değerlendirilmesini, ısıtma ve soğutma sistemlerinin kontrolünü, sera gazı emisyonlarının sınırlandırılmasını, binalarda performans kriterlerinin ve uygulama esaslarının belirlenmesini ve çevrenin korunmasını düzenlemektir. Yönetmelikte 2010 ve 2011 yıllarında değişikler yapılmış ancak EPBD *Recast'e* (2010) uyumlu maliyet etkinliği ve yeni enerji verimliliği hedeflerine dair herhangi bir değişiklik yapılmamıştır. Ancak, ileri düzey enerji verimliliği hedeflerinin ve maliyet etkinliğinin ülkemiz için de ivedilikle yönetmeliklere bağlanarak zorunlu hale getirilmesi gerekliliği açıktır.

Yapılan literatür araştırması neticesinde, Türkiye koşullarına uygun olarak, mevcut otel binalarının enerji ve maliyet etkin iyileştirilmesi hususunda bir çalışmaya rastlanmamış olup, bu veya benzeri alanlarda yapılan uluslararası çalışmaların gerek özgün maliyet verileri ve gerekse iklimsel farklılıklar sebebi ile ülkemiz koşullarını yansıtmadığı gözlenmiştir. Bu tez kapsamında amaçlanan, mevcut 4 yıldız ve üzeri otel binalarının, Türkiye koşullarına uygun olarak, tüm iklim bölgeleri için uygulanabilir enerji ve maliyet etkin iyileştirilmeleri üzerine özgün bir yaklaşım ortaya koymaktır.

Yukarıda verilen bilgiler ışığında enerji ve maliyet etkin otel binaları için problem iki ayaklı olarak karşımıza çıkmaktadır.

- Gelişimi devam eden bir ülke olarak Türkiye' de enerji etkinliği yüksek otel binalarının elde edilmesinde, Türkiye için, iklim koşulları, çalışma zaman çizelgeleri, konfor koşulları, otelciliğin sosyal ve kültürel yapısı dikkate alınarak enerji etkinlik analizlerinin yapılması,
- Bu kriterlerden yola çıkarak belirlenen iyileştirme paketlerinin, Türkiye ekonomik koşulları, ulusal maliyet verileri kullanılarak global maliyet analizlerinin yapılmasıdır.

1.3 Tezin Amaç ve Hedefleri

Tüm dünya ile ülkemizdeki nüfus artışı ve azalan kaynaklar, enerji tüketimi ve alternatif enerji kaynaklarının önemi, sektörel enerji tüketim verileri, konu ile ilgili

ulusal ve uluslararası yaptırımlar, direktifler, yöntemler ve bilimsel çalışmalar önceki bölümlerde detaylı olarak açıklanmaktadır.

Sektörel enerji tüketimlerinden hareketle, kompleks bina geometrisine sahip, tasarıma bağlı olarak bina kabuğu değişken, yıldızlama kriterlerine göre kapasite ve fonksiyonel mekanları farklılık gösteren, içinde birbirinden oldukça farklı ısıl zonlar bulunduran, içerisindeki herbir grup fonksiyonel mekanın çalışma zaman çizelgeleri ve ayar sıcaklıkları farklı olan, kompleks yapılı 4 yıldız ve üzeri mevcut otel binaları için EPBD yönteminin Türkiye koşullarına uyarlanması bu tezin amacını teşkil etmektedir.

Bina Enerji Performansı Yönetmeliği'nin eki olarak geliştirilen ulusal hesaplama yöntemi, basit saatlik hesap yöntemini kullanarak detaylı dinamik analiz yapmazken, binanın fonksiyonuna bağlı olarak dinamik etkilerini belirli kabuller ve referans değerler ile hesaba katmaktadır. Bu nedenle, karmaşık yapılı ve birbirinden farklı gereksinimleri olan çok sayıda ısıl zon içeren 4 yıldız ve üzeri oteller için, bu yöntem yapmış olduğu basitleştirme ve kabullerden ötürü, enerji tüketimi ve sera gazı salım miktarlarını hassas olarak değerlendirmek için yetersiz sayılabilir.

Bu tez kapsamında amaçlanan, enerji tüketim düzeyleri hayli yüksek olan 4 yıldız ve üzeri mevcut oteller için renovasyon aşamalarında uygulanabilecek iyileştirme önerilerini örnek bir bina üzerinden ortaya koyarak, farklı iklim bölgelerindeki otel binalarının enerji performansının artırılması ve global maliyetlerin düşürülmesi ile sektörel bazda enerji politikalarının belirlenmesi, AB uyum süreci ve yönetmelikleri gereği ileri enerji tüketim hedeflerinin yakalanması ve yaygın etki olarak da ülke ekonomisi, sağlık ve refah düzeylerini arttırmaktır. Türkiye'nin beş farklı iklim bölgesi ve herbir iklim bölgesine mahsus bina yerleşim, form, malzeme vb. karakteristikleri, turizm amaç ve sezonları, doluluk oranları değişkenlik göstermektedir. Tezde sunulan yaklaşım, tüm bu iklim bölgelerinde uygulanmaya uygun yapıda esnek ve genel bir yapıya sahiptir.

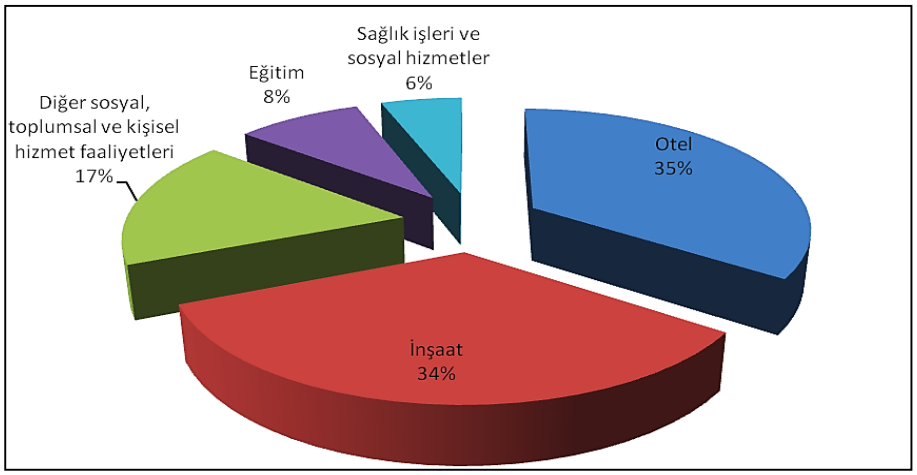
Bu tez, söz konusu sorunu, hedefler, zorunluluklar, gereksinimler ve değişkenler üzerinden tanımlayrak amaca, önerdiği özgün yaklaşım ile de Türkiye koşulları için çözüme ulaşmayı hedeflemektedir. Test otel binası üzerinde yapılan analizler neticesinde elde edilen bulgulara dayanarak oluşturulan iyileştirme senaryoları ve onların kombinasyonları sayesinde ulaşılacak optimum senaryolar ile eş zamanlı

değerlendirilecek olan maliyet etkinliği ile bu bölgede mevcut stokta yapılacak renovasyonlar için uygulanabilir iyileştirme paketlerini örneklerle açıklamaktadır.

TC Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2006) verilerine göre Türkiye toplam enerji tüketiminin yaklaşık %33'ünü kapsayan ve bütünleşik bir sistem olan binaların oluşumunda görev alan tüm disiplinlerin, bir arada aynı ortak hedef doğrultusunda çalışmaları ile bina enerji verimliliğini ön planda tutarak ulusal enerji kültürü oluşturmaya katkı sağlamaları gerekmektedir. Bütünleşik tasarım paydaşları, yeni bina ve iyileştirilmiş mevcut bina enerji performansının tespiti, doğru ve etkin iyileştirme tasarım kararlarının alınabilmesi için performans simülasyonları gibi karar desteği sağlayacak sistemlere ihtiyaç duymaktadır. Performans simülasyonları, bu araçlarla elde edilen alternatifli sonuçların optimizasyonunda ve çok parametreli iyileştirme tasarım kararlarını yönlendirmede önemli rol oynamaktadır.

1.4 Tezin Kapsamının Belirlenmesi

Tezin kapsamında, Türkiye için sektörel bazda istatistiksel veriler, büyüme oranları, enerji tüketim miktarları, büyüme hızları, tesis sayıları, tesis dağılım sayıları ve oranları, illere göre dağılımlar, tesis doluluk oranları, inşaat maliyeti değişim oranları analiz edilmiştir. Bu verilerden hareketle, otel binaları ayrıntılı olarak ele alınmış ve ülkemizde otellere ilişkin toplanan istatistiksel veriler analiz edilerek seçilen konunun ne derece ehemmiyet arz ettiği bu verilere dayanılarak gözler önüne sunulmuştur.



Şekil 1.6 : TÜİK sektörel enerji tüketim oranları,2006.

Türkiye için nihai enerji tüketimlerin sektörel dağılımına bakıldığında Şekil 1.6'ya göre tüketim oranı % 35 ile hizmet sektörü içerisinde otel binalarının en yüksek tüketim oranına sahip olduğu görülmektedir (TÜİK,2006).

Sektörlere ve kullanım alanlarına göre toplam enerji tüketimleri ise TEP cinsinden Çizelge 1.1' de verildiği üzere otel ve lokantaların, hizmet sektörü içerisinde en yüksek tüketim miktarına sahip oldukları görülmektedir (TÜİK, 2005). Çizelge 1.2' de, TUİK (2013), sektörlere göre büyüme hızı %10,5 lik büyüme oranı ile turizm sektöründe en yüksek oranda izlenmiştir.

Çizelge 1.1 : Sektörlere ve kullanım alanlarına göre toplam enerji tüketimi, TÜİK (2005).

Ekonomik Faaliyetlerin İstatistiki Sınıflaması Rev.1.1	Toplam enerji tüketimi	Nihai enerji tüketimi (TEP)		
		Toplam	Mal ve hizmet üretimi	Alan ısıtma
Toplam	51 398 117	25 085 711	20 018 175	1 533 519
C - Madencilik ve taş ocakçılığı	580 132	458 927	370 724	18 580
D - İmalat	24 821 811	18 266 371	17 157 368	728 934
E - Elektrik, gaz, buhar ve sıcak su üretimi ve dağıtımı	20 408 372	829 431	773 208	32 266
F - İnşaat	469 238	467 081	332 798	28 235
G - Toptan ve perakende ticaret; motorlu taşıt, motosiklet, kişisel ve ev eşyalarının onarımı	959 291	927 769	384 339	149 353
H - Otel ve lokantalar	**487 512**	**474 644**	**256 189**	**174 786**
I - Ulaştırma, depolama ve haberleşme	2 808 621	2 807 997	318 818	101 844
J - Mali aracı kuruluşların faaliyetleri		158 536	67 977	70 634
K - Gayrimenkul, kiralama ve iş faaliyetleri	266 702	266 654	162 654	45 414
M - Eğitim	117 365	117 298	28 397	78 564
N - Sağlık işleri ve sosyal hizmetler		76 556	32 329	35 276
O - Diğer sosyal, toplumsal ve kişisel hizmet faaliyetleri (kar amacı olmayan kurumlar hariç)	243 245	234 446	133 374	69 632

Çizelge 1.2 : Türkiye' de sektörlere göre büyüme hızı, TÜIK (2013).

Sektörler	Büyüme hızı (%)
Turizm (Oteller ve Lokantalar)	**10,5**
Mali aracı kuruluşların faaliyetleri	8,7
İnşaat	7,4
Gayrimenkul, Kiralama ve iş faaliyetleri	6,5
Balıkçılık	5,7
Ev içi personel çalıştıran hane halkları	5,6
Sağlık işleri ve sosyal hizmetler	5
Eğitim	4,6
Toptan ve perakende ticaret	4,5
Kamu yönetimi ve savunma, zorunlu sosyal güvenlik	4,5
Tarım, avcılık ve ormancılık	3,8
İmalat sanayi	3,5
Ulaştırma, depolama ve haberleşme	3
Diğer sosyal, toplumsal ve kişisel hizmet faaliyetleri	1,6
Konut sahipliği	1,4
Elektrik, gaz, buhar ve sıcak su üretimi - dağıtımı	0,4
Madencilik ve taş ocakçılığı	-3,3

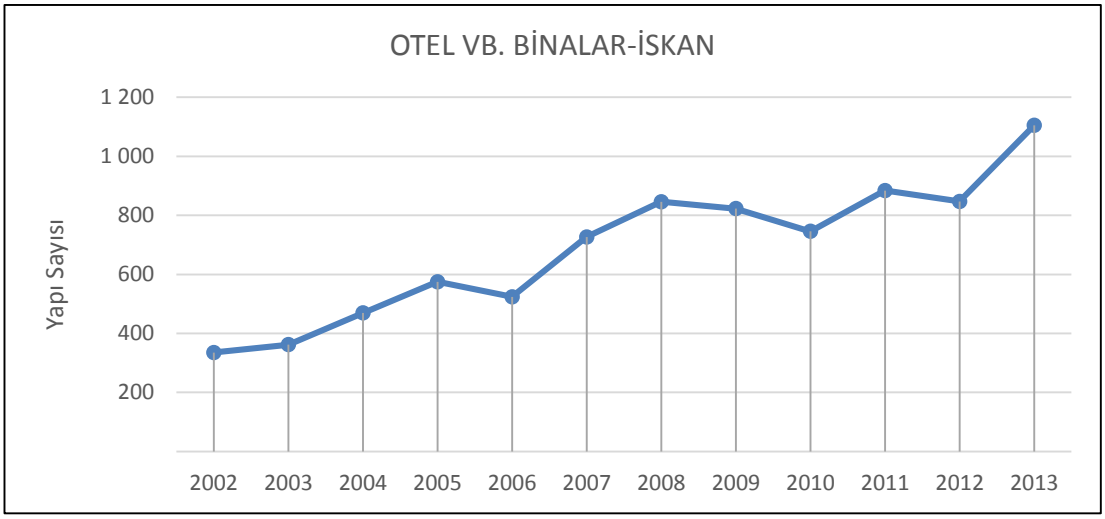
Turizm tesisi istatistikleri: Kültür ve Turizm Bakanlığı (2005), tarafından turizm yapıları kendi içinde, oteller (5*,4*,3*,2*,1*), tatil köyleri (4*,5*), termal oteller, butik oteller, özel konaklama tesisleri, apart oteller, moteller, pansiyonlar ve diğer olmak üzere kapasiteleri ve fonksiyonel mekânlarına göre sınıflandırılmıştır. 2012-2013 yıllarına ilişkin Kültür ve Turizm Bakanlığı'nın turizm işletmesi belgeli tesis sayıları Çizelge 1.3'te sunulmuştur. Bu çizelgede yer alan verilere bakıldığında, toplam tesis stoğunun yaklaşık %35'ini 4 yıldızlı ve 5 yıldızlı otellerin oluşturduğu görülmektedir.

Çizelge 1.3 : KTB Turizm işletme belgeli tesis sayısı 2013, 2014.

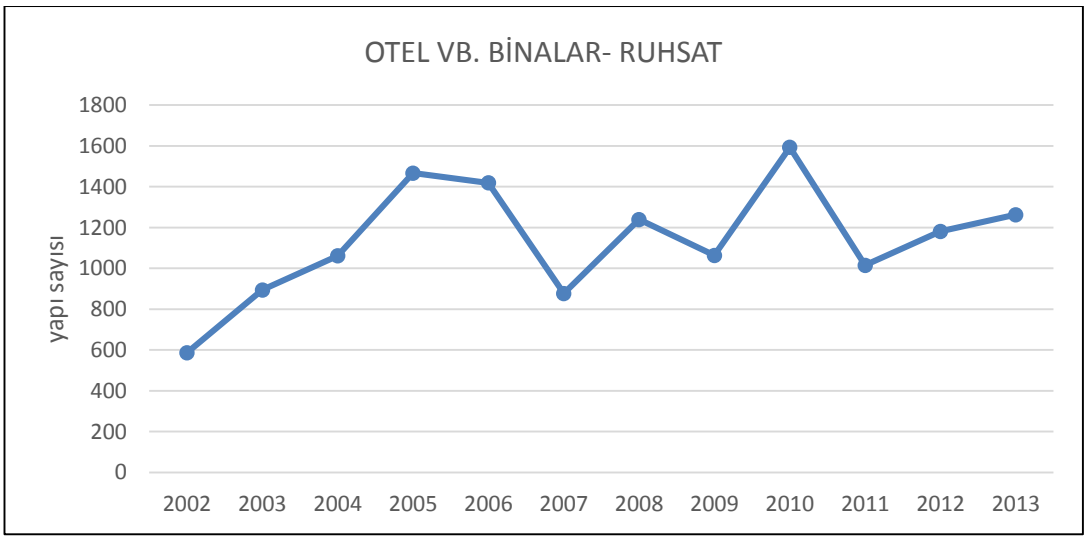
Tesis Türü	2013	2014
5* otel	**446**	**482**
4* otel	**627**	**657**
3* otel	786	822
2* otel	450	411
1* otel	46	51
Tatil köyü	83	83
Termal otel	59	62
Butik otel	69	76
Özel konaklama tesisi	262	292
Apart otel	101	107
Motel	9	9
Pansiyon	40	43
Turizm kompleksi	1	4
Diğer	18	15
Toplam	2997	3114

Turizm tesislerine ilişkin tesis türlerine, geceleme sayılarına, misafir girişlerine, illere, aylara göre farklı yıl ve yıllar arasındaki istatistikler, tezin kapsamının belirlenmesinde önem taşımaktadır.

Şekil 1.7' de 2002-2013 yılları arasında Türkiye genelinde otel bina sayısındaki artış gösterilmektedir. 2002 yılına göre 2013 yılındaki aktif tesis sayısı yaklaşık olarak 3,5 kat artmıştır. TUİK verilerine göre, Türkiye genelinde 2002-2013 yılları arasında yapı ruhsatı alan otel vb. yapılar Şekil 1.8' de görüldüğü üzere sayıca 2002 yılana göre 2 kat artarken, yüzölçümü olarak 5 kat ve değer olarak da 10 kat artış göstermiştir.



Şekil 1.7 : Tuik yapı kullanma izin belgesi otel binaları 2002-2013 istatistikleri (Türkiye).



Şekil 1.8 : Tüik yapı ruhsatı belgesi otel binaları 2002-2013 istatistikleri (Türkiye).

Kültür ve Turizm Bakanlığı'nın verilerine göre, ülke genelinde, 2013-2015 arasında tesislerdeki gecelemelerin tesis tür ve sınıflarına göre dağılımına bakıldığında 4 ve 5 yıldızlı otellerin en yüksek değerlere sahip olduğu ve yıllara göre gösterdikleri sayısal artış Çizelge 1.4'te görülmektedir. 4 ve 5 yıldızlı oteller dışında kalan otel kategorisindeki binaların tanımlarında yer alan fonksiyonel mekanları neredeyse konaklama ile sınırlı ve yatak sayıları düşük olduğundan kompleks yapılı binalar olarak ele alınmamaktadır. Enerji tüketim miktarları da 4 ve 5 yıldızlı otellere göre hayli düşük olan diğer otel kategorileri bu nedenlerle, tez kapsamı dışında bırakılmıştır.

Çizelge 1.4 : Tesislerdeki gecelemelerin tesis tür ve sınıflarına göre dağılımı(2013-2015) T.C. Kültür Ve Turizm Bakanlığı yatırım Ve İşletmeler Genel Müdürlüğü.

Tesis tür ve sınıfı	Toplam		
Otel	2013	2014	2015
5 yıldız	**53 808 210**	**57 604 813**	**60 896 570**
4 yıldız	**31 459 997**	**32 475 429**	**33 044 320**
3 yıldız	13 845 600	14 624 327	14 904 512
2 yıldız	4 427 317	3 847 712	3 443 282
1 yıldız	538 901	576 459	459 968
Otel toplamı	104 080 025	109 128 740	112 748 652
Motel	54 227	35 931	53 008
Hostel	28 984	20 508	28 864
Pansiyon	77 613	74 710	85 615
Tatil köyü	10 391 661	11 113 378	10 742 375
Oberj	85 752	40 197	39 341
Kamping	56 865	317 613	92 125
Golf tesisi	278 294	260 605	109 598
Turizm kompleksi	324 256	756 895	1 101 419
Dağ evi	19 373	12 414	11 953
Çiftlik evi-köy evi	5 099	3 299	5 090
Özel tesis	2 731 590	2 873 569	3 307 475
Butik otel	709 825	752 687	838 768
Apart otel	1 284 326	1 832 762	1 662 538
Termal otel	2 495 210	2 802 263	2 992 172
B tipi tatil sitesi	59 627	-	39 324
Yayla evi	1 034	1 296	1 664
Termal apart otel	1 423	3 050	21 325
Genel toplam	122 685 184	130 029 917	133 881 306

Türkiye genelinde, 2014 ve 2015 yılının ilk yarısında açılacak tesisler bazında, yatırımdaki tesislerin dağılımına bakıldığında, Çizelge 1.5'te 4 ve 5 yıldızlı otellerin toplam yatırımların % 61,8' ini kapsadığı görülmektedir.

Çizelge 1.5 : Yatırımdaki tesislerin dağılımı, AKTOB AR-GE

Yatırımdaki tesislerin sınıfları ve türlerine göre dağılımı (2014 yılı ve 2015 yılının ilk yarısında açılacak tesisler bazında)	
Tesisler	%
5 Yıldız otel	**34,90**
4 Yıldız otel	**27,90**
Butik otel	8,70
Termal otel	8,70
3 Yıldız otel	6,40
1 ve 2 yıldızlı otel	2,90
Diğer	10,40

Türkiye genelinde, 2014 ve 2015 yılının ilk yarısında açılacak tesisler bazında, yatırımdaki yatakların illere göre dağılımı Çizelge 1.6' da verilmiştir.

Çizelge 1.6 : Yatırımdaki Yatakların İllere Göre Dağılımı

Yatırımdaki Yatakların İllere Göre Dağılımı (%) (2014 yılı ve 2015 yılının ilk yarısında açılacak tesisler bazında)	
Antalya	23,3
Muğla	18,3
İstanbul	16,7
Afyon	9,4
Ankara	5,6
Aydın	2,8
Trabzon	1,7
İzmir	1,7
Adana	1,7
Eskişehir	1,7
Mersin	1,7
Diyarbakır	1,1
Mardin	1,1
Diğer	13,3

2009 yılı otellere geliş sayısı, geceleme, ortalama kalış süresi ve doluluk oranlarının aylara göre dağılımı incelendiğinde, tüm Türkiye için yaz sezonu sayı ve doluluk oranlarının kış sezonuna göre yaklaşık iki kat olduğu Çizelge 1.7' de gösterilmektedir.

Çizelge 1.7 : Otellere geliş sayısı, geceleme, ortalama kalış süresi ve doluluk oranlarının aylara göre dağılımı(2009)

	Tesise geliş sayısı	Geceleme sayısı	Doluluk oranı %
Aylar	Toplam	Toplam	Toplam
Ocak	1 097 862	2 324 081	28,82
Şubat	1 093 645	2 359 272	32,35
Mart	1 335 636	2 993 709	34,56
Nisan	**1 809 789**	**4 724 699**	**36,87**
Mayıs	**2 297 904**	**7 176 711**	**48,60**
Haziran	**2 473 499**	**8 557 409**	**58,60**
Temmuz	**2 864 016**	**9 518 587**	**62,18**
Ağustos	**2 779 972**	**9 447 637**	**61,53**
Eylül	**2 458 842**	**8 901 924**	**59,91**
Ekim	**2 301 210**	**7 403 707**	**51,93**
Kasım	1 458 501	3 476 266	38,35
Aralık	1 414 503	3 176 876	34,37
Toplam	23 385 379	70 060 878	48,56

İnşaat maliyeti istatistikleri: Gün geçtikçe artan inşaat maliyetleri, yapılan yatırımların yaşam dönemi maliyetlerinin ve geri ödeme sürelerinin önemini açıkça ortaya koymaktadır. Yapılan istatistiklere göre Çizelge 1.8' de ve Çizelge 1.9'da verildiği üzere 2009 yılı haricinde 2006-2014 yılları arasında inşaat maliyetleri katlanarak artmıştır. 2014 yılının ilk çeyreğine bakıldığında 2005 yılı ilk çeyreğine göre maliyetlerin iki katına çıktığı görülmektedir. Bu durumda, henüz tasarım aşamasından alınacak tedbirler ile binaları hem enerji hem maliyet etkin olarak tasarlayarak inşa etmenin bu tabloyu ciddi oranda olumlu yönde etkileyeceği açıktır.

Çizelge 1.8 : Tüik Bina İnşaatı Maliyeti Değişim Oranları 2006-2014 (Türkiye).

Bir Önceki Yılın Aynı Çeyreğine Göre Değişim Oranı (%)					
Yıl	Çeyrek				Yıllık Ort.
	I	II	III	IV	
2006	7,3	20,5	18,6	17,5	16,0
2007	17,9	5,8	5,2	5,7	8,4
2008	11,5	22,3	12,9	7,9	13,6
2009	-2,4	-11,2	-3,4	0,6	-4,3
2010	5,0	4,5	5,9	7,5	5,8
2011	8,4	12,8	14,5	13,8	12,4
2012	10,4	6,4	2,9	2,3	5,4
2013	3,0	4,0	6,4	7,2	5,1
2014	11,3				

Çizelge 1.9 : Tüik bina inşaatı maliyeti endeksi ve değişim oranları 2005-2014 istatistikleri (Türkiye).

Bina İnşaatı Maliyet Endeksi ve Değişim Oranları (2005=100)					
Yıl	Çeyrek				Yıllık Ort.
	I	II	III	IV	.
2005	98,4	98,7	101,0	101,9	100,0
2006	105,6	118,9	119,7	119,7	116,0
2007	124,5	125,8	125,9	126,6	125,7
2008	138,8	153,8	142,2	136,6	142,8
2009	135,4	136,6	137,4	137,5	136,7
2010	142,3	142,8	145,5	147,8	144,6
2011	154,3	161,0	166,7	168,2	162,5
2012	170,3	171,3	171,4	172,1	171,3
2013	175,3	178,2	182,3	184,5	180,1
2014	195,1				

Tezin kapsamının belirlenmesinde Türkiye' ye ait turizm verileri, enerji tüketim verileri ve inşaat maliyet verileri analiz edilmiş ve tezin bu kısmında çizelgelerle açıklanmıştır. Gerek hizmet sektöründeki en büyük enerji tüketicisi ve ülkemizin bir turizm ülkesi olması sebebi ile çok sayıdaki mevcut otel sayısı ve sektörel büyüme eğilimleri gerekse artan inşaat maliyetleri sebebi ile otel binaları ana başlık olarak belirlenmiştir. Yine yapılan analiz verilerine dayanarak, otel kategorisindeki binalar içerisinde, enerji tüketim miktarları en yüksek, sayıca en fazla olan, içerisinde çokça farklı fonksiyonel mekan(zon) barındıran kompleks yapılı 4 ve 5 yıldızlı otel binaları tez kapsamında ele alınmaktadır. Diğer otel kategorileri literatür kısmında da bahsedildiği üzere, düşük enerji tüketimleri, büyüklükleri ve kapsamları nedeni ile yalnızca konaklama fonksiyonu üzerinden konutlar gibi ele alınabileceğinden tez kapsamının dışında tutulmuştur.

Tez kapsamında 'Mevcut Otel Binaları'nın ele alınmasındaki temel sebep ise, Bölüm Bölüm 1.2. Probleme Dair Mevcut Çalışmalar kısmında da açıklandığı gibi EPBD (2010) ile zorunlu kılınan Ulusal Referans Otel Binası'nın ülkemiz için henüz belirlenmiş olmayışıdır. Yeni binalar için enerji ve maliyet etkinliğinin belirlenmesi ancak yeni binanın referans bina ile karşılaştırılması yoluyla mümkünken, referans bina olmaksızın bu değerlendirmeyi sağlıklı olarak yapmak mümkün olmayacaktır.

Bu sebeple, bu tez kapsamında 4 ve 5 yıldızlı mevcut otel binaları için EPBD'nin Türkiye koşullarına uyarlanmasına yönelik bir yaklaşım sunulmaktadır. Yaklaşım, Üçüncü Bölümde detaylı olarak açıklanmaktadır.

1.5 Tezi Oluşturan Bölümler

Tezi oluşturan bölümler aşağıda özetlenmektedir:

Birinci Bölüm: Tezin 'Giriş' bölümü olup problem ve tez hakkında genel bilgileri içermektedir. Problemin tanımlanması, literatür araştırması, tezin amaç ve kapsamı bu bölümde yer almaktadır. Bu bölümün sonucunda problem ortaya konarak, tezin kapsamı ve amacı belirlenmiş, bu konudaki ulusal eskiklik ve ihtiyaç ortaya konulmuştur.

İkinci Bölüm: Bina enerji performansı ve bina enerji performansını etkileyen parametrelerin tanımlandığı bölümdür. İklimsel veriler, pasif / aktif sistem parametreleri ve yenilenebilir enerji başlıkları ve bina enerji performansının belirlenmesinde değişken girdi olan alt başlıkları açıklanmaktadır.

Üçüncü Bölüm: Bu bölüm, tezin önerdiği özgün yaklaşımın detaylı olarak açıklandığı bölümdür. Yaklaşımın temel adımları, mevcut bina parametrelerinin tanımlanması, mevcut bina enerji ve maliyet analizlerinin yapılması, genel değerlendirme, iyileştirme senaryolarının seçilmesi, seçilen iyileştirme senaryolarının enerji ve global maliyet analizlerinin yapılması, maliyet optimal iyileştirme senaryosunun seçilmesi ve uygulanmasıdır.

Dördüncü Bölüm: Üçüncü bölümde ortaya konan özgün yaklaşımın uygulanabilirliğinin test binası olarak seçilen mevcut bir otel binası üzerinden tespiti yapılmaktadır. Bu bölümü oluşturan adımlar, üçüncü bölümdeki yaklaşımın adımlarını izlemektedir.

Beşinci Bölüm: Dördüncü bölümde yaklaşımın uygulanması ile elde edilen bulguların irdelendiği ve genel değerlendirilmesinin yapıldığı bölümdür.

Altıncı Bölüm: Bu bölüm, tezin 'Sonuç' bölümü olup, önerilen yaklaşıma ilişkin çıkarımlar, yaklaşıma dair sonuçlar, yaklaşımın sektörel, ulusal ve genel yararları ve ileri dönem çalışmalarına katkıları açıklanmaktadır.

2. BİNA ENERJİ PERFORMANSINI ETKİLEYEN PARAMETRELER

Binalarda enerji performansı, binanın fonksiyonuna bağlı olarak ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma, sıcak su gibi standart ihtiyaçlarını karşılamak için yeni binalarda öngörülen ve mevcut binalarda ölçülen, enerji tüketimini referans alan ve bina performansının düzeyini açıklayan nümerik bir göstergedir.

Bina enerji performansına paralel olarak kullanılan diğer bir kavram ise "**enerji etkinliği**" dir. Binaların enerji etkinliği; enerji yönetim programı dahilinde enerji tasarrufu sağlamaya yönelik bir dizi iyileştirmenin sonucudur (ASHRAE, 1999). Diğer bir ifadeyle, doğrudan binanın enerji kullanımının azaltılması için olanaklar ve önlemler ile ilişkilidir. Termal (ısıl) performans ise genel olarak ısıl yüklere (ısıtma ve soğutma yükleri) odaklanır ve bu yüklerin karşılanması için ekipmanlar tarafından kullanılan enerjiyi yansıtır. Termal performans, bina ısı kazanç ve kayıplarının, bina bileşenlerinin ısı kapasiteleri ve ısı transfer karakteristiklerinin hesaplanması olarak özetlenebilir (CIBSE, 2003). Son olarak **"çevresel performans"** ise daha genel amaçlar içerir ve termal konfor, aydınlatma, hava hareketi ve akustik gibi iç çevre faktörlerine odaklanır (Hui, 1996).

İklim koşullarına bağlı olarak yönlenme ve yerleşim, mevcut çevre yapıların etkisi, yalıtım, tesisat karakteristikleri, enerji üretimi gibi ölçütler binalarda enerji performansını etkilemektedir (European Union [EU], 2002). Bina enerji performansını etkileyen tüm parametreler bina enerji performansının bir parçasıdır ve bütünleşik olarak ele alınmalıdır.

Yılmaz (2014), **"enerji verimli binalar"** tanımını, uygun pasif sistemler kullanılarak enerji ihtiyaçları azaltılmış, uygulanabilir yüksek verimli enerji sistemlerine sahip, maliyet optimum olduğu ölçüde yenilenebilir enerji sistemlerini kullanan, kullanıcı konforundan ödün vermeyen, iklime ve çevreye uyumlu binalar olarak açıklamaktadır.

> Enerji verimli bina tasarımında bina fiziği, bina enerji sistemleri ve bina otomasyon sistemleri ile ilgili birçok tasarım parametresi bir arada düşünülmeli, bir parametrenin seçimi, diğer parametrelerden bağımsız olarak yapılmamalıdır. Bu nedenle bina tasarım sürecinde mimarlar, makine mühendisleri, inşaat mühendisleri, elektrik mühendisleri ve danışmanlar, bir tasarım

> ekibi olarak bir arada çalışarak tasarıma yön vermelidirler. Gerçek anlamda enerji verimli bina için her tasarım/karar grubunun aldığı tüm tasarım kararlarının enerji tüketimine olan etkisi, enerji danışmanı tarafından, binanın anlık iklim değişiklikleri karşısındaki dinamik davranışı hesaplanarak test edilmelidir. Bu tasarım süreci "bütünleşik tasarım" olarak adlandırılmaktadır (Yılmaz, 2014).

Günümüz tasarım pratiğinde, bina enerji performansını geliştirmeye yönelik alınan kararlar genellikle sezgilere, geçmişte edinilen deneyimlere veya mevcut uygulamaların tekrarlanmasına dayanmaktadır. Enerji ve çevresel performans kriterleri genellikle yönetmelik koşullarının yerine getirilip getirilmediğinin tespitinde dikkate alınmaktadır. Bu tür yaklaşımlar, özellikle enerji performansı açısından yeterli olmayan tasarım çözümlerinin ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Ancak, bu kararları alışılagelmiş kurallar, rehberler yardımıyla bile gerçekleştirmek oldukça zordur (Şenel Solmaz, 2015).

Tez kapsamında, otel binaları için bina enerji performansının belirlenmesinde dikkate alınması gereken parametreler aşağıda tanımlarıyla açıklanmaktadır:

2.1 İklimsel veriler

İklimin, binanın hem enerji hem de çevresel performansı ve kullanıcılar üzerinde çok önemli etkileri mevcuttur.

Sıcaklık, nem, yağış miktarı, rüzgar hızı ve yönü, güneşlenme süresi, güneş ışınımı verileri, atmosferik kirlilik, önemli iklim parametreleridir (EES, Climate and Buildings).

Dış hava sıcaklığı: Uzun dönem ortalama saatlik dış hava sıcaklığı (˚C) kullanılır. Saatlik sıcaklık değerleri, binanın saatlik ısıl davranışını, binanın saatlik kullanım zaman çizelgesini hesaba katarak, iletim ve taşınım ile bina kabuğundan ısı geçişinin hesaplanmasında kullanılır. Dış hava sıcaklığı ısıtma ve soğutma hesaplarını anlık olarak etkileyen en önemli iklimsel parametrelerdendir.

Güneş ışınımı: Bina enerji dengesine etki eden en önemli etkenlerden güneş faktörü, yüzeyin birim alanına düşen güneş ısısını ifade etmektedir. Meteorolojik veri olarak elde edilen yatay düzleme gelen saatlik güneş ışınımı (W/m²), tüm yön (360˚) ve tüm eğim açılarındaki yüzeylere gelen güneş ışınımını hesaplamada kullanılmaktadır. Güneş yükseklik açısı ve güneş azimutu yılın her günü, her saati için, binanın bulunduğu enleme bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.

Güneş ışınımı, güneş kazançları sebebi ile ısıtma ve soğutma dönemlerinde oldukça önemli ve binanın yönüne, konumuna, yüzey açısına, yüzey pürüzlüğüne, malzemenin ısı emme ve yansıtma kapasitesine ve atmosferin kirliliğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

Güneşin konumu, binanın yerküre üzerindeki yeri ve binanın yönü gibi veriler ile belli bir zamandaki binanın herhangi bir yüzeyine ulaşan güneş ışınımı veya yıllık toplam değerler hesaplanabilir. Bir yüzeye düşen güneş radyasyonu iki bileşenden oluşmaktadır: Doğrudan güneş ışınımı ve yaygın güneş ışınımı. Yaygın güneş ışınımında yönler, doğrudan güneş ışınımının aksine, atmosferik kirlilik, bulutlar ve topraktan yansıyan ışınlar nedeniyle homojen değildir (EES, *Climate and Buildings*).

Bağıl nemlilik: Bağıl nem değerleri, doğal havalandırma ile binaya alınan temiz havanın nem değerinin binanın iç konfor koşullarına etkisini ve bu yolla mekanik sisteme gelecek gizli yüklerin hesaplanmasında kullanılır.

Rüzgar: Rüzgâr, alçak basınçla yüksek basınç bölgesi arasında yer değiştiren hava akımıdır, daima yüksek basınç alanından alçak basınç alanına doğru hareket eder. İki bölge arasındaki basınç farkı ne kadar büyük olursa, hava akım hızı o kadar fazla olur. Rüzgar, binanın yer, yön, konum ve formuna bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Meteoroloji istasyonlarınca saatlik rüzgar hızı ve yönü ölçülerek kaydedilmektedir.

2.2 Pasif Sistem Parametreleri

Bina enerji performansını etkileyen pasif sistem parametreleri, aktif sistemlerden ve yenilenebilir sistemlerden bağımsız olarak, binanın mimarı tasarım kriterleri ile doğrudan ilişkili olan parametrelerdir.

Binanın pasif sistem olarak enerji performansını etkileyen başlıca tasarım parametreleri;

- Konum (Binanın yeri),
- Binanın diğer binalara olan mesafesi ve konumlandırılış durumu,
- Yönelim (Binanın yönü),
- Binanın formu,
- Binayı çevreleyen bina kabuğu elemanlarının ısı geçişini etkileyen fiziksel özellikleri

- Güneş kontrol ve doğal havalandırma sistemleri olarak sayılabilir (Bayraktar ve Yılmaz, 2005).

2.2.1 Konum

Bina konumu, binanın dünya düzlemindeki koordinatlarını işaret etmektedir. Performans analizi yapılacak binanın konumunu, enlem, boylam ve yükseklik bilgilerini doğru tanımlamak, özellikle güneş kazançları açısından binanın gerçeğe uygun olarak analiz edilebilmesi için elzemdir.

Seçilen alanda binanın yerleşimi ve özellikle çevre binalar ve diğer engeller ile aralıkların belirlenmesi oldukça kritik bir tasarım parametresidir. Pasif solar akıllı binalar için ideal bir alan, gün ışığına erişimi kışın engellemeyen yazın ise engelleyebilen alanlardır. Ayrıca ısıtma ve soğutma ihtiyaçlarına göre soğuk kış rüzgarlarından korunaklı veya rüzgara açık alanlar olmalıdır. İstenen performansı yakalayabilmek için, etraftaki engeller de göz önünde bulundurularak, bölgenin ikliminin gerektirdiklerine en uygun alan seçilmelidir. Alan planlamayı etikleyen en önemli özellik şöyle sıralanabilir: alanın topografyası, alan üzerindeki ve çevresindeki bitki örtüsü ve komşu binalar. Binaya ulaşan güneş radyasyonu miktarını etkiledikleri ve hakim rüzgarları kestikleri veya yönünü değiştirebildikleri için performansı doğrudan etkilerler (Breesch ve diğerleri, 2005).

Enlem: Ekvator'un kuzeyindeki veya güneyindeki herhangi bir noktanın Ekvator'a olan açısal mesafesidir (*EnergyPlus* Documentation, 2004).

Boylam: Başlangıç meridiyeninin doğusundaki veya batısındaki herhangi bir noktanın açısal mesafesidir (EnergyPlus Documentation, 2004).

Yükseklik: İlgili yerin ortalama deniz seviyesine göre yüksekliğini ifade eder (EnergyPlus Documentation, 2004).

2.2.2 Yönelim

Bina yönü ve yüzey açılarını ifade eder. Değişen bina ve yüzey açısına göre binaya ulaşan doğrudan güneş ışınımı mikarını, dolayısıyla ısı kaybı ve kazançlarını etkilemekte olduğundan, enerji etkinliğinde uygun yön tayini hayli önemlidir.

Bina açısı: Binanın kuzeyle yaptığı açıdır (EnergyPlus Documentation,2004).

Yüzey açısı: Bina yüzeylerinin yer düzlemi ile arasında kalan açıdır. Bina, simulasyon aracı ile üç boyutlu olarak modellenirken tanımlanır.

2.2.3 Form

Bina formu da tıpkı diper parametreler gibi bina enerji performansı konusunda önemli bir role sahiptir.

Kompakt form, herzaman bina kabuğundan iletim yoluyla sağlanan enerji transferini düşürürken aynı zamanda doğal yollarla aydınlatma, havalandırma ve ısı kazanımlarına imkan sağlamakta etkindir. Bina elemanlarının güneşe göre ayarlanması binanın ısıtma ve soğutma yüklerini azaltır. Ayrıca bina içindeki mekanlar en uygun enerji zon konfigurasyonunu oluşturacak şekilde gruplanmalıdırlar. Sık kullanılan yaşama mekanları ısıtma ve aydınlatma ihtiyaçları yüksek olduğu için güneye yönlenmelidir. Koridorlar, banyolar, depolar gibi gün ışığı ihtiyacı daha düşük olan mekanlar tampon vazifesi de görmesi için kuzeye yönlendirilmelidir ve küçük pencerelere sahip olmalıdırlar. Mutfak gibi yüksek içsel ısı kazanımı olan mekanlarda güney pencerelerden kaçınılmalıdır. Bunun dışında soğutma ihtiyacının yüksek olduğu sıcak kuru iklim bölgelerinde avlulardan faydalanılabilir. Sık kullanılan odalar avluya yönlendirilmelidir (Lechner, 1991).

İç kazançları hayli yüksek olan otel binaları için ise, bina kolları, çıkmaları, saçakları ile güneş kazançlarını en aza indirecek şekilde tasarlanan bir form ile otelin enerji etkinliğini arttıracak bir pasif sistem stratejisi geliştirilebilir.

Bina formu: Binanın geometrik formudur. Binanın geometrik formu yüzey miktarını, engel durumunu etkilediğinde güneş kazançlarını, şekli itibari ile de rüzgar durumunu direkt olarak etkilemektedir.

Zon formu: Bina içindeki herbir zonun geometrik formudur. Zon formu dışa dönük zonlarda bina formunu, içe bakan kısımlarda ise komuşu zon ısı alışverişlerini yüzey alanı sebebi ile etkilemektedir.

2.2.4 Bina kabuğu

Binanın duvar, tavan, döşeme, pencere, kapı gibi dış çevreye açık tüm elemanları bina kabuğunu oluşturmaktadır. Bina kabuğu tanımlanırken bina kabuğunu oluşturan herbir malzemeye ilişkin termofiziksel özellikleri ile tanımlanmaktadır.

Bina kabuğunun yapım maliyeti toplam inşaat maliyetinin yaklaşık 15-40%' ına tekabül ederken, enerji maliyetleri dahil yaşam dönemi maliyetlerine katkısı 60% civarındadır (Lechner, 1991).

Bina kabuğunun, ısıl davranışları birbirinden çok farklı olan opak ve saydam bileşenleri binanın enerji ihtiyacını ve ısısal ve görsel konforunu belirler.

Malzemeler: Bina kabuğunu ve yapı bileşenlerini oluşturan malzemelerdir. Opak malzemelere ilişkin olarak, ısı iletkenlik değeri, kalınlık, yoğunluk, özgül ısı, pürüzlülük, saydam malzemeler için ısıl ve görsel yansıtıcılık ve geçirgenlik değerleri enerji performansında etkin başlıca fiziksel özelliklerdir.

Opak bileşenler, binanın duvarlar, çatı, zemin vb. gibi kısımlarıdır. Soğuk iklim bölgelerinde ısıtma döneminde, ısı geçişini azaltmaya yönelik izolasyon seviyesini artırmak opak bileşen açısından en sık uygulanan yöntemlerdendir. Bu yöntem ayrıca sıcak iklim bölgelerinde, iç kazançlar çok yüksek değilse iletimle ısı geçişi nedeniyle meydana gelen aşırı ısınmayı önlemek için de kullanılabilir.

Otelin kullanım amacına uygun olarak, ısıtma ağırlıklı çalışan otellerde öncelikle, iletim kayıplarını önlemek için iklimin özellikleri göz önünde bulundurularak bina kabuğu iyi izole edilmelidir.

Isıtma ve soğutma yüklerini azaltmaya yönelik yaklaşımlar ayrıca izolasyonun uygulamasının da doğru yapılmasını, tavsiye edilen kalınlıkların uygulanmasını gerektirir. Bir binanın ısı kaybı miktarı, birim yüzeyin alanı, iç ve dış hava sıcaklığı değeri ve U katsayısına bağlıdır (Naidj, 1998).

U katsayısı bir bina bileşeninin iki tarafı arasında 1°C sıcaklık farkı olduğunda birim alanından, bu alana dik doğrultuda birim zamanda iletimle, taşınımla ve ışımayla geçen ısı enerjisidir. Birimi W/m² K'dir. U katsayısı büyüdükçe ısıl kayıplar veya kazançlar da artar. Bina kabuğunda meydana gelen ısı kayıplarını azaltmak için izolasyon dışında ısıl kütlesi yüksek malzeme seçimi de alternatif bir yol olarak karşımıza çıkmaktadır. Isıl kütle, ısı enerjisini uzun süre depolayabilen su veya taş gibi malzemeleri ifade etmektedir. Güneşli günlerde ısıl kütle güneş enerjisini emerek ve depolar ve gündüz saatlerinde aşırı ısınmayı önlerken, geceleyin ise depolanan enerji iç veya dış ortama geri verilir. Bunun dışında ısıl kütle iç ortamdaki ani sıcaklık değişimlerini engeller ve zaman geciktirmesiyle beraber sıcaklığı düzenler (Lechner, 1991). Opak bileşenin yüzey rengi binanın ısısal davranışı üzerinde etkisi olan bir

diğer parametredir. Opak bileşenin yansıtıcılık ve yutuculuk gibi optik özellikleri yüzey renginin bir fonksiyonudur. En basit şekliyle dış duvarlar, çatı gibi bina bileşenlerinin dış yüzey rengi sıcak iklim bölgesinde açık renkli, soğuk iklim bölgelerinde koyu renkli seçilmelidir (Breesch ve diğerleri, 2005).

Saydam bileşenler, pencere sistemleri ve camlı kapıların saydam kısımları binalarda saydam bileşenler olarak adlandırılırlar ve gün ışığının ve güneş enerjisinin içeri alınmasını sağlarlar. Yüzeye gelen güneş ışınımının 80% ininden fazlasını içeri taşıdıkları için pasif güneş tasarımında önemli bir role sahiptirler fakat diğer taraftan yüksek U değerlerine sahip oldukları için de bina kabuğunun ısıl açıdan en zayıf noktalarından biridirler. Camın doğal özelliğinden dolayı sera etkisi göstermek sureti ile güneşten gelen kısa dalga boylu ışınımını diğer tarafa geçirir fakat uzun dalga boylu ışınımı içeride hapsederek iç ortamın ısınmasını sağlamaktadır. Bu durum camın geçirgenlik, yutuculuk ve yansıtıcılık olarak adlandırılan optik özelliklerinin sonucudur (Lechner, 1991). Saydam bileşenlerden sağlanan güneş kaynaklı ısıl kazanımı kontrol edebilme yeteneği camın bir özelliği olan Güneş Isı Kazanım Katsayısı (SHGC) ile ölçülür. Mekana cam yüzey vasatısayla giren ısı kazancının yüzeye gelen güneş radyasyonuna oranıdır. Güneşten ısı kazanımı hem doğrudan geçirilir hem de önce emilip sonra ışımayla, iletimle veya taşınımla mekana geri verilir (Ander, 2014). SHGC şeffaf yüzeye gelen güneş enerjisinin ne kadarının pencere yoluyla içeriye iletildiğini gösterir. SHGC kırılma açısına ve spektral dağılıma bağlıdır. Türk Standartlarında yer almayan bu değer, BepTr için uluslararası kaynaklardan derlenerek veritabanlarına işlenmiştir.

Günışığı geçirgenliği (Tvis) saydam bir bileşenin üzerine gelen güneş ışınımından güneş spektrumunun görülebilir dalga boylarının ne kadarını iç mekana iletebildiğinin ölçüsüdür (Ander, 2014).

Binalardaki enerji tüketimini etkileyen önemli etkenlerden biri saydam bileşenin büyüklüğü ve konumudur. Isıtma ihtiyaci yüksek bir otel binası söz konusu ise, genel bir kural olarak binadaki camların çoğunluğu güney cepheye yerleştirilmelidir. Doğu ve batıya bakan pencereler kışın az yazın ise çok fazla güneş enerjisi topladığından doğal aydınlatmayı da ihmal etmeyecek şekilde fakat mümkün olduğunca az kullanılmalıdırlar. Pencereler, yatak odaları, restoran, spa merkezi gibi görsel konfor standartlarından bağımsız mekanlarda, tasarımcının verdiği konsept kararı doğrultusunda yeterli doğal aydınlatma sağlayacak büyüklükte tasarlanmalıdır.

Standart pencereler taşınım ve ışıma yoluyla oldukça önemli miktarlarda ısı kaybına sebep olurlar. Pencerelerdeki cam katmanlarının sayısı artırılarak ısı kayıpları azaltılabilir fakat hava ve cam yüzeyinin temas ettiği her bir noktadaki yüzeyin yansıtıcılığı ve cam malzemenin yutuculuğu güneş radyasyonunun içeriye ulaşmasını azaltır. Çift camlar genel olarak pek çok iklim bölgesi için uygundur. Taşınım kayıpları cam basıncını azaltarak veya camlar arasına plastik bir ısı kapanı ilave ederek azaltılabilir. Işınım kayıpları ise camlar üzerine uygulanan ince film yüzeylerle azaltılabilir (Naidj, 1998). Tasarımdaki en büyük zorluklardan biri, güneye bakan pencerelerin alanlarını ısı kazanım ve kayıp değerlerini özellikle de uygun bir gece izolasyonu veye gölmeleme elemanının olmadığı durumlarda dengeleyerek aşırı ısınmaya sebep olmadan ayarlayabilmektir. Cam alanını artırmak ısı kayıplarını da artıracaktır. Gelişen teknoloji ile, yeni pencere sistemleri ile bu duruma çeşitli çözümler sunulmaktadır.

Opak veya saydam bileşen seçimlerinde veya iyileştirmelerinde yukarıda belirtilen hususlar da dikkate alınarak, otelin hizmet amacı ve bulunduğu iklim koşulları belirleyici olmaktadır.

2.2.5 Pasif Güneş Kontrolü Sistemleri

Bina kabuğundaki en önemli pasif kontrol sistemlerinden biri gölgeleme elemanları aracılığı ile günün ve yılın belli zamanlarında doğrudan güneş ışınımının pencereden içeri girmesini engelleyen güneş kontrolü sistemleridir. Gölgeleme elemanları doğal aydınlatmayı, havalandırmayı, güneş kazanımını ve dolayısıyla da binanın toplam performansını etkilerler. Yaz güneşi kış güneşine göre daha fazla yükselir. Uygun olarak boyutlandırılmış pencere üstüne monte edilen yatay gölgeleme elemanları güneyden kazanılan güneş ışınımını optimize etmek için iyi bir yoldur. Yaz güneşinin pencereye ulaşmasını engellerlerken kış güneşinin pencereden içeri alınmasına izin verirler. Etkin bir gölgeleme elemanının tasarımı binanın gölgeleme elemanının bulunacağı cephesinin güneşe yönlenmesine bağlıdır. Dikkalice uygulanan güneş kontolü mekanik soğutma ihtiyacını azaltarak maliyeti düşürür ve yıl boyunca konfor sağlar (Lechner, 1991).

Harici engeller: Yapının dış çevresinde engel oluşturan, yeşil bitki örtüsü, çevre bina gibi sabit engellerdir. Opak ve saydam yüzeyler için gölgeleme güneş kazançları açısından çok etkili bir parametredir.

Dahili engeller: Yapının beraberinde tasarımın parçası olan saçak, panjur, stor, jaluzi, pencere kanadı, yarı saydam dış stor gibi sabit ya da hareketli engellerdir.

2.2.6 İç Kazançlar

Isıtma, soğutma veya sıcak su hazırlanması için sağlanan ısı dışında, bina veya zon içinde bulunan insanlardan kaynaklanan ısı (metabolik ısı) ve binalarda veya zonlarda kullanılan cihazlardan, aydınlatma elemanlarından kaynaklanan ısıdır. Yüksek iç kazançlar hem ısıtma hem de soğutma döneminde bina enerji performansı üzerinde oldukça etkilidir.

2.2.7 Doğal Havalandırma

Bina kabuğundaki bir diğer kontrol sistemi genellikle pencere açıklıklarından sağlanan doğal havalandırmadır. Doğal havalandırma sistemleri, Binanın ya da zonun, doğal yollardan havalandırılması ile konfor düzeyinde taze hava ihtiyacının karşılanması işlemidir. Kullanıcı kontrollü ya da otomasyona bağlı olarak kontrol edilerek binaya taze hava ve soğutma sağlamak için doğal kuvvetlerden yararlanır. Rüzgar etkisi ve sıcaklığa bağlı basınç farkı iki temel kuvvettir. Doğal havalandırma tümden bir bina tasarım konseptidir (Lechner, 1991).

2.3 Aktif Sistem Parametreleri

2.3.1 Isıtma Sistemi

Verilen bir zaman dilimi süresince istenilen sıcaklıkta konfor şartlarının sürdürülebilmesi için iklimlendirilen mekânın mekanik yolla ısıtılması ve istenilen sıcaklık düzeyinde korunması sistemidir.

2.3.2 Soğutma Sistemi

Tanımlı bir zaman dilimi süresince istenilen sıcaklıkta konfor şartlarının sürdürülebilmesi için iklimlendirilen mekânın mekanik yolla soğutulması ve istenilen sıcaklık düzeyinde korunması sistemidir.

2.3.3 Havalandırma Sistemi

Belirli bir zaman dilimi süresince konfor şartlarının sürdürülebilmesi için iklimlendirilen mekânın mekanik yolla havalandırılması ve istenilen taze hava miktarının korunması sistemidir.

2.3.4 Aydınlatma Sistemi

Herbir fonksiyonel mekânın görsel konfor koşullarını ve istenilen aydınlık düzeyini sağlayacak miktarda ya da tasarımın bir parçası olacak şekilde yapay olarak aydınlatılması sistemidir.

2.3.5 Sıcak Su Sistemi

Kullanım sıcak suyunun hazırlanması ve fonksiyonel mekânın sıcak su ihtiyacı miktarınca istenilen sıcaklık düzeyine getirilmesi sistemidir.

2.4 Yenilenebilir Enerji Sistemleri

Güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, dalga enerjisi, jeotermal enerji, hidrolik enerjisi, biyokütle enerjisi gibi kaynağı doğa olan, kullandıkça tükenmeyen ve doğa tarafından daimi olarak takviye edilen enerji sistemleridir. 'Sıfır Enerji' ve 'Sıfır Karbon Emisyonu' ancak, binanın enerji ihtiyacının tamamını yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanabilinmesi ile mümkündür.

Yaklaşık sıfır enerji bina kavramı, Binalarda Enerji Performansı Revize Direktifi ile ortaya konulmuştur. Bu direktifte "yaklaşık sıfır enerji binası", çok yüksek enerji performansına sahip bina olarak tanımlanmış ve ihtiyaç duyulan az miktardaki enerjinin çoğunlukla yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması zorunlu kılınmıştır (EPBD-*Recast*,2015).

Otel binaları ise, ülkemizde yaz turizminin deniz ile olan ilişkisi sebebi ile su kaynaklı ısı pompası kullanımı, güneş ışınımının yüksek olduğu sıcak bölge ve kış turizmi otellerinde güneş enerjisinden elektrik üreten verimli sistemler olarak günümüzde sıklıkla tercih edilen fotovoltaik paneller, sıcak su elden etmek için yararlanılan güneş kollekterleri, tatil köylerinde uygulanan kojenerasyon sistemleri vb. gibi gerek konum ve iklim koşullarından ötürü gerekse büyüklükleri ve yüksek enerji tüketim ve karbon salım miktarları açısından yenilenebilir enerji sistemlerinin kullanımının son derece uygun olduğu bina tipolojilerindendir. Ancak, yenilenebilir enerji sistemlerinin ilk

yatırım maliyetleri oldukça yüksek olduğundan, bu sistemlerin kullanılması konusunda yatırımcıyı ve tasarımcıyı teşvik edici ekonomik düzenlemeler yapılması gerekliliği açıktır. Gelecek dönemde 'Yaklaşık Sıfır Enerji' ve 'Net Sıfır Enerji' binaları konusunda yasal mevzuatlar ile getirilecek zorunluluklar, yenilenebilir enerji sistemlerinin kullanımı da zorunlu kılmaktadır.

Tez kapsamında, önerilen yaklaşım ile yenilenebilir enerji sistemlerinin enerji ve maliyet etkinliğinin eş zamanlı olarak hesaba katılması ile değerlendirmesi yapılan otel binası için optimum yenilenebilir enerji sisteminin seçilerek binaya entegrasyonu da olanaklı olabilecektir.

3. MEVCUT OTEL BİNALARININ ENERJİ VE MALİYET ETKİNLİĞİNİ ARTTIRMAK İÇİN KULLANILABİLECEK BİR YAKLAŞIM

Tezin birinci bölümünde ulusal istatistiksel verilere dayanarak sunulan mevcut otellerin yüksek enerji tüketim miktarları, turizm ve işletme belgeli konaklama tesislerinin sayısının fazlalığı, geleceğe ilişkin yüksek turizm tesisi sayı ve kapasite hedefleri, otellerden kaynaklanan yüksek sera gazı salım miktarları, enerji kaynaklarının ve ekonomik kaynakların denetlenmeksizin kullanımı; turizm sektörü için maliyet optimal enerji verimliliğinin AB standartlarında yer alan hedeflere uygun olarak arttırılmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır.

AB, enerji ortak sorununa çözüm bulmak amacı ile EPBD *Recast* (2010)'u yayınlayarak, 2020 yılı için; sera gazı salımı 1990 yılı düzeyinin %20 altına çekilmesini, Avrupa Birliği'nin enerji tüketiminin %20 azaltılmasını, kullanılan enerjinin %20'sinin yenilenebilir kaynaklardan sağlanmasını ve 2020 yılı itibari ile tüm yeni binaların neredeyse sıfır enerji binası olmasını zorunlu kılmıştır. Bunun yanı sıra, minimum enerji performans gereksinimlerine ilişkin optimum maliyet düzeyinin hesaplanması ve bu hesaplamanın ulusal bina enerji performansı hesap metotlarına entegre edilmesi ve mevcut binaların da asgari enerji performansı düzeylerini karşılayacak biçimde maliyet etkin 'Yaklaşık Sıfır Enerji' binası olarak yenilenmesi tüm üye ve aday ülkeler için zorunlu kılınmıştır. AB Komisyon Yönetmeliği (2012)'de, bina elemanları ve binalar için asgari enerji perfomans gereksinimlerinin maliyet optimum seviyelerinin hesaplanması için çerçeve niteliği taşıyan karşılaştırmalı bir yöntem verilmektedir.

Ülkemizde, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Enerji verimliliği çalışmaları ile Türkiye'nin Enerji Yoğunluğunun (milli gelir başına tüketilen enerji) 2023 yılına kadar, 2011 yılına göre en az %20 azaltılması, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 2012 yılında yayımlanan "İklim Değişikliği Eylem Planı 2011-2023" raporunda, öncelikli olarak ticari ve kamu binalarında yıllık enerji tüketiminin 2015 yılına kadar % 10, 2023 yılına kadar ise % 20 oranlarında azaltılması, enerji etkinliği sağlamaya yönelik ölçütlerin fayda maliyet analizlerinin yapılması hedeflenmektedir.

Hali hazırda, Türkiye' de binalarda, enerji ve maliyet etkinliğinin arttırılmasına ve/veya maliyet optimal yaklaşık sıfır enerji düzeyinin sağlanmas için Bina Enerji Performansı Yönetmeliği ve Enerji Verimliliği Kanunu aracılığı ile zorunlu hale getirilmiş yaptırımlar bulunmamakla birlikte konu ile ilgili olarak bilimsel araştırmalar ve yönetmelikler üzerindeki güncelleme çalışmaları devam etmektedir.

Bu tez kapsamında, kompleks yapılı mevcut otel binalarının enerji ve maliyet optimal iyileştirilmesi için AB, EPBD çerçeve metodunun Türkiye koşullarına uyarlanması için bir yaklaşım önerilmektedir. Yaklaşımın, özgünlüğü açısından, enerji ve maliyet analizlerinde ulusal iç piyasa verilerinin kullanılması ve bu verilerin birbirleriyle olan ilişkilerinin doğru tanımlanması büyük önem taşımaktadır.

Belirlenen enerji ve maliyet etkinliği hedeflerinin uygulanabilirliğinin kontrolü için bina fonksiyonuna bağlı olarak değişken bina enerji performansı ve konfor parametrelerine ilişkin ulusal standartların ve referans değerlerin, tanımlı ulusal referans binanın olmayışı, mevcut otellerin değişken bina geometrileri ve kullanıcı profilinin turizm amacına göre değişkenlik göstermesi yaklaşımın geliştirilmesi aşamasında karşılaşılan zorlukları teşkil etmektedir.

3.1 Yaklaşımın Amacı

Bu tez kapsamında geliştirilen yaklaşım, yapılan araştırmalar ve turizm sektörüne ilişkin enerji, bina stoğu, ileri dönem turizm yatırım hedefleri ve maliyetleri hakkındaki istatistiksel veriler ışığında, otel binaları arasında 4 ve 5 yıldızlı otellerin, stok sayıları ve tüketim eğilimleri sebebiyle diğer konaklama amaçlı yapılardan farklı olarak ele alınmaktadır. Turizm geliri oldukça yüksek olan bir ülke olarak, Türkiye'nin enerji ve kaynak kullanımı sorununa öncelikle mevcut bina stoğu üzerinden sorunları, hedefleri, zorunlulukları gözeterek sektörel olarak çözüm bulmayı hedeflemektedir.

Yapılan literatür araştırmasına göre, Türkiye' de mevcut otel binalarının enerji performansının belirlenmesi ve iyileştirilmesi için, binanın karakteristik yapısını, geometrik çeşitliliğini ve kullanıcı davranışlarını dinamik olarak ele alarak hesaplayan, hesaplanan her durum için maliyet etkinliğini dikkate alarak optimal durum ve alternatiflerini belirleyerek, kullanıcıya, tasarımcıya ve yatırımcıya reel veriler ile sunan bir yaklaşım bulunmamaktadır.

‘Mevcut Otel Binalarının Maliyet Optimal İyileştirilmesi için Avrupa Birliği Bina Enerji Performansı Direktifi’nin Türkiye Koşullarına Uyarlanmasına Yönelik Bir Yaklaşım’ ile Türkiye’ nin farklı iklim bölgelerinde oteller için tadilat aşamalarında uygulanabilecek iyileştirme önerilerini ortaya koyarak otel binalarının enerji performansının arttırılması ve global maliyetlerin düşürülmesi ile sektörel bazda enerji politikalarının belirlenmesi, AB uyum süreci ve yönetmelikleri gereği ileri dönem enerji tüketim düzeyi hedeflerinin yakalanması ve yaygın etki olarak da ülke ekonomi, sağlık ve refah düzeylerinin arttırılması amaçlanmaktadır.

3.2 Yaklaşımın Kapsamı

Ülkemizde, işletme belgeli ve turizm tesisi belgeli konaklama yapılarının sayısının oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Tip ve kapasitelerine göre konaklama tesisleri incelendiğinde, 4 ve 5 yıldızlı oteller haricindeki tesislerin, içerdikleri fonksiyonel mekanların enerji performansının belirlenmesi sırasında konutlara benzer şekilde ele alınabileceği öngörülmektedir. Bu sebeple, içlerinde ısıl ihtiyaçları birbirinden oldukça farklı çok sayıda mekan (ısıl zon) içeren kompleks yapıları, karmaşık bina geometrileri, yüksek iç kazanç değerleri ve yüksek enerji tüketim eğilimleri düşünülerek 4 ve 5 yıldızlı otel binaları tez kapsamında değerlendirilmektedir.

Yeni binaların enerji ve maliyet etkinlik seviyelerini belirleyebilmek için gerekli olan ulusal referans değerlerin ve ulusal referans otel binası olmaması sebebi ile önerilen yaklaşım ile mevcut otel binalarının enerji ve maliyet etkinliğinin iyileştirilmesi hedeflenmektedir. Mevcut otel binası stoğunun oldukça fazla olması sebebi ile mevcut binalarda yapılacak enerji ve maliyet iyileştirmelerinin global enerji tasarrufuna büyük oranda katkı sağlaması umulmaktadır.

Türkiye’ nin beş farklı iklim bölgesi ve herbir iklim bölgesine mahsus bina yerleşim, form, malzeme vb. karakteristikleri, turizm amaç ve sezonları, doluluk oranları değişkenlik göstermektedir. Tezde sunulan yaklaşım, tüm bu değişkenlerin farklı hassasiyetteki etkilerini hesaba katarak, ülkemizin her iklim bölgesi için uygulanmaya müsait yapıda esnek ve genel bir yapıya sahiptir.

EPBD (2010), üye ve aday ülkelerde kompleks yapılı binalar için ulusal referans binanın tanımlı olmaması durumunda, tanımlanmış ulusal ofis referans binalarının kullanılmasına müsaade etmektedir. Ancak, ofis binalarının kompleks yapılı otel

binalarını temsil etmesinin enerji performansı açısından yanıltıcı olabileceği düşünülmüş ve yeni binalar yaklaşımın kapsamı dışında tutulmuştur. Bunun yerine mevcut binaların enerji ve maliyet etkinliği baz durum olarak kabul edilirken, karşılaştırmalar bu baz durum üzerinden yapılmaktadır. Tez kapsamında, yalnızca mevcut binalar değerlendirmeye alınmaktadır.

Oteller için ulusal referans verilerin ve referans binanın tanımlanması halinde, yaklaşım yeni binalar için de dönüştürülmeye müsait bir yapıda hazırlanmıştır.

3.3 Yaklaşımın Tanımı

Yaklaşım, kompleks yapılı mevcut otel binalarının enerji ve maliyet etkin iyileştirilmesine yönelik olarak, 'Maliyet Optimal Çerçeve Metodolojisi' (EU Parliament, 2012)'nin Türkiye iklim, turizm ve maliyet koşullarına uyarlanması yoluyla geliştirilmiştir.

Mevcut otel binalarında enerji ve maliyet etkinliğini bütüncül olarak ele alan, Şekil 3.1'de akış şeması gösterilen yaklaşım, mevcut bina enerji ve global maliyet analizleri, bina enerji performansı ve global maliyet alanlarında etkin parametrelerin belirlenmesi yoluyla iyileştirme senaryolarının tayini; bu senaryolar için hesaplamaların yapılması ve bulguların mevcut durum ile karşılaştırılması yolu ile elde edilen iyileştirme oranının tespiti ve uygulanması adımlarından oluşmaktadır.

Bu yaklaşım, mevcut bina iyileştirmelerinde, enerji ve global maliyet açısından optimal seçeneğin kullanımını önerirken, farklı değişkenlerin çözüm üzerindeki etkisinin iklim bölgesine ve turizm hedeflerine bağlı olarak farklı oranlarda etki ettiğini Bölüm 4' te sunulan örnek uygulamalar aracılığı ile ortaya koymaktadır.

Mevcut otel binalarının maliyet etkin enerji performansı iyileştirmelerinin belirlenmesinde kullanılması önerilen bu yaklaşımın izlediği adımlar,44edc

- Mevcut binanın fiziksel ve termofiziksel özelliklerinin, aktif ve pasif enerji sistemlerinin işletim zaman çizelgeleri ve kullanıcı davranışları dikkate alınarak ulusal standartlara, reel verilere uygun şekilde gerçeğe yakın olarak tanımlanması
- Tüm özellikleri ile belirli kabul ve basitleştirmeler yapılarak, kullanıcı senaryosu dahil tanımlanan mevcut binanın enerji tüketim analizlerinin yapılması

    - Tespit edilen enerji tüketim değerlerinin birincil enerji cinsinden değerlendirilmesi
    - Tüketilen enerjinin cinsi ve miktarına göre mevcut binanın karbon salımının belirlenmesi
- Mevcut binada uygulanan enerji performansı parametrelerinin global maliyetinin hesaplanması
- Bina enerji iyileştirme önlemlerinim tekil önlem ve tekil önlemlerin farklı kombinasyonlarından oluşan paket önlem olmak üzere belirlenmesi
- Belirlenen iyileştirme önlemlerinin enerji tüketim analizlerinin yapılması
    - Herbir iyileştirme önlemi için enerji tüketim değerlerinin birincil enerji cinsinden hesaplanması
    - Herbir iyileştirme önlemi için tüketilen enerjinin cinsine ve miktarına bağlı olarak korbon salımının hesaplanması
- Herbir iyileştirme önlemi için global maliyet analizlerinin yapılması
- Mevcut bina tüketim değerleri referans alınarak iyileştirme önlemlerinin birincil enerji ve global maliyet açısından eşzamanlı karşılaştırılması yolu ile optimum iyileştirme önleminin tayin edilmesi.
- Yaklaşımın uygulama çalışmasıdır.

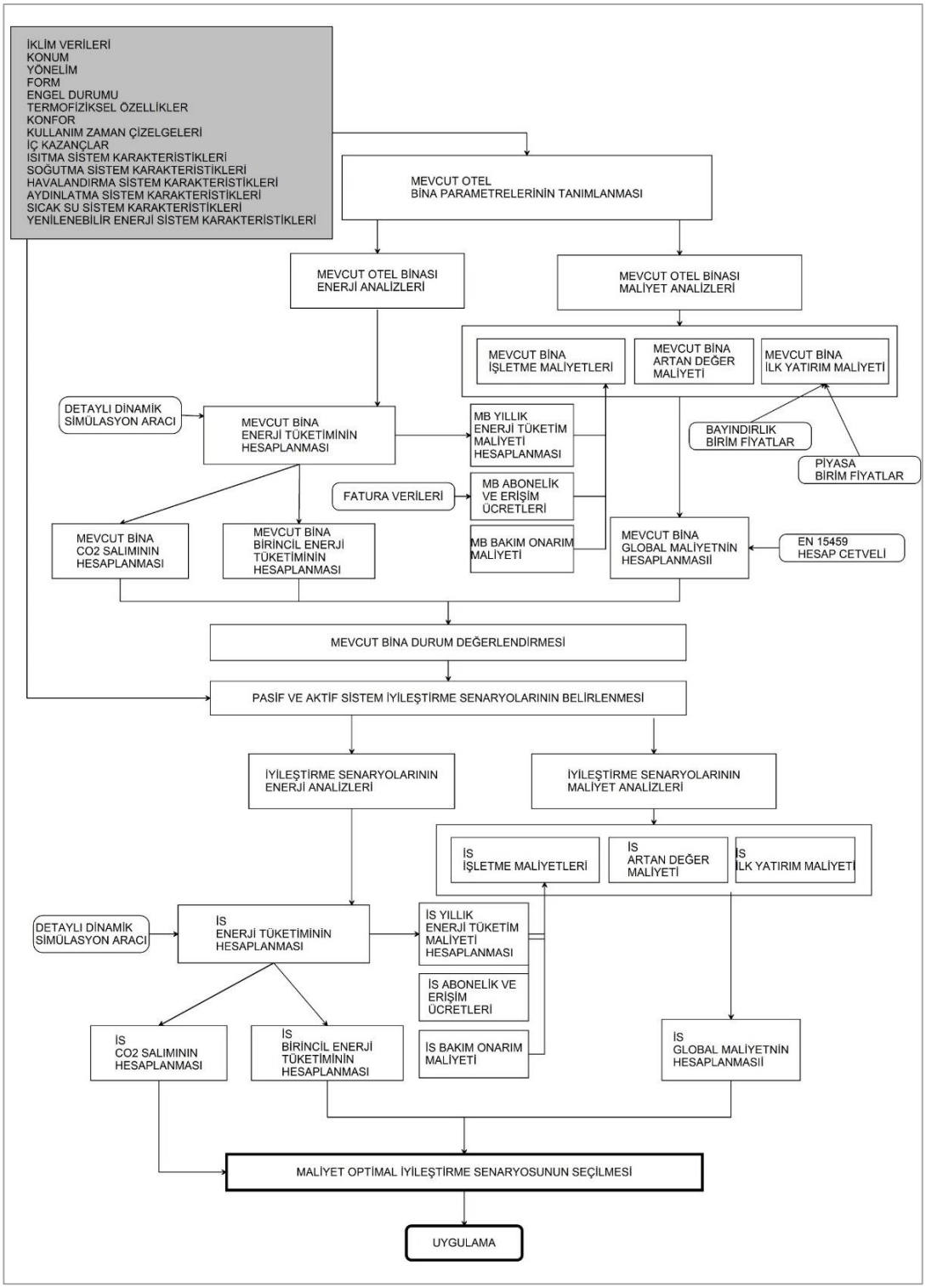
Bu yaklaşımın uygulama aşamasında, yaklaşımın kullanıcısının yapı fiziği konularına, kullanılacak simulasyon ve hesap araçlarına hakim olması büyük önem taşımaktadır. Mevcut bina parametrelerinin tanımlanması ile başlayan süreçte isabetli iyileştirme alternatiflerinin önerilmesi ve önerilerin analizlerinin doğru şekilde, hassasiyetle yapılmasının ardından elde edilen bulguların değerlendirilmesi ve karşılaştırılması yolu ile optimum durumun tespiti özenle ve titizlikle yapılmalıdır. Bu koşullarda ve varsayımı yapılan kullanıcı davranışları esas alınarak, uygulanan yaklaşımın gerçekçi sonuçlar vereceği öngörülmektedir.

3.4 Yaklaşımı Oluşturan Adımlar

Yaklaşımı oluşturan temel adımlar kısaca aşağıdaki başlıklardan oluşmaktadır.

1. Mevcut otel bina parametrelerinin tanımlanması
2. Mevcut otel binası için enerji analizlerinin yapılması
3. Mevcut otel binası için global maliyet analizlerinin yapılması
4. Mevcut durumun değerlendirilmesi
5. Pasif ve aktif enerji sistemleri için iyileştirme senaryolarının belirlenmesi

6. İyileştirme senaryoları için enerji analizlerinin yapılması
7. İyileştirme senaryoları için global maliyet analizlerinin yapılması
8. Maliyet optimal enerji iyileştirme senaryosunun seçilmesi
9. Yaklaşımın uygulama çalışmasıdır.



Şekil 3.1 : Avrupa Birliği EPBD'nin Türkiye'deki Mevcut Otel Binaları için Uyarlanmasına Yönelik Yaklaşımın Akış Şeması.

3.4.1 Mevcut otel bina parametrelerinin tanımlanması

Yaklaşımın ilk adımını, mevcut otel bina parametrelerinin tanımlanması oluşturmaktadır. Yaklaşımın ilerleyen aşamalarında açıklanan, enerji analizlerinde kullanılan girdi verilerini bu aşamada tanımlanan bina parametreleri oluşturmaktadır.

Mevcut otel binalarının enerji verimliliğinin arttırılmasını temel hedef olarak belirleyen bu yaklaşımda, binaya ilişkin olarak Bölüm 2' de detaylı olarak açıklanan parametreler dikkate alınmaktadır.

- İklim verileri
- Bina/mekan çalışma zaman çizelgeleri
- Konfor değerleri
- Konum
- Yönelim
- Form
- Engel durumu
- Bina kabuğu Termofiziksel & Optik özellikleri
- İç kazançlar
- Aydınlatma Sistem parametreleri
- HVAC sistem parametreleri
- Sıcak Su sistemi parametreleri
- Yenilenebilir enerji sistem parametreleri

Mevcut binaya ait pasif, aktif ve varsa yenilenebilir enerji sistem parametrelerine ilişkin verilerin, yapı sahibinden, kullanıcıdan, proje ya da uygulama firmasından temin edilmesi ya da yerinde yapılan ölçüm ve tespitlerle gerçeğe mümkün oldukça yakın olarak toplanması gerekmektedir. İmkanlar dahilinde edinilen bina parametrelerine ilişkin verilerden bazılarına ulaşılamaması ya da kullanıcı kaynaklı değişkenlik göstermesi nedenleri ile otel doluluk oranları, fonksiyonel mekanların kullanım zaman çizelgeleri, giysi faktörü, aktivite faktörü gibi parametreler için standartlara dayalı olarak kabuller yapılmaktadır. Mevcut bina verilerine ilişkin parametrelerin toplanması için oluşturulan otel bilgi formu Ek A'da verilmektedir.

3.4.2 Mevcut otel binası için enerji analizlerinin yapılması

Tezde önerilen yaklaşım, mevcut otel binaları enerji performansının maliyet optimal arttırılmasını hedeflerken, binanın mevcut enerji tüketim miktarını sınır (referans) durum olarak kabul etmektedir.

Bu yaklaşımda, enerji tüketim miktarları ve giderleri hayli yüksek olan kompleks yapılı otel binalarının, enerji analizleri için EN 13790 standardında önerilen detaylı dinamik hesap yöntemi kullanılmaktadır. Enerji analizleri başlığı altında, enerji tüketimi, birincil enerji ve karbon salım miktarlarının hesaplanması bulunmaktadır.

3.4.2.1 Mevcut otel binası için enerji tüketimlerinin hesaplanması

Binanın konfor koşulları sağlanırken ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma ve sıcak su temini için bir yılda kullandığı toplam enerji miktarı binanın yıllık enerji tüketimini vermektedir.

Bina enerji tüketimi belirleme yöntemleri, EN 13790 (2008)'de:

- Ölçüm
- El ile hesaplama
- Bilgisayar destekli hesaplama
    - Aylık/mevsimsel statik hesaplama
    - Basit saatlik hesaplama
    - Detaylı dinamik hesaplama (EN 13790)

olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Reel bir binaya ait tüketim miktarları ölçüm yolu ile edinilebilirken, mevcut binaya ait iyileştirme senaryolarına ait tüketim miktarılarının tespiti için hesaplamalara gerek duyulmaktadır.

Erten ve Yılmaz (2011)' e göre, kompleks yapılı büyük ölçekli binalarda, enerji tüketimlerini gerçeğe yakın olarak tahmin edebilmek, el ile yapılacak hesaplamalarda ortaya çıkabilecek olası hataları bertaraf etmek ve senaryoların sayısına bağlı olarak hesaplamalar için ayrılan süreyi azaltmak için bilgisayar destekli detaylı dinamik simülasyon araçlarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Tez kapsamında, enerji tüketimlerinin hesaplanmasında, detaylı dinamik hesaplama yöntemi, US Enerji Bakanlığı (DOE) tarafından geliştirilen ve yaygın olarak kullanılan EnergyPlus V8.1. yazılımı kullanılmıştır. Bina ve yapma çevre ise üç boyutlu

modelleme programı *SketchUp* ve *OpenStudio* arayüzü ile tanımlanmaktadır. Detaylı dinamik simulasyonlar ile ısıtma, soğutma, aydınlatma, ekipmanlar diğer enerji tüketimleri ile toplam enerji tüketimleri, konfor koşulları ve mekanik sistem bileşen boyutlarına ilişkin sonuçlar saatlik, günlük, aylık yıllık vb. gibi farklı zaman aralıkları için elde edilmektedir.

Enerji tüketimlerinin detaylı simülasyon araçları ile belirlenmesinde en kritik noktalardan biri Bölüm 2' de açıklanan bina enerji performansı parametrelerinin doğru olarak tanımlanmasıdır. Bu parametreler arasında iklim verilerinin önemi büyüktür. İklim verileri *EPlus* içerisinde yer alan '*weather data'* dan temin edilebilir. BepTr hesaplama yönteminde kullanılmak üzere Türkiye illeri için hazırlanan dış ortam sıcaklık, rüzgar ve nemlilik değerleri uzun dönem ortalamaları *Excel* arayüzü ile *Eplus* meteorolojik datası revize edilerek doğruya yakın duruma getirilebilmektedir.

Isıtma ve soğutma ayar sıcaklıkları ve çalışma zaman çizelgeleri ilgili standartlara ve uygulama örneklerine göre belirlenmektedir. Simulasyon araçları aracılığı ile test edilen durumlarda herbir fonksiyonel mekan için, enerji performansının, ısıl ve görsel konforun standart değerlere uygunluğu kontrol edilebilmektedir.

3.4.2.2 Mevcut otel binası için birincil enerji tüketiminin hesaplanması

Mevcut bina ve iyileştirme paketlerinin uygulandığı senaryoların enerji tüketimlerini eşit koşullarda karşılaştırmalı olarak değerlendirebilmek için hesaplanan tüketim değerinin birincil enerji cinsine dönüştürülmesi gerekmektedir (EN 15603,2008). Türkiye için birincil enerji dönüşüm katsayıları elektrik için 2,36, doğal gaz ve diğer yakıtlar için 1' dir.

$$BE(e) = T_{Elektrik\ enerjisi\ tüketimi} \times 2{,}36 \quad (3.1)$$

$$BE(d) = T_{Diğer\ enerjisi\ tüketimi} \times 1 \quad (3.2)$$

$$TBE = BE(e) + BE(d) \quad (3.3)$$

eşitlikleri ile hesaplanmaktadır.

BE(e): Toplam birincil elektrik enerjisi tüketimi

*BE(d) :*Toplam birincil diğer enerji kaynaklarıı tüketimi

$T_{Elektrik\ enerjisi\ tüketimi}$ *:* Toplam elektrik enerjisi tüketimi

$T_{Diğer\ enerjisi\ tüketimi}$: Toplam diğer enerji kaynakları tüketimi

TBE : Birincil enerji tüketimi toplamı

3.4.2.3 Mevcut otel binası için karbon salımının hesaplanması

Dünyada tüketilen enerji ve buna bağlı gerçekleşen karbon salımının büyük miktarının binalardan kaynaklandığı bilinmektedir. Bu sebeple, binalarda tüketilen enerji miktarını azaltarak ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına ağırlık vererek karbon salımını ve onun neden olduğu küresel ısınmayı kontrol altına almak mümkün olabilir.

Enerjinin üretilmesinde kullanılan yakıt türü karbon salımının niceliği üzerinde önemli etkiye sahiptir. Buna bağlı olarak, binanın toplam karbon salımını hesaplamak için yakıt tiplerine göre ayrışmış enerji tüketim miktarlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Ülkeler arasında farklılık gösteren yakıt tipine göre değişken karbon salımı katsayılarının ilgili yakıt tüketimi ile çarpılarak toplanmasıyla tüm binanın yıllık karbon salımına eşitlik (3.4) ile ulaşılmaktadır. Ülkemizde, karbon salımı dönüşüm faktörleri doğal gaz için 0.234, elektrik için 0.626 ve sıvı yakıt için 0.33' tür (Çedbik,2013).

$$E_{CO2} = (e_{doğalgaz} \times 0.234) + (e_{elektrik} \times 0.626) + (e_{sıvı\ yakıt} \times 0.33) \quad (3.4)$$

E_{CO2} *: Bina toplam karbon emisyonu*

$e_{doğalgaz}$ *: Doğal gaz kaynaklı enerji tüketimi*

$e_{elektrik}$ *: Elektrik kaynaklı enerji tüketimi*

$e_{sıvı\ yakıt}$ *: Sıvı yakıt kaynaklı enerji tüketimi*

3.4.3 Mevcut otel binası için global maliyet analizlerinin yapılması

Önerilen yaklaşımda, birinci bölümde açıklanan maliyet analizi yöntemleri arasından 'net bugünkü değer' / 'global maliyet metodu kullanılmakdır. Net bugünkü değer yöntemi, ekonomik veriler bağlamında paranın zaman içerisindeki değişimini dikkate alarak gelecekteki maliyetin indirim oranı ile çarpılması yoluyla günümüzdeki değerinin bulunması ilkesine dayanmaktadır. Global Maliyet'in hesaplaması ve hesap adımları aşağıda verilmektedir:

İlk yatırım maliyetlerinin hesaplanması

Bina veya belirtilen ekipman kullanıma hazır olduğunda dikkate alınması gereken maliyetlerdir. Bu maliyetler tasarım, sistem ve bileşenlerin satın alınması, kurulum ve devreye alma süreçlerini içermektedir. Bina enerji etkinliği global maliyet analizi için hesaba katılan ilk yatırım maliyetleri, binanın enerji kayıp ve kazançlarını etkileyen

bina elemanları ve HVAC, DHW sistemlerine ilişkin maliyetlerdir. Eşitlik (3.5) ile hesaplanmaktadır.

Herşeyden önce, maliyet verileri tutarlı bir piyasa analizine dayanmalıdır. Hesaplama için, yeni inşaat projelerinin değerlendirilmesi, inşaat şirketlerinin standart tekliflerinin analizi veya piyasa temelli veri toplama yöntemlerinden türetilen mevcut maliyet veritabanları bir temel oluşturabilir.

Genel olarak, ilk yatırım maliyeti doğrudan maliyet (malzemeler, nakliye ve işçilik), dolaylı maliyet (altyapı, müteahhitlik yardımı, genel gider vb.) ve vergiler olmak üzere üç ana kategoriye ayrılabilir. Malzemelerin doğrudan maliyetini belirlemek için, üç farklı inşaat malzemesi tedarikçisinden toplanan maliyetlerin ortalamasının alınması daha güvenilir bulunmaktadır. İşçilik ve nakliye masrafları bu şirketler tarafından karşılanıyorsa, bunları ayrı ayrı toplamak gerekli değildir. Aksi takdirde aynı yöntem bu maliyet kalemleri için de uygulanmalıdır. Türkiye'de doğrudan maliyetlerin % 25'inin dolaylı maliyetlere eşit olduğu varsayılmıştır (Ashrafian,2016).

$$CIn(s_n) = CIn(\mathrm{p}) \times \left(1 + \frac{Rd\,(i)}{100}\right)^{T} \tag{3.5}$$

CIn (S_n): İlk yatırım maliyeti (her adım için)

CIn (p):Bugünkü ilk yatırım maliyeti

R_d: Uygulama yılı için indirim oranı

T: Uygulama yılı

Yıllık maliyetin hesaplanması

Yıllık maliyet işletme ve değiştirme maliyetlerini içermektedir.

İşletme maliyetinin hesaplanması:

İşletme maliyetleri, bakım maliyetleri, enerji maliyetleri, işletim maliyetlerini içeren yıllık bir maliyettir. Eşitlik (3.6) ile hesaplanmaktadır.

$$\mathrm{Cy}(\tau) = Cm + Co + Ce \tag{3.6}$$

Cm :hesaplama süresi boyunca toplam bakım maliyeti

Co : hesaplama süresi boyunca toplam işletim maliyeti

Ce : hesaplama süresi boyunca toplam enerji tüketim maliyeti

Bakım maliyeti, bileşenin istenilen kalitesini korumak ve eski durumuna getirmek için alınacak önlemlerin yıllık maliyetlerini içerir. Bu maliyetlere denetim, temizlik, ayarlamalar, koruyucu bakımda tamir, sarf malzemeleri gibi yıllık masraflar dahildir. Bileşenlerin ve sistemlerin temizliğinde ve bakımında personel denetimi ve sarf malzemelerini veya yıllık sözleşmeleri de göz önünde bulundurmak gerekmektedir.

Enerji tüketim maliyeti Eşitlik (3.7)-(3.9) ile hesaplanmaktadır.

$$RI = \frac{R - Ri}{1 + \frac{Ri}{100}} \tag{3.7}$$

RI : Reel faiz oranı
R: Piyasa faiz oranı
Ri: Enflasyon oranı

$$Pv(c,n) = \frac{1 - \left(1 + \frac{RI}{100}\right)^{-n}}{\frac{RI}{100}} \tag{3.8}$$

Pv(c,n): Bugünkü değer faktörü
RI : Reel faiz oranı
n: Adım süresi

$$Ce = Ce(i) \times Pv(e,n) \tag{3.9}$$

Ce(i) : Başlangıç yılı için bir yıllık toplam enerji tüketimi maliyeti
Pv(e,n): Enerjinin Bugünkü değer faktörü

Yenileme maliyetinin hesaplanması:

Binanın yenileme maliyetini hesaplayabilmek, yenilenen herbir malzemeye/bileşene ilişkin ömür süresi ve ilk yatırım maliyeti bilgilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Malzemelere/bileşenlere ilişkin ömür süreleri üreticiler tarafından verilen teknik dökümanlardan ya da EN15459 EK A1'de yeralan listeden temin edilebilir. Yenileme maliyetinin hesaplanması için sırasıyla Eşitlik (3.10) ve (3.11)'dan yararlanılmaktadır.

$$Rd(i) = \left(\frac{1}{1 + \frac{RI}{100}}\right)^{p} \tag{3.10}$$

RI : Reel faiz oranı
p: Başlangıç yılından itibaren geçen yıl sayısı

$$\mathrm{Cr}(\tau) = CI \times \left(1 + \frac{Rd\,(i)}{100}\right)^{Lp} \quad (3.11)$$

CI : İlk yatırım maliyeti
Lp: Malzemenin ömrü
Rd(i): Uygulama yılı için indirim oranı

Global Maliyetin Hesaplanması

Bu yöntemde, arazi maliyetleri hariç yapılan ilk yatırım, değişim maliyetleri, ısıtma, soğutma, aydınlatma, sıcak su, fan ve pompalar ve diğerleri için enerji tüketim miktarları, enerji birim fiyatları, abonelik ve erişim ücretleri, bina ömrü, enflasyon oranı, piyasa faiz oranı, gerçek faiz oranı, yatırımın hesaplama sonundaki değeri, kalıcı değer, indirim oranı, bakım-onarım maliyetleri girdileri oluşturmaktadır. Global maliyet hesaplama yöntemi bina ekipmanlarından, ömrü bina ömründen uzun olan ekipmanlar için 'artan değeri' de toplam maliyetten düşerek hesaba katmaktadır. Yaklaşımda, 'Global Maliyet' analizi için, *Microsoft Excel* yazılımı aracılığı ile (3.12) ve (3.13) eşitlikleriyle hazırlanan global maliyet hesap cetveli kullanılmaktadır (EK B). Hesaplamalarda kullanılan enflasyon oranı 2015 yılı için %8.1, piyasa faiz oranı %14,3 olarak alınmıştır (TÜBİTAK, 2015).

Bu cetvelin çıktısı,binanın hesaplama süresi boyunca mal sahibine ve işletmeciye ait ayrı ayrı ve toplam olmak üzere TL cinsinden global maliyetidir.

$$R_R = (R - R_I) / (1 + R_I) \quad (3.12)$$

Piyasa Faiz Oranı (R) :piyasa tarafından onaylanan faiz oranı
Enflasyon Oranı (R_I) : paranın yıllık amortismanı
Gerçek Faiz Oranı (R_R) : Piyasa faiz oranının enflasyon oranına göre düzeltilmiş hali

$$\mathrm{Cg}(\tau) = CIn + \sum_j [\sum_{i=1}^{\tau} \left(Cy(\tau) + Cr(\tau)\right) - Vf,\tau(j)] \quad (3.13)$$

Cg(T) : Global maliyet
CIn: İlk yatırım maliyeti
Cy(τ) : İşletme maliyeti (bakım,işletim ve enerji maliyetleri)
Cr(τ): Yenileme maliyeti
$V_{f,\,\tau\,(j)}$: Bileşen j' nin T yılına karşılık gelen son değeri

3.4.4 Mevcut durum değerlendirmesi

Yaklaşımın bu aşamasında, pasif ve aktif sistem iyileştirme senaryolarının belirlenmesinden önce, mevcut bina için yapılan enerji, maliyet ve karbon analizlerinin genel bir değerlendirmesi yapılmaktadır. Mevcut binanın yürürlükteki mevzuatlara uygunluğu bu aşamada kontrol edilmektedir.

Mevcut bina analizlerinden elde edilen bulgular ışığında, binanın bulunduğu iklim bölgesini, binanın yıllık çalışma zaman çizelgesini (sezonluk/yıllık) ve turizm amaçlarını göz önünde bulundurarak mevcut binanın enerji tüketim karakteristiği belirlenebilmektedir. Böylelikle, bu değerlendirme, binanın ağırlıklı enerji tüketiminin ısıtma, soğutma veya dengeli olması durumlarına uygun olarak belirlenen etkin parametreleri ölçüt kabul etmek ve iyileştirme senaryolarını bu yolla geliştirmek sonsuz alternatiflerin sayısını ve analizlerin süresini düşürecektir.

Ayrıca, binaların pasif sistem olarak tasarlanması binaların konfor koşullarının sağlanması için konvansiyonel enerji kaynaklarını kullanan mekanik sistemlere olan ihtiyacını azaltacaktır. Binalarda konfor koşullarının sağlanması için ihtiyaç duyulan enerjinin de verimi yüksek mekanik sistemler ile sağlanması binanın enerji tüketimini önemli ölçüde azaltacaktır.

3.4.5 Pasif ve aksif sistem iyileştirme senaryolarının belirlenmesi

Mevcut bina enerji ve maliyet analizlerinin ve bulgularının değerlendirilmesine dayanarak, enerji tüketiminin azaltılması için Bölüm 2’ de açıklanan bina enerji performansı parametrelerinin yönetmeliklerce belirtilmiş sınır değerlere veya hedeflere uygun olarak tekil ya da çoklu (paket) iyileştirme kombinasyonları ile alternatif senaryolar belirlenmektedir. Belirlenen senaryoların tıpkı belirlenen ölçütler gibi enerji tüketim ağırlığı ve enerji azaltım hedefine uygun olarak seçilmesi esastır. Seçilen iyileştirme senaryoları için öngörülen pasif, aktif, aydınlatma, sıcak su ve yenilenebilir enerji sistemlerinin piyasada yaygın ve ulaşılabilir olması analizlerin gerçeğe yakın sonuç vermesi ve yaklaşımın uygulanabilirliği açısından oldukça önemlidir.

3.4.6 İyileştirme senaryoları için enerji analizlerinin yapılması

Bir önceki aşamada belirlenen tekil ve çoğul iyileştirme senaryolarının herbiri için, Bölüm 3.4.2' de mevcut bina için yapılan enerji analizlerinin yinelenmesi aşamasıdır.

3.4.6.1 İyileştirme senaryoları için enerji tüketimlerinin hesaplanması

Bölüm 3.4.2.1' de mevcut binanın enerji tüketiminin hesaplanması için seçilen detaylı dinamik hesaplama yöntemini kullanan simülasyon aracı ile belirlenen herbir enerji iyileştirme senaryosu için hesapların tekrarlandığı aşamadır. Bu aşamada herbir senaryonun enerji simülasyonundan elde edilen bulgular enerji tüketimlerinin mevcut durum ile karşılaştırılmasını kolaylaştırmak amacı ile kWh/m2yıl cinsinden grafik olarak ifade edilmektedir.

3.4.6.2 İyileştirme senaryolarının birincil enerji tüketiminin hesaplanması

Belirlenen herbir enerji iyileştirme senaryosu için, enerji üretiminde kullanılan yakıt türüne bağlı olarak değişen dönüşüm katsayıları aracılığı ile yıllık toplam birincil enerji tüketimi hesaplanmaktadır. Böylelikle mevcut durum ve geliştirilen iyileştirme senaryolarının toplam enerji tüketimleri aynı koşullar altında grafik anlatımla karşılaştırılmaktadır.

3.4.6.3 İyileştirme senaryolarının karbon salımının hesaplanması

3.4.2.3'te mevcut binalar için açıklanan karbon salımı hesabı bu kez, belirlenen herbir iyileştirme senaryosunun karbon salım miktarının hesaplanması için kullanılmaktadır. Yapılan bu hesaplama ve elde edilen bulgularla, mevcut durum ve iyileştirme senaryolarının grafik anlatımla karşılaştırılması yolu ile herbir senaryo için mevcut binaya göre karbon emisyonu iyileştirme oranını tespit etmek mümkündür.

3.4.7 İyileştirme senaryolarının global maliyet analizlerinin yapılması

Belirlenen herbir iyileştirme senaryosu için global maliyet hesap cetveli (EK B) kullanılarak hesaplamalar yinelenmektedir. Herbir senaryo için elde edilen global maliyetler ve mevcut durum kendi içlerinde karşılaştırmalı olarak değerlendirilmektedir.

3.4.8 Maliyet optimal iyileştirme senaryosunun seçimi

Maliyet optimal iyileştirme senaryosunun seçimi, mevcut bina ve iyileştirme senaryolarının birincil enerji tüketimleri ve global maliyetlerinin eş zamanlı karşılaştırılması yoluyla sağlanan 'Karar Verme' aşamasıdır.

Bu yaklaşımda, maliyet optimum enerji iyileştirme senaryosunun seçimi için, X ekseninde global maliyet (Tl/m^2), Y ekseninde birincil enerji tüketim miktarları (kWh/m^2yıl) olmak üzere mevcut durum ve tüm iyileştirme senaryolarının bulunduğu eş zamanlı karşılaştırma grafiğinin çizilmesi gerekmektedir. Çizilen bu grafik aracılığı ile, belirlenen iyileştirme senaryoları için global maliyet ve birincil enerji tüketimindeki değişimleri izleyerek maliyet optimum enerji verimliliği seviyesini sağlayan senaryo tespit edilmektedir.

İyileştirme senaryolarının global maliyet ve birincil enerji tüketimlerinin birbirlerine çok yakın olması maliyet optimal iyileştirme senaryosunun seçimini güçleştirebilmektedir. Bu surumda, seçim yapabilmek için CO_2 salımı devreye girmelidir. Seçilecek iyileştirme senaryolarından CO_2 salımı en düşük olan senaryo etkin senaryo olarak belirlenmelidir. CO_2 salımının da seçim yapabilecek oranda farklı olmaması durumunda ise, yapılan değişiklik için harcanan süre ilave bir seçim parametresi halini alabilir. Bunun yanında görsel konfor, estetik, işçilik kolaylığı gibi bina sahibine veya yatırımcıya seçim kolaylığı sağlayabilecek konular da düşünülmelidir.

3.4.8.1 Maliyet ve enerji etkinlik oranlarının karşılaştırılması

Binanın tipolojisine bağlı olarak kabul edilen yaşam dönemi boyunca, enerji ile ilgili yatırım maliyetleri, bakım ve işletme maliyetleri, enerji tüketim maliyetleri, üretilen enerjiden elde edilen kazançlar (yenilenebilir enerji sistemleri varsa), varsa bertaraf masrafları ve bina ekipmanları artan değeri dahil olmak üzere farklı önlemlerin/iyileştirme paketlerine ait global maliyetlerin karşılaştırılması yolu ile elde edilen en düşük maliyetle sonuçlanan enerji performansı seviyesi 'maliyet etkinlik düzeyi olarak tariflenmektedir (EPBD *Recast,* 2010). Mevcut bina ve belirlenen iyileştirme senaryolarına ait analiz sonuçlarının spesifik maliyet eğrisi grafiği ile alternatifler arasından maliyet optimum çözüm/çözümlere ulaşılabilmektedir.

3.4.8.2 İyileştirme senaryolarının geri ödeme sürelerinin hesaplanması

Maliyet etkin iyileştirme senaryosunun belirlenmesi için enerji ve maliyet etkinlikleri karşılaştırılan senaryolar arasından birincil enerji tüketimi düşük ancak global maliyeti yüksek olan senaryolar için geri ödeme süreleri Eşitlik (3.14) ile ilk yatırım maliyetinin (*CI)* başlangıç yılı için bir yıllık enerji tasarruf maliyetine (Ce_t) oranı ile hesaplanmaktadır. Geri ödeme süreleri kabul edilebilir olan senaryolar arasından enerji etkin olan senaryoyu belirlemek mümkün olmaktadır.

$$G_S = CI / Ce_t \tag{3.14}$$

3.4.9 Yaklaşımın Uygulanması

Yaklaşımın uygulanması, mevcut otel binalarının enerji etkinliğini maliyet optimal olarak arttırmak amacı ile AB EPBD'nin Türkiye koşullarına uyarlanması yoluyla, bu tez kapsamında geliştirilen yaklaşımın uygulanabilirliğini kontrol etmek amacıyla, seçilen mevcut bir otel binasının test edilmesi aşamasıdır.

Seçilen mevcut otel binası Türkiye' nin farklı iklim bölgelerinde ve farklı çalışma zaman aralıkları için yaklaşımın adımları sırası ile izlenerek pasif enerji sistemleri ve yenilenebilir enerji sistem iyileştirmeleri, enerji, maliyet ve karbon salımları analiz edilmiş, bulgular karşılaştırmalı olarak Bölüm 4' te sunulmuştur.

4. ÖRNEK BİR OTEL BİNASININ GELİŞTİRİLEN YAKLAŞIM ARACILIĞI İLE ENERJİ PERFORMANS VE MALİYET ETKİNLİĞİNİN ARTTIRILMASI ANALİZLERİ

Tezin bu bölümünde, önerilen yaklaşımın uygulanabilirliğinin test edilmesi amacı ile, test binası olarak mevcut 4 yıldızlı bir otel binası seçilmiştir. Test binasına ilişkin oluşturulan senaryolara göre malzeme seçimi, seçilen malzemelerin termofiziksel özellikleri, kalınlıkları, gölgeleme elemanı seçimi ve gölgeleme kontrol sistemleri gibi bina enerji performansını etkileyen bazı parametreler, farklı iklim bölgeleri için farklı kullanım senaryoları için sınanmaktadır. Geliştirilen iyileştirme senaryolarına ait detaylar, belirlenen senaryolar, yapılan enerji ve maliyet analizleri ve bunların neticesinde elde edilen bulgular bu bölümde açıklanmaktadır.

4.1 Ele Alınan İklim Bölgeleri

Türkiye' nin gerçek iklim bölgeleri Şekil 4.1'de verildiği üzere, tezin önerdiği yaklaşım, Türkiye'nin tüm iklim bölgeleri için uygulamaya müsait esneklikte olup tez kapsamında testi yapılan iklim bölgeleri sıcak nemli, ılımlı kuru ve soğuk iklim bölgeleridir. Bu iklim bölgeleri için sırasıyla Bodrum, Ankara ve Erzurum illeri temsili şehir olarak ele alınmışlardır.

Sıcak Nemli İklim Bölgesi – Bodrum

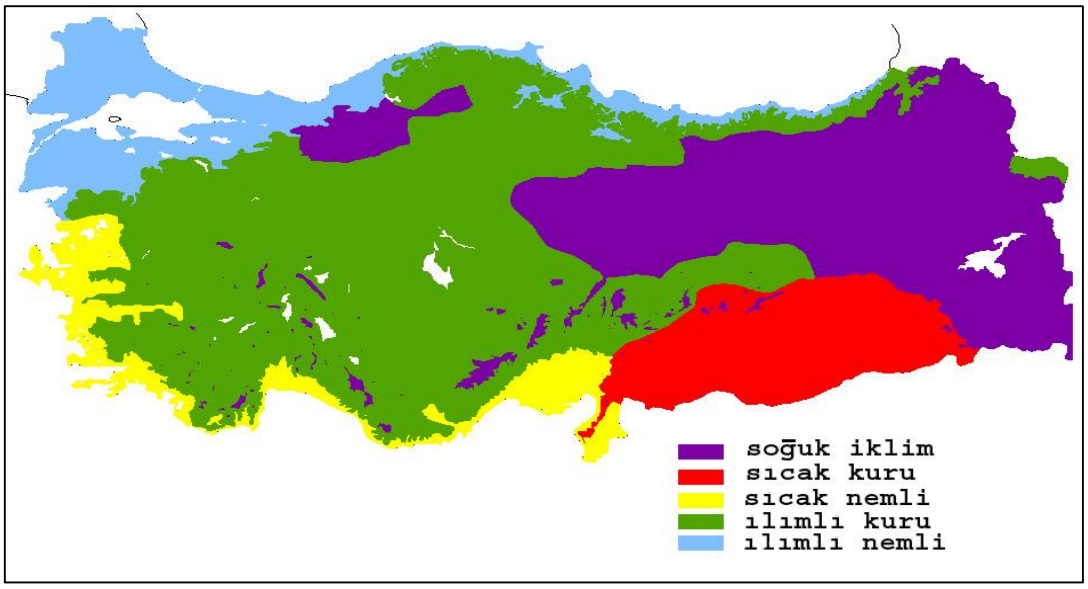
Ülkemizde Ege ve Akdeniz kıyılarını kapsayan bu iklim bölgesinde yazlar sıcak ve kurak kışlar ılık ve yağışlıdır. Bağıl nemlilik oranı oldukça yüksektir ve nem hissedilen sıcaklığı daha da arttırır (Koca, 2006). Çok miktarda oluşan yağışlar sonucu oluşan nem, gün içi sıcaklık ortalamasını dengeler. Adana, Antalya, İskenderun, İzmir, Manisa, Muğla gibi şehirlerimizin yer aldığı bu iklim bölgesini 36.53° enlem ve: 30.42° boylam ile Antalya pilot şehir olarak temsil etmektedir. Tez kapsamında, mevcut binasının Bodrum' da konumlandığı durumda, otelin yaz dönemi kullanımı (Mart, Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim) için analizler yapılmıştır.

Ilımlı Kuru İklim Bölgesi - Ankara

Kış koşulları soğuk iklim bölgesindeki kadar sert olmasa da kış döneminin yaz dönemine göre daha baskın olduğu iklim bölgesidir. Bu bölgede; Afyon, Ankara, Eskişehir, Elazığ, Iğdır, Isparta, Kayseri, Konya, Uşak gibi şehirler yer almaktadır. Tez kapsamında, test binasının Ankara' da konumlandığı durum için, otelin yaz dönemi kullanımı (Mart, Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim) ve tüm yıl kullanımı durumları için analizler yapılmıştır.

Soğuk İklim Bölgesi - Erzurum

Kışlar uzun ve sert, yazlar kısa ve serin geçer. Bolu, Erzincan, Erzurum, Kastamonu, Sivas ve Van gibi iller bu iklim bölgesi içinde yer almaktadır._Tez kapsamında, test binasının Erzurum' da konumlandığı durum için, otelin kış dönemi kullanımı (Kasım, Aralık, Ocak, Şubat) durumu için analizler yapılmıştır.



Şekil 4.1 : Türkiye iklim bölgeleri haritası (Zeren, 1962).

4.2 Konum

Bodrum

Bodrum, iklim itibariyle Ege ve Akdeniz iklimlerinin sentezinden oluşan bir özelliğe sahiptir. Yarımada olarak mikro klima alan özelliği gösterir. Yaz aylarında neredeyse hiç nem bulunmaz. Kış aylarında ise nem oranı oldukça düşüktür. Yaz ayları sıcak ve

kurak, kış ayları oldukça ılık ve yağışlıdır. Ülkemizde, turizm yatırımı yapılacak tesis oranlarına bakıldığında Muğla, yaklaşık %19'luk oranla ikinci sırada yer almaktadır (KTB, 2015).

Ankara

Kış koşullarının soğuk iklim kadar ağır olmadığı ancak yaz koşullarına göre daha baskın olduğu ılımlı kuru iklim bölgesinde yer almaktadır. Turist eğilimi mevsimlik/ sezonluk kullanım değil yıllık kategoride olup, iş, kongre, kültür turizmine hizmet etmektedir.

Erzurum

Kışlar uzun ve sert, yazlar kısa ve serin geçtiği soğuk iklim bölgesinde yer alan Erzurum ili, 1993 yılında kış Turizm Merkezi ilan edilen 2.200-3.185m rakımda kurulan Palandöken ve Konaklı, 1.713- 1.767m rakımda kurulan Kandilli kayak merkezlerinin açılması ile kış sporları turizminde ülkemizde ikinci adres olmuştur. Yaklaşık beş ay süren kış boyunca ortalama sıcaklık -5, -9 °C'dir ve tesisler sezonluk olarak hizmet vermektedir.

4.3 Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği, Bodrum, Ankara ve Erzurum.

Çizelge 4.1'de test binasının bulunduğu Bodrum ve Ankara için TS825 derece gün bölgeleri ve Çizelge 4.2'de bölgelere göre en yüksek U değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.1 : Ts 825 – Ek D – İllere göre derece gün bölgeleri – Bodrum, Ankara ve Erzurum (TS 825, 2013).

1.bölge derece gün bölgeleri				
Adana	Mersin	İzmir	Hatay	Antalya
İli 2. Bölgede olup da kendisi 1.bölgede olan belediyeler				
Bodrum(Muğla)	Dalaman (Muğla)	Fethiye(Muğla)	Marmaris(Muğla)	
Gökova(Muğla)	Datça(Muğla)	Köyceğiz(Muğla)	Milas(Muğla)	
3.derece derece gün illeri				
Afyon	Bolu	Iğdır	Kırşehir	Tokat
Aksaray	Burdur	Isparta	Konya	Tunceli
Ankara	Çankırı	Karabük	Kütahya	Uşak
Artvin	Çorum	Karaman	Malatya	
Bilecik	Elazığ	Kırıkkale	Nevşehir	
Bingöl	Eskişehir	Kırklareli	Niğde	
5.derece derece gün illeri				
Ağrı	Ardahan	**Erzurum**	Kars	

Çizelge 4.2 : TS 825 bölgelere göre en fazla değer olarak kabul edilmesi tavsiye edilen U değerleri (TS 825, 2013).

	U_D (W/m²k)	U_T (W/m²k)	U_t (W/m²k)	U_P (W/m²k)
1.Bölge	**0,66**	**0,43**	**0,66**	**1,8**
2.Bölge	0,57	0,38	0,57	1,8
3.Bölge	**0,48**	**0,28**	**0,43**	**1,8**
4.Bölge	0,38	0,23	0,38	1,8
5.Bölge	**0,36**	**0,21**	**0,36**	**1,8**

4.4 Otel Bilgi Formunun Hazırlanması

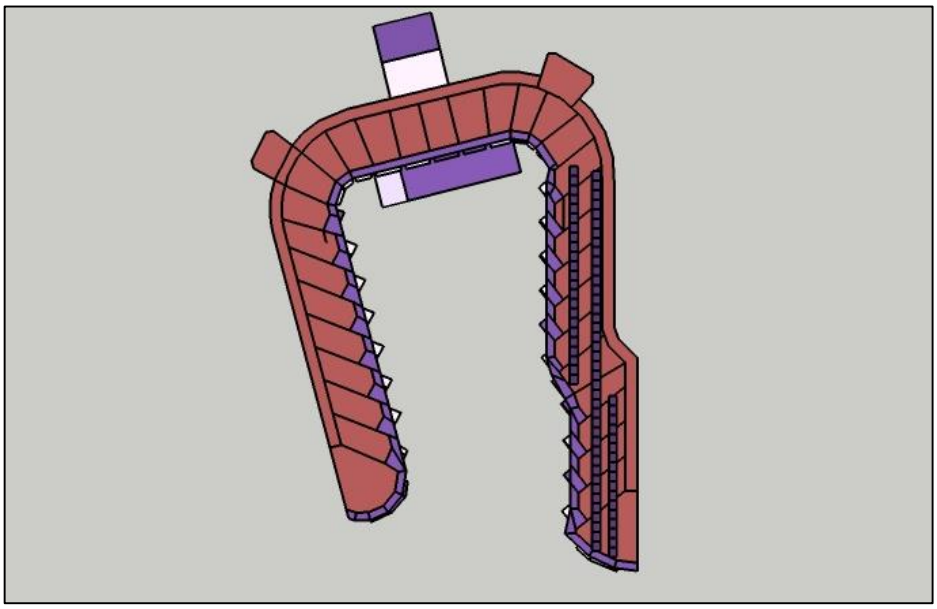
Enerji simulasyon projelerinin hazırlanması ve uygulanması aşamasında karşılaşılan en büyük zorluklardan biri gerekli verilerin toplanması ve simulasyon için hazır hale getirilmesidir. Simulasyon için ilk adım olan bu faaliyet öncelikle ihtiyaç duyulan verilerin belirlenmesi, mevcut ve erişilebilir olup olmadığının araştırılması, verilerin belirli bir sistematikle toplanması, gruplanması, doğruluğunun kontrol edilmesi gibi temel aşamaları kapsar. Oldukça zaman alan ve hata yapmaya çok fazla olanak veren bu adımda kullanılacak sistematik bir yöntem simulasyonun tamamlanması ve sonuçların elde edilmesine çok daha çabuk varılmasını sağlayacak ayrıca bu alanda fazla tecrübesi olmayan kullanıcılar ya da yeni başlayanlar için de yol gösterici olacaktır. Aşağıdaki otel veri formu 'Binalarda Enerji Simulasyonları için Veri Toplama Listeleri Aracılığıyla Veri Yönetimi Modelinin Oluşturulması' adlı bildiriden yararlanılarak hazırlanmıştır (Bayraktar vd., 2009).

Projelere ya da mevcut binalara ilişkin verilerin toplanmasında yaşanan güçlüklerden ötürü, tüm verilerine açıklıkla ve detaylı olarak ulaşabildiğimiz bu tez kapsamında incelemek üzere Dragut Point Otel örneğinin incelenmesine karar verilmiştir.EK A'da yer alan otel bilgi formu bu otel için doldurulmuş ve simülasyonda eksiksiz olarak bu veriler kullanılmıştır.

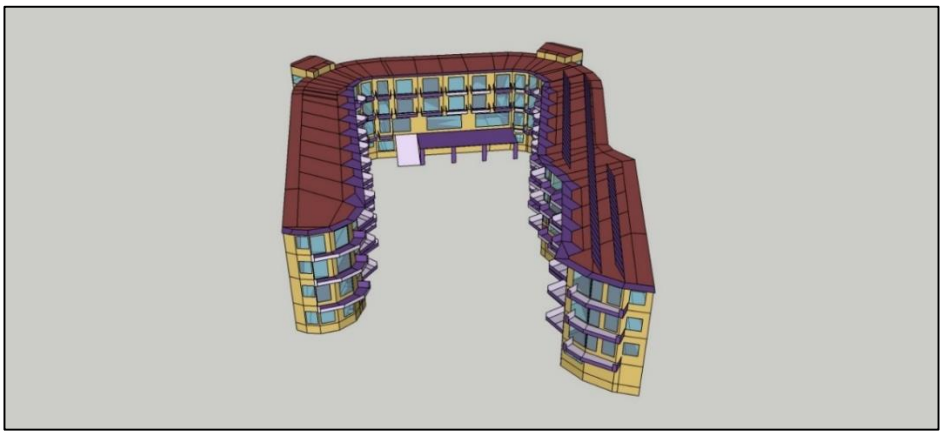
4.5 Mevcut otel bina parametrelerinin tanımlanması

Mevcut bina, 1 bodrum, zemin ve 2 yatak katından oluşan senenin sekiz ayı çalışan bir turizm tesisidir. Otelde 6 adet köşe süit, 78 standart oda olmak üzere 84 oda mevcuttur. Oteldeki fonksiyonel mekanlar, 24 saat hizmet veren cafe-bar, 200 kişilik çok amaçlı salon, fuaye, 80 kişilik alakart restoran, mutfak, depolar, soğuk depo, genel wc, kuaför,

revir, ofisler, hamam, sauna, masaj, fitness, lobi ve çamaşırhanedir. Şekil 4.2 ve 4.3'te mevcut binanın enerji modellemesine ait görseller verilmektedir.



Şekil 4.2 : OpenStudio test oteli model görseli.



Şekil 4.3 : OpenStudio test oteli model perspektifi.

4.5.1 Isıl zon listesi

Isıl zon listesi, EK C'de verilmiş olup test binasında yer alan herbir zona ilişkin alan, koşullandırma durumu, hacim, duvar alanı, pencere alanı, iç kazanç değerlerini içermektedir. Aydınlatma ve ekipmanlardan kaynaklanman iç kazançlar birim alan başına W cinsinden DOE *Commercial Referance Building, Referance Buildings Large Hotels* (2004) dökümanından elde edilmiştir. Yatak odaları için insanlardan kaynaklı iç kazançlar ise kişi başına düşen m² cinsinden ısıl zonların alanlarına bağlı olarak Dragut Point Otel yetkilisi tarafından belirtilen kişi sayılarına göre tanımlanmıştır.

Çizelge 4.3 : Mevcut bina zonları ayar sıcaklıkları ve iç kazanç değerleri.

Zon Adı	Ayar sıcaklıkları	İÇ KAZANÇLAR		
		Aydınlatma [W/m2]	İnsanlar [m2/kişi]	Ekipmanlar [W/m2]
Yatak Odası	21°C / 26°C	11.84	11	14.3
Koridor	16°C / 30°C	11.84	11	14.3
Merdiven	16°C / 30°C	11.84	11	14.3
Lobi	21°C - 26°C	11.84	11	14.3
Masaj	21°C - 26°C	11.84	7.51	14.3
Spor Sal.	18°C	12	13,5	9.01
Sauna	50°C	11.84	12,5	14.3
Genel-Wc	-	11.84	-	-
Hamam	50°C	12	2	10
Depo	-	9	-	-
Revir	21°C - 26°C	11.84	7.64	
Kuaför	21°C - 26°C	15	8.49	40
Ofis	21°C - 26°C	13.2	7.59	15.1
Sog.Depo	-5°C / +5°C	9	-	-10
Mutfak	21°C - 26°C	12	13.5	150
Lokanta	21°C - 26°C	12	2.27	10
Hol	21°C - 26°C	11.84	11	14.3
Fuaye	21°C - 26°C	11.84	11	14.3
Ç.A.Salon	21°C - 26°C	11.84	11	14.3
Kafeterya	21°C - 26°C	11.84	32.01	14.3

4.5.2 Saydamlık oranları

Bina saydamlık oranları, asıl binaya sadık kalınarak tanımlanmış olup Çizelge 4.5'te gösterilmektedir.

Çizelge 4.4 : Test otel binası saydamlık oranları.

	Toplam	Kuzey (315 - 45°)	Doğu (45 - 135°)	Güney (135 - 225°)	Batı (225 - 315°)
Duvar Alanı[m^2]	4645.79	1041.54	1403.21	794.73	1406.31
Pencere alanı[m^2]	1308.87	179.86	456.67	238.78	433.56
Saydamlık oranı [%]	28.17	17.27	32.54	30.05	30.83

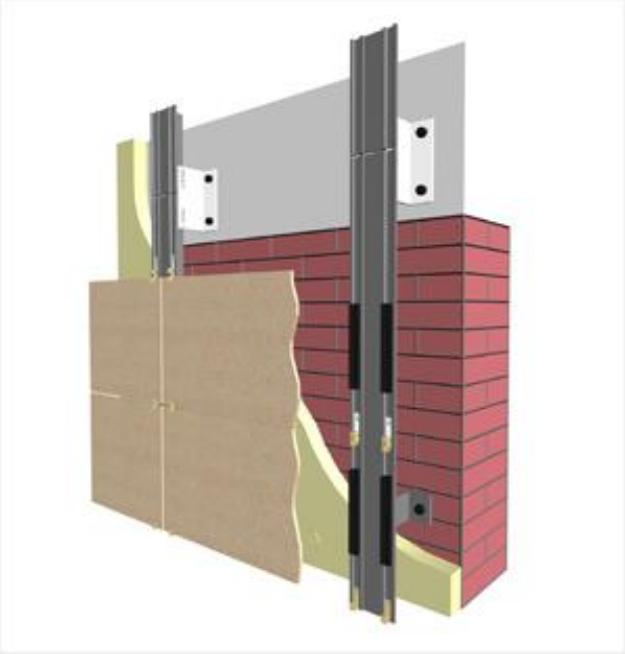
4.5.3 Mevcut Bina kabuğu bilgileri

Mevcut bina kabuğu ısı geçirgenlik katsayısı (U faktör) değerleri Çizelge 4.6'da gösterildiği gibidir.

Çizelge 4.5 : Test otel binası bina kabuk bilgileri.

Yapı Bileşeni	Malzemenin Adı	Kalınlık d cm	İletkenlik ʎ W/mK	Yoğunluk kg/m^3	Ögül Isı SH J/kgK	Isı Direnç Katsayısı R m^{2}K/W	SHGC	VT
Dış Duvar U:0,38 W/m^{2}K	Granit Seramik	1,1	1,2	2300	840			
	Düşey Hava Boşluğu					0,15		
	Taş Yünü	5	0,04	500	1030			
	Gazbeton	20	0,19	600	1000			
	Alçı Sıva	1	0,57	1300	1000			
Döşeme İç U: 1,828 W/m^{2}K	Seramik	0,8	1,3	2300	840			
	Şap	10	1,4	2000	1000			
	Betonarme Döşeme	20	2,5	2400	2000			
	Yatay Hava Boşluğu							
	Alçıpan Asma Tavan	1,8	0,25	800	1000			
Döşeme Toprak U: 0,423 W/m^{2}K	Seramik	0,8	1,3	2300	840			
	Şap	10	1,4	2000	1000			
	Betonarme Döşeme	20	2,5	2400	2000			
	Şap	10	1,4	2000	1000			
	Eps	5	0,0033	25	920			
	Pvc Su Yalıtımı	0,4	0,19	1200	900			
	Grobeton	10	1,65	2200	1000			
	Kırma Taş	15	0,7	1800	1000			
	Sıkıştırılmış Toprak	10	2,3	2600	1000			
Çatı U: 0,308 W/m^{2}K	Şap	10	1,4	2000	1000			
	Pvc Su Yalıtımı	0,4	0,19	1200	900			
	Eps	10	0,037	25	920			
	Betonarme Döşeme	20	2,5	2400	2000			
	Yatay Hava Boşluğu					0,18		
	Alçıpan Asma Tavan	1,8	0,25	800	1000			
Cam U: 2,7 W/m^{2}K Doğrama U: 1,3 W/m^{2}K							0.737	0.797

Mevcut binanın dış duvarları, piyasada mekanik cephe kaplaması olarak adlandırılan sistemle Şekil 4.4'te gösterilen detaya benzer şekilde uygulandığı için dış duvar U katsayısı hesaplanırken düşey hava boşluğunun direnci de hesaba katılmaktadır. Keza, çatı ve döşeme bileşenlerinin U katsayısı hesaplanırken asma tavan ile betonarme döşeme arasında kalan yatay hava boşluğu da dikkate alınmaktadır.



Şekil 4.4 : Mevcut bina dış duvarı örnek görseli.

4.5.4 Aktif sistemler

Bina HVAC sistemi EnergyPlus v.8.1 dinamik simülasyon aracı kullanılarak test edilmiştir. Genel olarak binanın ısıtılması ve soğutulması VRF sistemi kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Koşullandırılan alanlardaki iç üniteler seçilen VRF dış ünitelerine bağlı olup bu iç üniteler bulundukları ortamın iç ortam havasını sirküle ederek ortamı şartlandırmaktadırlar. Genel olarak binadaki set sıcaklıkları yatak odalarında 21-26 °C, ıslak hacimlerde, merdiven hollerinde ve koridorlarda şartlandırma yapılmamaktadır. Ayrıca bina sıhhi sıcak su sistemi 30*4 kW kapasiteli bir elektrikli boyler tarafından sağlanmakta olup güney yönündeki 80 adet güneş kollektörü ile sıhhi sıcak su sistemine destek verilmektedir.Güneş kollektörlerinin herbirinin aktif alanı 2.1m² verimi %83tür.

4.5.5 Aydınlatma sistemi

Test binası için kabul edilen aydınlatma sistemi çalışma zaman çizelgeleri fonksiyonel mekanın cinsine, haftaiçi ve haftasonu kullanıcı davranışlarının farklılık göstermesine bağlı olarak Çizelge 4.6 - Çizelge 4.12'de gösterildiği gibi değişiklik göstermektedir. Test binasının spor salonu, hamam, sauna, mutfak, restoran ve asansörlere ait aydınlatma sistemi çalışma zaman çizelgesi ve oranları otel yetkilileri ile yapılan görüşme ile temin edilmiştir.Test binası yatak odaları ve diğer alanlar için aydınlatma sisteminin zamana bağlı olarak değişken kullanım oranları, büyük otellere ait verilerin yer aldığı *DOE Commercial Referance Building, Referance Buildings Large Hotels* (2004) dokümanından elde edilmiştir.

Çizelge 4.6 : Yatak odaları için aydınlatma sistemi çalışma oran ve saatleri.

Zon adı	Saatler	Oran
Haftaiçi		
Yatak odaları	00:00 -01:00	0,22
	01:00-02:00	0,17
	02:00-05:00	0,11
	05:00-06:00	0,22
	06:00-07:00	0,44
	07:00-08:00	0,56
	08:00-10:00	0,44
	10:00-18:00	0,28
	18:00-19:00	0,67
	19:00-20:00	0,89
	20:00-21:00	1
	21:00-22:00	0,89
	22:00-23:00	0,67
	23:00-24:00	0,33
Haftasonu &tatil günleri		
	00:00-02:00	0,26
	02:00-06:00	0,11
	06:00-08:00	0,41
	08:00-10:00	0,56
	10:00-11:00	0,41
	11:00-18:00	0,33
	18:00-19:00	0,85
	19:00-22:00	1
	22:00-23:00	0,85
	23:00-24:00	0,41

Çizelge 4.7 : Spa için aydınlatma sistemi çalışma oran ve saatleri.

Zon adı	Saatler	Oran
Her gün		
Spa-fitness	00:00 -06:00	0
	06:00-08:00	0,7
	08:00-22:00	0,9
	22:00-24:00	0,3

Çizelge 4.8 : Restoran, aydınlatma sistemi çalışma oran ve saatleri.

Zon adı	Saatler	Oran
Her gün		
Restoran	00:00 -07:00	0
	07:00-10:00	0,9
	10:00-12:00	0,05
	12:00-14:00	0,9
	14:00-19:00	0,05
	19:00-22:00	0,9
	22:00-24:00	0,5

Çizelge 4.9 : Mutfak, aydınlatma sistemi çalışma oran ve saatleri.

Zon adı	Saatler	Oran
Her gün		
Mutfak	00:00 -06:00	0
	06:00-22:00	0,9
	10:00-12:00	0,05
	12:00-14:00	0,9
	14:00-19:00	0,05
	19:00-22:00	0,9
	22:00-24:00	0,5

Çizelge 4.10 : Asansörler, aydınlatma sistemi çalışma oran-saatleri.

Zon adı	Saatler	Oran
Her gün		
Asansör	00:00 -07:00	0,3
	07:00-24:00	0,9

Çizelge 4.11 : Soğukdepo, aydınlatma sistemi oran-saatleri.

Zon adı	Saatler	Oran
Her gün		
Soğuk depo	00:00 -06:00	0
	06:00-22:00	0,3
	22:00-24:00	0

Çizelge 4.12 : Diğer mekanlar için aydınlatma sistemi çalışma oran ve saatleri.

Zon adı	Saatler	Oran
Haftaiçi		
Diğer	00:00 -01:00	0,2
	01:00-02:00	0,15
	02:00-05:00	0,1
	05:00-06:00	0,2
	06:00-07:00	0,4
	07:00-08:00	0,5
	08:00-10:00	0,4
	10:00-18:00	0,25
	18:00-19:00	0,6
	19:00-20:00	0,8
	20:00-21:00	0,9
	21:00-22:00	0,8
	22:00-23:00	0,6
	23:00-24:00	0,3
Cumartesi		
	00:00-02:00	0,2
	02:00-06:00	0,1
	06:00-08:00	0,3
	08:00-10:00	0,4
	10:00-11:00	0,3
	11:00-18:00	0,25
	18:00-19:00	0,6
	19:00-22:00	0,7
	22:00-23:00	0,6
	23:00-24:00	0,3
Pazar ve tatil günleri		
	00:00-02:00	0,3
	02:00-06:00	0,2
	06:00-07:00	0,3
	07:00-09:00	0,4
	09:00-13:00	0,3
	13:00-18:00	0,2
	18:00-19:00	0,5
	19:00-20:00	0,7
	20:00-21:00	0,8
	21:00-22:00	0,6
	22:00-23:00	0,5
	23:00-24:00	0,3

4.5.6 Havalandırma sistemi

Test binası, asıl bina havalandırma stratejisine sadık kalınarak tanımlanmış olup, koridorlarda ve çekirdeklerde ısıtma ve soğutma yapılmazken, havalandırma da doğal yolla sağlanmaktadır. Oda içlerindeki banyolarda ısıtma soğutma yokken, yalnızca kirli hava egsoz fan ile dışarı atılmaktadır.

Ayrıca mevcut durum ve tüm senaryolar için, zon kullanım zaman çizelgesine uygun olarak dış ve iç hava sıcaklığı farkı 2°C olması durumunda, mahallerin doğal olarak havalandırıldığı kabul edilmektedir.

4.5.7 Kullanıcılara ilişkin veriler

Mevcut bina için, otel doluluk oranları ve fonksiyonel mekanlara ilişkin kullanım zaman çizelgeleri 2014 yılı için otel yetkililerinden temin edilmiş ve mevcut ve iyileştirme senaryolarından edinilen verilere uygun olarak Çizelge 4.13-4.26'da gösterildiği şekilde tanımlanmıştır. Mevcut bina için spor salonu, hamam, sauna, mutfak, restoran ve asansörlere ait kullanıcı çalışma zaman çizelgeleri ve oranl…….arı otel yetkilileri ile yapılan görüşmelerden, yatak odaları ve diğer alanlar için kullanıcı zaman çizelgeleri, büyük otellere ait verilerin yer aldığı *DOE Commercial Referance Building, Referance Buildings Large Hotels* (2004) dokümanından elde edilmiştir.

Çizelge 4.13 : Bodrum,Ankara, Erzurum için kabul edilen doluluk oranları.

Aylar	Doluluk Oranı Bodrum - Ankara (8 aylık kullanım) %	Doluluk Oranı Bodrum-Ankara (yıllık kullanım) %	Doluluk Oranı Erzurum (4 aylık kullanım) %
Ocak	0	80	80
Şubat	0	80	80
Mart	20	80	80
Nisan	40	80	0
Mayıs	60	80	0
Haziran	90	80	0
Temmuz	95	80	0
Ağustos	95	80	0
Eylül	90	80	0
Ekim	40	80	0
Kasım	0	80	80
Aralık	0	80	80

Çizelge 4.14 : Yatak odaları için aydınlatma sistemi saatler göre çalışma oranları.

Zon adı	Saatler	Oran
Haftaiçi		
Yatak odaları	00:00 -01:00	0,22
	01:00-02:00	0,17
	02:00-05:00	0,11
	05:00-06:00	0,22
	06:00-07:00	0,44
	07:00-08:00	0,56
	08:00-10:00	0,44
	10:00-18:00	0,28
	18:00-19:00	0,67
	19:00-20:00	0,89
	20:00-21:00	1
	21:00-22:00	0,89
	22:00-23:00	0,67
	23:00-24:00	0,33
Haftasonu &tatil günleri		
	00:00-02:00	0,26
	02:00-06:00	0,11
	06:00-08:00	0,41
	08:00-10:00	0,56
	10:00-11:00	0,41
	11:00-18:00	0,33
	18:00-19:00	0,85
	19:00-22:00	1
	22:00-23:00	0,85
	23:00-24:00	0,41

Çizelge 4.15 : Restoran, aydınlatma sistemi saatler göre çalışma oranları.

Zon adı	Saatler	Oran
Her gün		
Restoran	00:00 -07:00	0
	07:00-10:00	0,9
	10:00-12:00	0,05
	12:00-14:00	0,9
	14:00-19:00	0,05
	19:00-22:00	0,9
	22:00-24:00	0,5

Çizelge 4.16 : Diğer mekanlar için aydınlatma sistemi saatler göre çalışma oranları.

Zon adı	Saatler	Oran
Hergün		
Diğer	00:00 -01:00	0,2
	01:00-02:00	0,15
	02:00-05:00	0,1
	05:00-06:00	0,2
	06:00-07:00	0,4
	07:00-08:00	0,5
	08:00-10:00	0,4
	10:00-18:00	0,25
	18:00-19:00	0,6
	19:00-20:00	0,8
	20:00-21:00	0,9
	21:00-22:00	0,8
	22:00-23:00	0,6
	23:00-24:00	0,3
Cumartesi		
	00:00-02:00	0,2
	02:00-06:00	0,1
	06:00-08:00	0,3
	08:00-10:00	0,4
	10:00-11:00	0,3
	11:00-18:00	0,25
	18:00-19:00	0,6
	19:00-22:00	0,7
	22:00-23:00	0,6
	23:00-24:00	0,3
Pazar ve tatil günleri		
	00:00-02:00	0,3
	02:00-06:00	0,2
	06:00-07:00	0,3
	07:00-09:00	0,4
	09:00-13:00	0,3
	13:00-18:00	0,2
	18:00-19:00	0,5
	19:00-20:00	0,7
	20:00-21:00	0,8
	21:00-22:00	0,6
	22:00-23:00	0,5
	23:00-24:00	0,3

Çizelge 4.17 : Spa için aydınlatma sistemi saatler göre çalışma oranları.

Zon adı	Saatler	Oran
Her gün		
Spa-fitness	00:00 -06:00	0
	06:00-08:00	0,7
	08:00-22:00	0,9
	22:00-24:00	0,3

Çizelge 4.18 : Mutfak, aydınlatma sistemi saatler göre çalışma oranları.

Zon adı	Saatler	Oran
Her gün		
Mutfak	00:00 -06:00	0
	06:00-22:00	0,9
	22:00-23:00	0,5
	23:00-24:00	0

Çizelge 4.19 : Asansörler, aydınlatma sistemi saatler göre çalışma oranları.

Zon adı	Saatler	Oran
Her gün		
Asansör	00:00 -07:00	0,3
	07:00-24:00	0,9

Çizelge 4.20 : Soğukdepo, aydınlatma sistemi saatler göre çalışma oranları.

Zon adı	Saatler	Oran
Her gün		
Soğuk depo	00:00 -06:00	0
	06:00-22:00	0,3
	22:00-24:00	0

Çizelge 4.21 : Yatak odaları için ekipmanların çalışma oranları.

Zon adı	Saatler	Oran
Haftaiçi		
Yatak odaları	00:00 -06:00	0,2
	06:00-07:00	0,62
	07:00-08:00	0,9
	08:00-10:00	0,43
	10:00-17:00	0,26
	17:00-19:00	0,51
	19:00-20:00	0,49
	20:00-21:00	0,66

Çizelge 4.21 (devamı): Yatak odaları için ekipmanların çalışma oranları.

Zon adı	Saatler	Oran
	21:00-22:00	0,7
	22:00-23:00	0,35
	23:00-24:00	0,2

Çizelge 4.22 : Diğer alanlar için ekipmanların çalışma oranları.

Zon adı	Saatler	Oran
Haftaiçi		
Yatak odaları	00:00 -01:00	0,2
	01:00-02:00	0,15
	02:00-05:00	0,1
	05:00-06:00	0,2
	06:00-07:00	0,4
	07:00-08:00	0,5
	08:00-10:00	0,4
	10:00-18:00	0,25
	18:00-19:00	0,6
	19:00-20:00	0,8
	20:00-21:00	0,9
	21:00-22:00	0,8
	22:00-23:00	0,6
	23:00-24:00	0,3
Cumartesi		
	00:00-02:00	0,2
	02:00-06:00	0,1
	06:00-08:00	0,3
	08:00-10:00	0,4
	10:00-11:00	0,3
	11:00-18:00	0,25
	18:00-19:00	0,6
	19:00-22:00	0,7
	22:00-23:00	0,6
	23:00-24:00	0,3
Pazar & Tatil Günleri		
	00:00-02:00	0,3
	02:00-06:00	0,2
	06:00-07:00	0,3
	07:00-09:00	0,4
	09:00-13:00	0,3
	13:00-18:00	0,2
	18:00-19:00	0,5
	19:00-20:00	0,7
	20:00-21:00	0,8
	21:00-24:00	0,4

Çizelge 4.23 : Yatak odaları için kullanıcıların saatlere göre kullanım oranları.

Zon adı	Saatler	Oran
Haftaiçi		
Yatak odaları	00:00 -06:00	0,65
	06:00-07:00	0,5
	07:00-09:00	0,28
	09:00-15:00	0,13
	15:00-16:00	0,2
	16:00-19:00	0,35
	19:00-21:00	0,5
	21:00-22:00	0,58
	22:00-24:00	0,65
Haftasonu & Tatil Günleri		
	00:00-06:00	0,65
	06:00-07:00	0,5
	07:00-09:00	0,34
	09:00-17:00	0,2
	17:00-18:00	0,34
	18:00-19:00	0,35
	19:00-21:00	0,65
	21:00-24:00	0,5

Çizelge 4.24 : Restoran için kullanıcıların saatlere göre kullanım oranları.

Zon adı	Saatler	Oran
Restoran	00:00 -07:00	0
	07:00-10:00	0,9
	10:00-12:00	0
	12:00-14:00	0,9
	14:00-19:00	0
	19:00-22:00	0,9
	22:00-24:00	0

Çizelge 4.25 : Spa, kuaför ve ofisler için kullanıcıların saatlere göre kullanım oranları.

Zon adı	Saatler	Oran
Her gün		
Spa-fitness	00:00 -07:00	0
	07:00-09:00	0,3
	09:00-22:00	0,7
	22:00-24:00	0,3

Çizelge 4.26 : Mutfak için kullanıcıların saatlere göre kullanım oranları.

Zon adı	Saatler	Oran
Her gün		
Mutfak	00:00 -06:00	0
	06:00-22:00	0,9
	22:00-23:00	0,5
	23:00-24:00	0

4.5.8 Enerji birim maliyeti

Binaların global maliyetlerinin hesaplanması sırasında elektrik maliyetleri için Bodrum' da otel binalarına uygulanan 2014 yılı fatura birim fiyatları kullanılacaktır. Hesaplamalarda kullanılmak üzere Dragut Point otel yetkililerinden, 2014 yılına ait elektrik faturası edinilmiş ve fatura elektrik dağıtım firması Aydem'in uyguladığı elektrik birim fiyatının 0.235878 tl olduğu tespit edilmiştir. Mevcut bina ve iyileştirme senaryolarının global maliyet hesaplamalarında bu birim fiyat kullanılmaktadır.

4.6 Mevcut Bina İçin Enerji Analizlerinin Yapılması, Bodrum (Sekiz Aylık Kullanım)

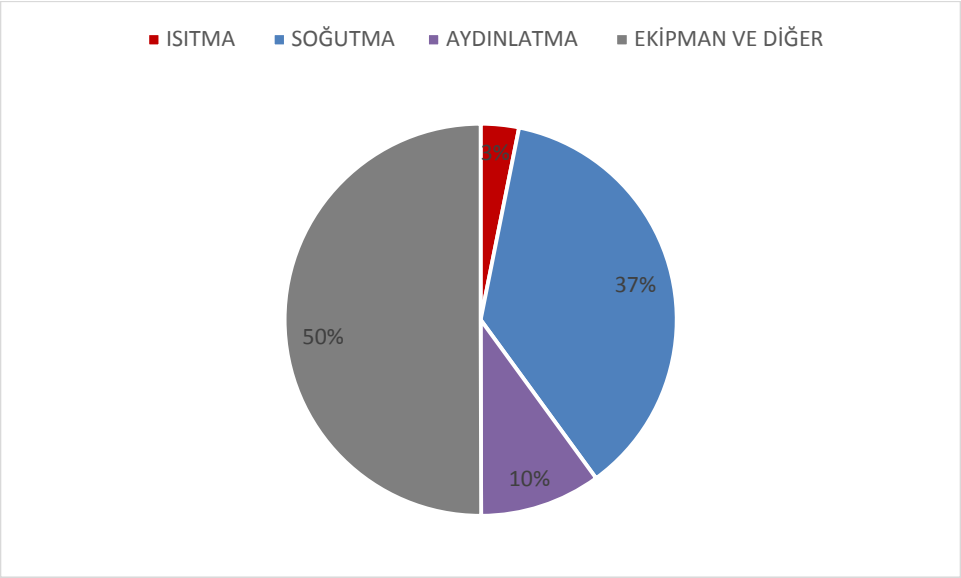
Aktif ve pasif sistem özellikleri, kullanıcı ve konfor parametreleri yukarıda tanımlanan test binası için enerji analizleri EnergyPlus v8.1. aracılığı ile yapılmaktadır.

4.6.1 Mevcut bina için enerji tüketiminin hesaplanması

Mevcut bina, yıllık enerji tüketim verileri birim alan başına Çizelge 4.27' de verilmiştir. Bu değerler, birincil enerji tüketimin hesaplanmasının ardından iyileştirme senaryolarının karşılaştırılması için baz durumu teşkil etmektedir. Şekil 4.5 ise mevcut binanın enerji tüketim amaçlarına göre dağılımı vermektedir. Bu dağılım grafiği önerilecek iyileştirme tedbirlerine ilişkin ön bilgi niteliğindedir.

Çizelge 4.27 : Mevcut bina enerji tüketim değerleri, Bodrum (sekiz aylık kullanım)

Isıtma kWh/m^{2}yıl	Soğutma kWh/m^{2}yıl	Aydınlatma kWh/m^{2}yıl	Ekipman ve diğer kWh/m^{2}yıl	Toplam kWh/m^{2}yıl
5,38	63	17,07	85,59	171,05



Şekil 4.5 : Mevcut bina enerji tüketim amaçları dağılımı.

4.6.2 Mevcut bina için birincil enerji tüketiminin hesaplanması

Mevcut binanın enerji sistemleri elektrik ile çalıştığı için birincil enerji dönüşüm katsayısı (e) 2,36 tüketim değerlerini dönüştürmek için kullanılmaktadır. Mevcut bina birincil enerji tüketimi aşağıdaki eşitlikle hesaplanarak 403,67 kWh/m^{2}yıl olarak bulunmuştur.

$$BE = 171{,}05 \times 2{,}36 = 403{,}67 \text{ kWh/m}^2\text{yıl} \quad (4.1)$$

4.6.3 Mevcut bina karbon salımının hesaplanması

Karbon salımı, mevcut bina tüketilen enerjinin elektrik olması sebebi ile toplam tüketim değerinin elektrik dönüşüm katsayısı ile çarpılması yolu ile hesaplanmaktadır. Mevcut bina karbon salımı, birim alan başına 107,07 kgCo2/m^{2}yıl dır.

4.7 Mevcut bina için global maliyetinin hesaplanması, Bodrum (Sekiz Aylık Kullanım)

Mevcut binanın global maliyeti hesaplanırken, binanın kaba ve tasarım maliyetleri hariç tutularak, mevcut binada bina enerji performansı iyileştirmesi için harcanan reel ısı yalıtımı, güneş kollektörleri maliyetleri gibi mevcut tedbirler için ödenen bedeller dikkate alınmaktadır. Bu bilgiler ışığında mevcut bina global maliyeti, Global Maliyet hesap cetveli Tübitak (2015) kullanılarak 3.542.886 TL olarak hesaplanmıştır.

4.8 Mevcut Durum Değerlendirmesi, Bodrum (Sekiz Aylık Kullanım)

Bu bölümde, mevcut bina için yapılan analiz sonuçları standart değerler ile karşılaştırılmak sureti ile kontrol edilmektedir. Örneğin, Çizelge 4.28'de gösterilen ısı geçirgenlik katsayıları (U Değeri) TS 825: Türkiye Isı Yalıtım Standardında ilgili konum için kabul edilen limit değerlerden daha iyi olmalıdır.

Mevcut bina kabuğu incelendiğinde, 2013 yılında güncellenen TS825'e göre Bodrum' da yer alan U katsayılarının opak yapı bileşenleri için sınır değerleri sağlamakta olup saydam bileşenler için sağlanamadığı değerlendirilmektedir. Bu değerlendirme ışığında, bu bölge için öncelikle limit değerlerin sağlanması ve binanın kullanım sezonu ve yüksek iç kazanç değerleri sebebiyle enerji tüketiminin soğutma ağırlıklı olması, seçilen iyileştirme senaryoları için saydam bileşenler üzerinde güneş kazançlarının azaltılması hedefli olarak geliştirilmiştir.

Bunun yanı sıra, opak bina kabuğu için U katsayıları sınır değerleri sağlamasına rağmen ısı yalıtımı iyileştirme senaryoları belirlenmiş ve bunların enerji tüketimi üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.28 : Standartlara göre mevcut bina ve standarta göre sınır U katsayıları karşılaştırması.

U katsayısı (W/m^2K)	Dış Duvar	Zemin Döşeme	Çatı	Cam
1.Bölge, TS 825 (2013)	0.66	0.66	0.43	1.8
Mevcut Bina (Bodrum)	0, 38	0,423	0,308	**2,7**

4.9 Pasif ve Aktif İyileştirme Senaryolarının Belirlenmesi, Bodrum (Sekiz Aylık Kullanım)

Mevcut otel binasının HVAC sistemi mevcut hali ile modellenmiş ve bir önceki bölümde yapılan değerlendirme ışığında geliştirilen senaryolarda pasif sistem iyileştirmesi yolu ile güneş kazançlarının azaltılması odaklı iyileştirme senaryoları belirlenmesine karar verilmiştir. Mevcut bina, Çizelge 4.29'da gösterilen doluluk oranları kabulü ve sezonluk kullanım çizelgesi ile yalnızca yaz sezonu boyunca (mart ve ekim ayları dahil 8 ay) faaliyet göstermektedir. Bu sebeple, mevcut binasının bulunduğu iklim bölgesi de dikkate alınarak, iyileştrme senaryoları soğutma yüklerini düşerecek nitelikte belirlenmiştir.

Çizelge 4.30'da yalın durumu temsil eden yalıtımsız ve balkonsuz senaryo ile başlatılan, mevcut (test) bina ve ısı yalıtım malzemesi, kalınlığı, cam tipi, yarı saydam

güneş kırıcı, gölgeleme elemanı kontrol sistemi değişecek şekilde farklı şehirler için 25 farklı senaryo listelenmektedir.



Şekil 4.6 : Yarı saydam dış stor, örnek görseli.

Çizelge 4.29 : Yarı saydam dış stor çeşitleri ve teknik özellikleri.

Stor Tipleri	Güneş Yansıtıcılık Oranı	Güneş Geçirgenlik Oranı	Görünür Geçirgenlik Oranı
Ort..Yansıtıcılık- Ort. Geçirgenlik	0.40	0.50	0.50
Yük.Yansıtıcılık –Düş. Geçirgenlik	0.80	0.10	0.10
Düş. Yansıtıcılık -Yük Geçirgenlik	0.20	0.70	0.70
Düş. Yansıtıcılık – Ort. Geçirgenlik	0.20	0.40	0.10
Düş. Yansıtıcılık - Düş. Geçirgenlik	0.20	0.10	0.10
Ort. Yansıtıcılık - Düş. Geçirgenlik	0.40	0.10	0.10

Çizelge 4.30 : Seçilen iyileştirme senaryoları listesi.

Senaryo	Dış Duvar Isı Yalıtımı	Cam tipi	Yarı saydam Dış stor	Otomasyon	Önlem tipi	Konum
Yalın Durum (Yalıtımsız-Balkonsuz)	Yalıtım Yok U: 0,72 W/m²K	Stnd. Çift cam U: 2,7 W/m²K	Yok	Sabit	Yok	Bodrum (sez.) Ankara (sez/yıl.) Erzurum (sez.)
Mevcut Durum	5 cm taşyyünü U: 0,38 W/m²K	Stnd. Çift cam U: 2,7 W/m²K	Yok	Sabit	Yok	Bodrum (sez.) Ankara (sez/yıl.) Erzurum (sez.)
S1	**5 cm eps** U: 0,34 W/m²K	Stnd. Çift cam U: 2,7 W/m²K	Yok	Sabit	Tekil	Bodrum (sez)
S2	**8 cm eps** U: 0,26 W/m²K	Stnd. Çift cam U: 2,7 W/m²K	Yok	Sabit	Tekil	Bodrum (sez.) Ankara(yıllık)
S3	**4 cm eps** U: 0,38 W/m²K	Stnd. Çift cam U: 2,7 W/m²K	Yok	Sabit	Tekil	Bodrum (sez.)
S4	5 cm taşyyünü U: 0,38 W/m²K	**4+16hava+4 ısı cam konfor** U: 1,3 W/m²K SHGC:0,44 Tviz: 0,71	Yok	Sabit	Tekil	Bodrum (sez.) Ankara (sez/yıl.) Erzurum (sez.)
S5	5 cm taşyyünü U: 0,38 W/m²K	**4+16argon+4 ısı cam konfor** U: 1,1 W/m²K SHGC:0,44 Tviz: 0,71	Yok	Sabit	Tekil	Bodrum (sez.) Ankara (sez/yıl.) Erzurum (sez.)
S6	5 cm taşyyünü U: 0,38 W/m²K	**6 Tentesol+ 16 hava + 6 TRC Ecotherm Low-E Isıcam konfor** U: 1,3 W/m²K SHGC:0,21 Tviz: 0,21	Yok	Sabit	Tekil	Bodrum (sez.) Erzurum (sez.)
S7	5 cm taşyyünü U: 0,38 W/m²K	**4+12+4+12+4 Sinerji 3 cam** U: 0,9 W/m2K SHGC:0,48 Tviz: 0,69	Yok	Sabit	Tekil	Bodrum (sez.) Ankara (sez/yıl.) Erzurum (sez.)
S8	5 cm taşyyünü U: 0,38 W/m²K	**4+12+4+12+4 Konfor 3 cam** U: 0,9 W/m²K SHGC:0,38 Tviz: 0,63	Yok	Sabit	Tekil	Bodrum (sez.) Ankara (sez/yıl.) Erzurum (sez.)
S9	5 cm taşyyünü U: 0,38 W/m²K	Stnd. Çift cam U: 2,7 W/m²K	**Ort. Yansıtıcılık Ort. Geçirgenlik**	Sabit	Tekil	Bodrum (sez.) Ankara (sez/yıl.) Erzurum (sez.)
S10	5 cm taşyyünü U: 0,38 W/m²K	Stnd. Çift cam U: 2,7 W/m²K	**Yük. Yansıtıcılık Düş. Geçirgenlik**	Sabit	Tekil	Bodrum (sez.) Ankara (sez/yıl.) Erzurum (sez.)
S11	5 cm taşyyünü U: 0,38 W/m²K	Stnd. Çift cam U: 2,7 W/m²K	**Düş. Yansıtıcılık Yük. Geçirgenlik**	Sabit	Tekil	Bodrum (sez.)
S12	5 cm taşyyünü U: 0,38 W/m²K	Stnd. Çift cam U: 2,7 W/m²K	**Düş. Yansıtıcılık Düş. Geçirgenlik**	Sabit	Tekil	Bodrum (sez.)
S13	5 cm taşyyünü U: 0,38 W/m²K	Stnd. Çift cam U: 2,7 W/m²K	**Düş. Yansıtıcılık Ort. Geçirgenlik**	Sabit	Tekil	Bodrum (sez.)
S14	5 cm taşyyünü U: 0,38 W/m²K	Stnd. Çift cam U: 2,7 W/m²K	**Ort.Yansıtıcılık Düş. Geçirgenlik**	Sabit	Tekil	Bodrum (sez.)
S15	5 cm taşyyünü U: 0,38 W/m²K	**Isıcam Konfor** U: 1,1 v SHGC:0,44 Tviz: 0,71	**Ort. Yansıtıcılık Ort.Geçirgenlik**	Sabit	Çoklu	Bodrum (sez.)
S16	5 cm taşyyünü U: 0,38 W/m²K	**6 Tentesol+ 16 hava + 6 TRC Ecotherm Low-E Isıcam konfor** U: 1,3 W/m²K SHGC:0,21 Tviz: 0,21	**Ort. Yansıtıcılık Ort.Geçirgenlik**	Sabit	Çoklu	Bodrum (sez.)
S17	5 cm taşyyünü U: 0,38 W/m²K	Stnd. Çift cam U: 2,7 W/m²K	**Ort. Yansıtıcılık Ort.Geçirgenlik**	**Pencerede Yük. Sıcaklık**	Çoklu	Bodrum (sez.)
S18	5 cm taşyyünü U: 0,38 W/m²K	Stnd. Çift cam U: 2,7 W/m²K	**Ort. Yansıtıcılık Ort.Geçirgenlik**	**Güniçi Soğutma**	Çoklu	Bodrum (sez.)
S19	5 cm taşyyünü U: 0,38 W/m²K	Stnd. Çift cam U: 2,7 W/m²K	**Ort. Yansıtıcılık Ort.Geçirgenlik**	**Yük. Sıcaklık**	Çoklu	Bodrum (sez.)
S20	**8 cm EPS** U: 0,26 W/m²K	**Isıcam Konfor** U: 1,1 W/m²K SHGC:0,44 Tviz: 0,71	Yok	Sabit	Çoklu	Ankara (yıl.) Erzurum (sez.)
S21	**8 cm EPS** U: 0,26 W/m²K	**4+16argon+4 ısı cam konfor** U: 1,1 W/m²K SHGC:0,44 Tviz: 0,71	Yok	Sabit	Çoklu	Ankara (yıl.) Erzurum (sez.)
S22	**8 cm EPS** U: 0,26 W/m²K	**4+12+4+12+4 Sinerji 3 cam** U: 0,9 W/m²K SHGC:0,48 Tviz: 0,69	Yok	Sabit	Çoklu	Ankara (yıl.) Erzurum (sez.)
S23	**8 cm EPS** U: 0,26 W/m²K	**4+12+4+12+4 Konfor 3 cam** U: 0,9 W/m²K SHGC:0,38 Tviz: 0,63	Yok	Sabit	Çoklu	Ankara (yıl.) Erzurum (sez.)
S24	**10 cm EPS** U: 0,24 W/m²K	Stnd. Çift cam U: 2,7 W/m²K	Yok	Sabit	Tekil	Ankara (yıl.) Erzurum (sez.)
S25- **PV**	5 cm taşyyünü U: 0,38 W/m²K	Stnd. Çift cam U: 2,7 W/m²K	**Ort.Yansıtıcılık Ort.Geçirgenlik**	Sabit	Çoklu	Bodrum (sez.)

4.10 Seçilen İyileştirme Senaryoları için Enerji Analizlerinin Yapılması, Bodrum (Sekiz Aylık Kullanım)

Belirlenen senaryolara ilişkin seçilen yer ve yıllık çalışma zamanlarına göre sanal binaların enerji tüketimleri dinamik simülasyon araçları ile analiz edilmektedir.

4.10.1 İyileştirme senaryoları için enerji tüketiminin hesaplanması

Senaryo tanımlarında detaylı anlatılan senaryolara ait yıllık enerji tüketimi simülasyon bulguları Çizelge 4.31'de ısıtma, soğutma ve toplam olacak şekilde gösterilmektedir. Bodrum için seçilen senaryoların yıllık enerji tüketimlerine bakıldığında, örnek otelin sezonluk çalışması sebebi ile ısıtma enerji tüketiminin oldukça düşük olduğu görülmektedir. Mevcut durum tüketimi toplam 171 kWh/m^{2}yıl iken, tekil iyileştirmelerle elde edilen en düşük tüketim miktarı Şekil 4.10'da gösterildiği gibi S10 (Sabit Yarı Saydam Dış Stor Yük.Yan./Düş.Geç.) 119,7 kWh/m^{2}yıldır.

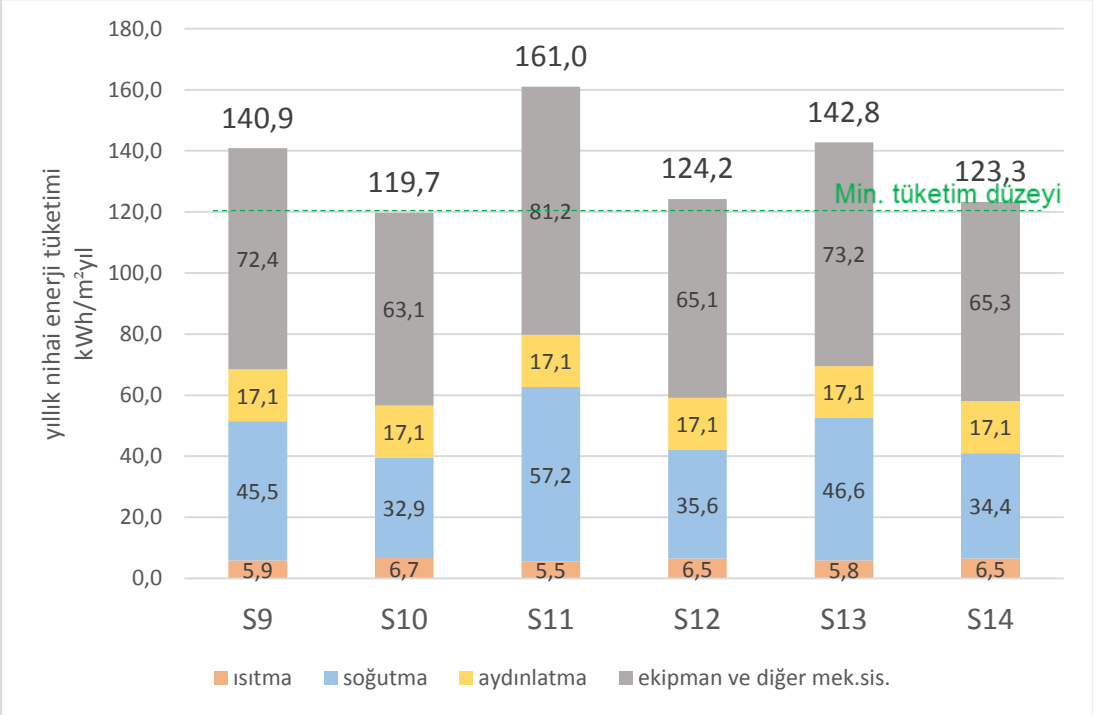
Çizelge 4.31 : İyileştirme senaryoları için enerji tüketim miktarları, Bodrum (Sekiz Aylık Kullanım)

Senaryo	Isıtma Tüketimi [kWh/m^2].y	Soğutma Tüketimi [kWh/m^2].y	Toplam Bina Tüketimi Ayd+Ekipman+Fan+Pompa [kWh/m^2].y
Yalıtımsız	5.50	72.60	193.70
Mevcut	5.38	63.00	171.05
S1	5.35	63.20	171.35
S2	5.27	63.87	172.39
S3	5.39	62.90	170.88
S4	5.62	49.72	147.85
S5	5.57	50.73	149.57
S6	6.06	39.45	130.38
S7	5.47	54.22	155.60
S8	5.59	49.89	148.11
S9	5.88	45.54	140.89
S10	6.66	32.86	119.72
S11	5.52	57.20	160.99
S12	6.45	35.60	124.24
S13	5.84	46.63	142.75
S14	6.55	34.41	123.30
S15	5.81	44.75	139.36
S16	6.07	39.45	130.40
S17	5.94	44.42	139.02
S18	5.48	52.00	151.67
S19	5.44	54.67	156.33
S25	5.88	45.54	132.40

4.10.1.1 Yarı saydam gölgeleme elemanları için iyileştirme senaryolarının yıllık enerji tüketimlerinin karşılaştırması

İyileştirme senaryolarında ölçüt olarak belirlenen yarı saydam dış stor malzeme son yıllarda ülkemizde de kullanımı yaygınlaşan ve pazar değeri bulan bir uygulama halini almıştır.

Şekil 4.7'de görüldüğü üzere sabit yarı saydam dış storların enerji tüketimleri karşılaştırıldığında, S10 (Yük..Yansıtıcılık-Düş. Geçirgenlik) olan senaryo en düşük enerji tüketim değerini vermektedir. Bunun yanında en yüksek enerji tüketimi ise, S11 (Düş. Yansıtıcılık.-Yük. Geçirgenlik.)' de gözlenmektedir. Bu ürünler arasında Çizelge 4.29'da verilen görünür geçirgenlik değerleri açısından kabul edilebilir olan ise S9 (Ort. Yansıtıcılık.-Ort.Geçirgenlik.)'dur.

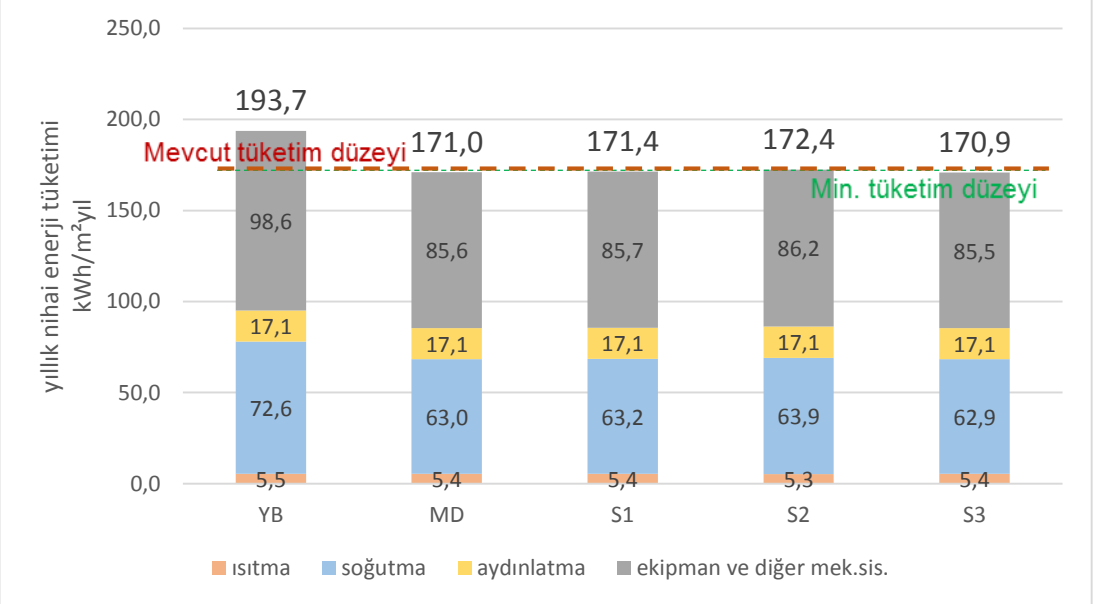


Şekil 4.7 : Yarı saydam dış stor iyileştirme senaryoları m^2 başına için yıllık nihai enerji tüketimi, Bodrum (Sekiz Aylık Kullanım).

4.10.1.2 Isı yalıtımı iyileştirme senaryolarının yıllık enerji tüketimlerinin karşılaştırması

Mevcut binanın enerji etkin iyileştirilmesi için parametrelerin enerji etkinliklerini irdelemek için belirlenen ısı yalıtım senaryoları yalın durum ve mevcut durum ile Şekil

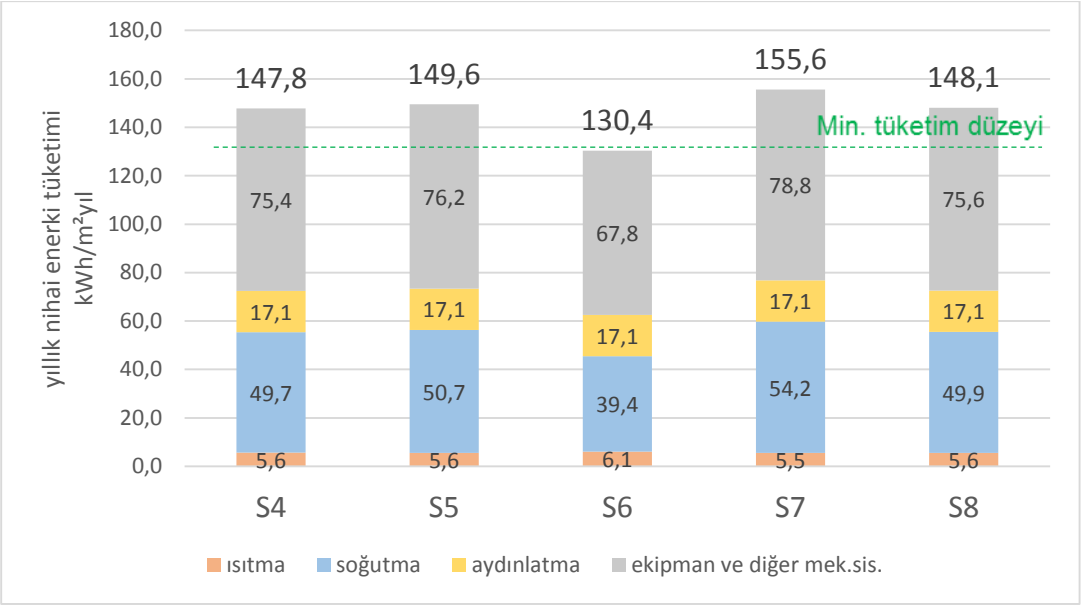
4.8'de gösterildiği üzere karşılaştırılmaktadır. Bulgulara bakıldığında, tüketim değeri en düşük olan senaryo, mevcut 5cm taşyünü yerine EPS 4cm'nin kullanıldığı S3'tür. Yalıtım kalınlığının 8 cm'ye çıkarıldığı S2'de ise yılın bahar ve yaz aylarında faaliyet gösteren, iç kazançları yüksek bu otel binası için yalıtım kalınlığının artması binanın kendi kendine soğumasına engel olduğundan, binanın soğutma yüklerini arttırmaktadır. Mevcut binanın kabuğunda kullanılan malzeme mekanik montajlı seramik dış cephe kaplamasıdır. Bu malzeme ile birlikte kullanılabilecek en uygun yalıtım malzemesi taşyünü olduğundan devam eden diğer senaryolar mevcut opak bina kabuğu ile sürdürülmüştür.



Şekil 4.8 : Isı yalıtımı iyileştirme senaryoları için m^2 başına yıllık nihai enerji tüketimi, Bodrum (Sekiz Aylık Kullanım).

4.10.1.3 Pencere tipi iyileştirme senaryolarının yıllık enerji tüketimlerinin karşılaştırılması

Şekil 4.9 mevcut durum üzerinden yalnızca piyasada sıkça kullanılan farklı pencere tiplerinin enerji tüketim değerlerine olan etkisi göstermektedir. S6 (6mm TENT +16mm hava+6 mm TENT.) enerji tüketimi açısından en etkin durumdur. Bu senaryonun mevcut duruma göre %11.81 iyileştirme sağladığı Şekil 4.10'da gösterilmiştir.



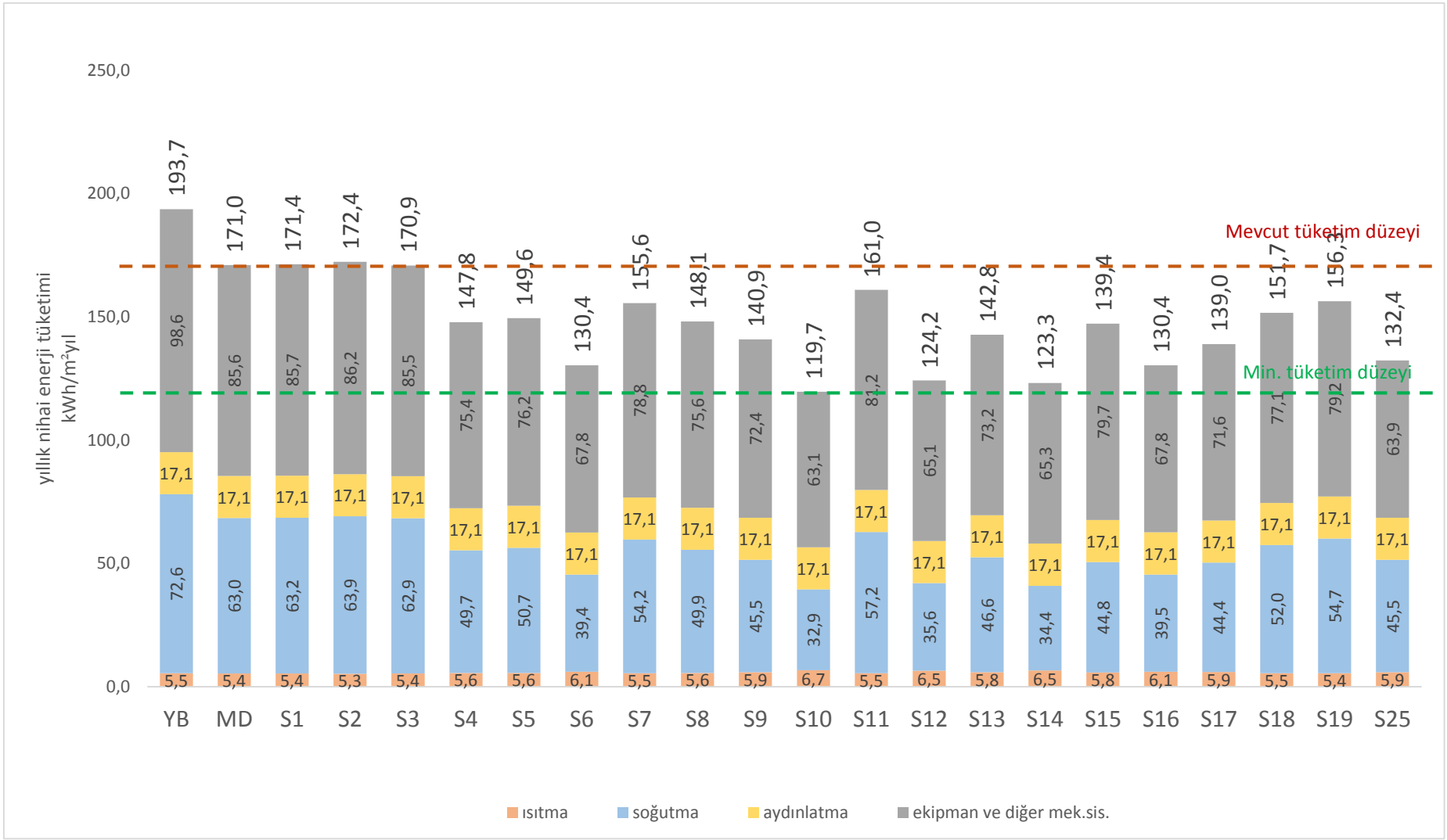
Şekil 4.9 : Pencere tipi iyileştirme senaryoları için m^2 başına yıllık nihai enerji tüketimi, Bodrum (Sekiz Aylık Kullanım).

4.10.2 İyileştirme senaryoları için birincil enerji tüketiminin hesaplanması

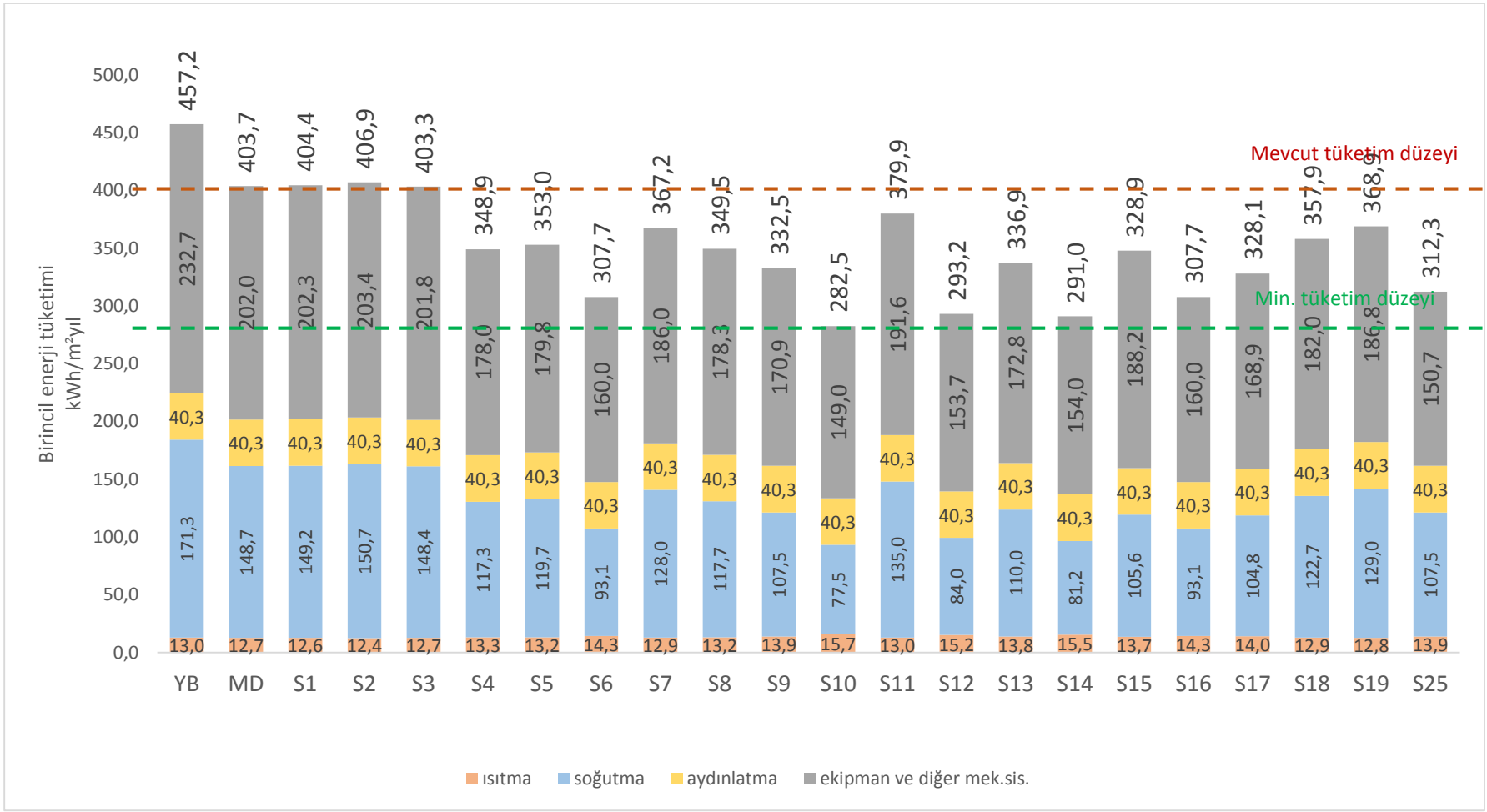
Bodrum için seçilen senaryolara, birincil enerji cinsinden bakıldığında, enerji kaynağı olarak elektrik kullanıldığından elektrik birincil enerji dönüşüm değeri çarpan olarak kullanılmıştır. Şekil 4.11'de seçilen tüm senaryolar birbiri ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca CO_2 salımlarının da doğal olarak enerji tüketim miktarı ile doğru orantılı olarak düştüğü gözlenmiştir. Yalıtımsız/sbt gölgeliksiz senaryo ile mevcut durum üzerine sabit yarı saydam güneş kırıcı eklenen S10 (Yük. Yansıtıcılık-Düş. Geçirgenlik) arasında % 38.2 iyileşme tespit edilmiştir.

4.10.3 İyileştirme senaryoları için karbon salımının hesaplanması

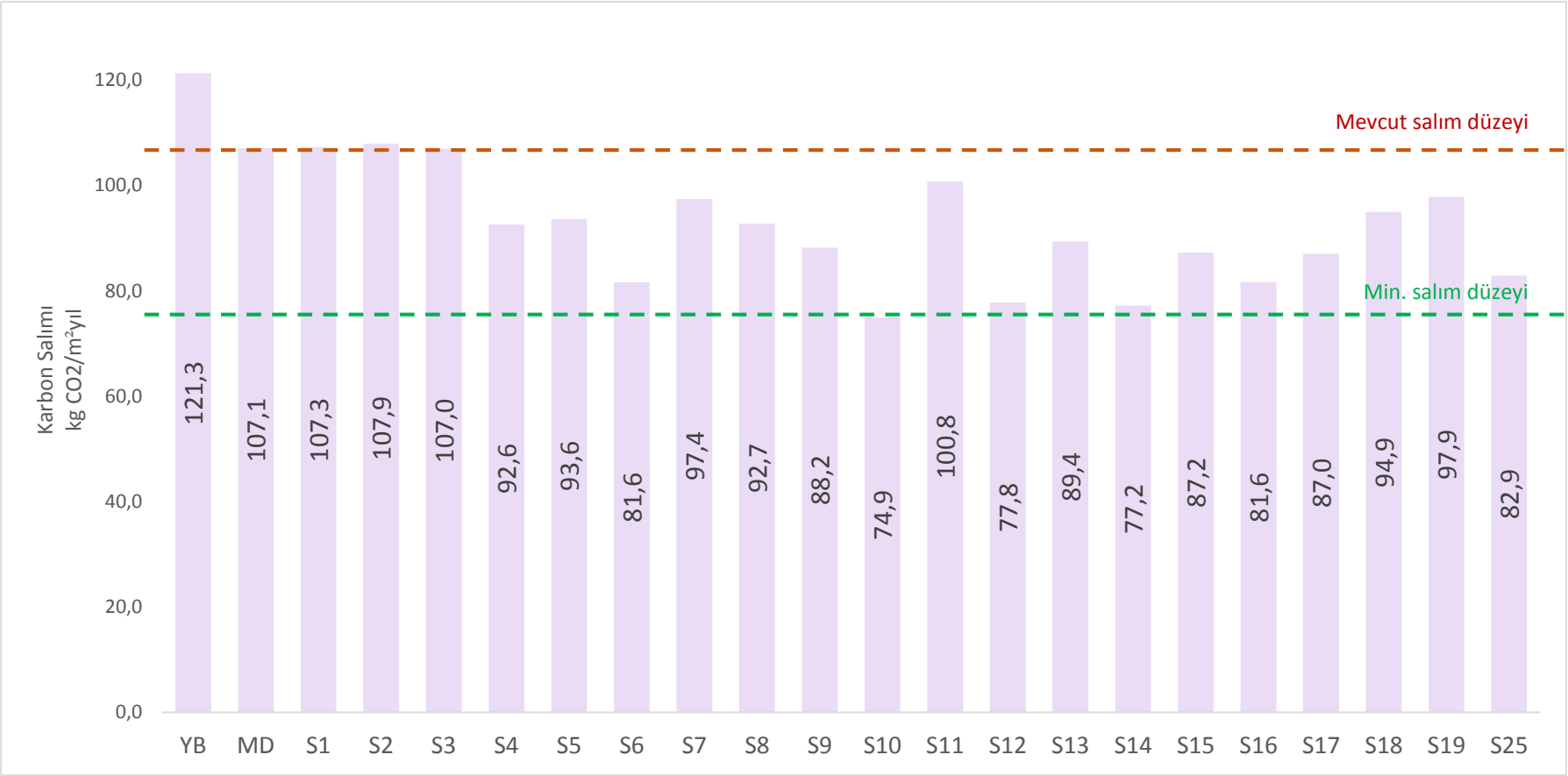
İyileştirme senaryoları için Bölüm 4.10.2'de tespit edilen enerji tüketimlerine bağlı olarak karbon salımları hesaplanmıştır. Sonuçlara ilişkin grafik, birincil enerji tüketim miktarıları ile birlikte Şekil 4.12' de sunulmaktadır.



Şekil 4.10 : Seçilen senaryolar için m^2 başına yıllık nihai enerji tüketimi,Bodrum (Sekiz Aylık Kullanım).



Şekil 4.11 : Seçilen senaryolar için m^2 başına yıllık birincil enerji tüketimleri, Bodrum (Sekiz Aylık Kullanım).



Şekil 4.12 : Seçilen senaryolar için m^2 başına yıllık karbon salım miktarları, Bodrum (Sekiz Aylık Kullanım).

4.11 İyileştirme Senaryoları İçin Global Maliyet Analizlerinin Yapılması, Bodrum (Sekiz Aylık Kullanım)

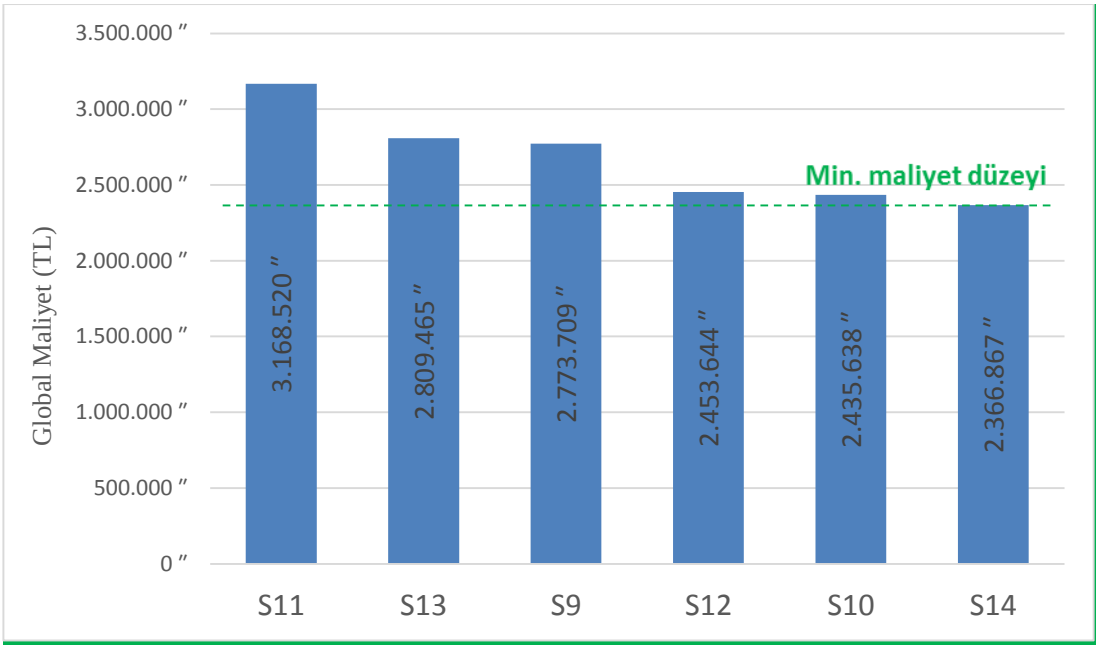
Global maliyet analizi EN 15459'de öngörülen yöntem ile hesaplanmış olup, Şekil 4.13' te verilen farklı dış stor tipleri için global maliyetler gösterilmiştir.

Çizelge 4.32 : İyileştirme senaryoları için malzeme birim fiyatları ve ömürleri.

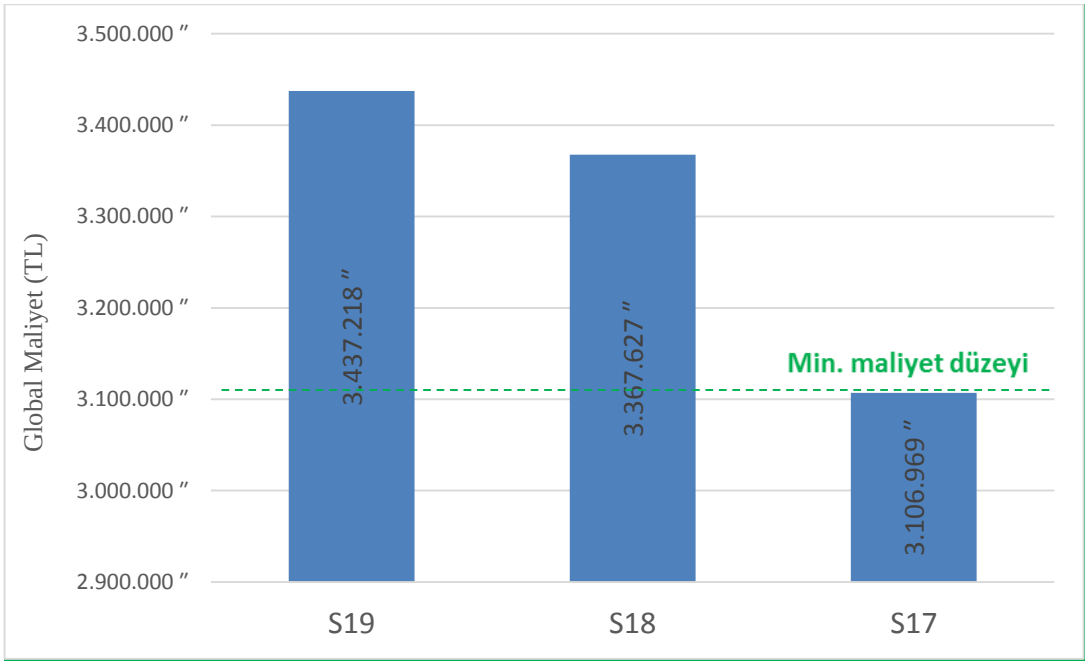
Malzemenin Adı	Birim Fiyatı (tl/m2)	Ömür (Yıl)
Isıcam Konfor	55,9	10
Isıcan Konfor 3 Kat	89,3	10
Sinerji 3 Kat	80,3	10
Konfor Argon	60,9	10
Tentesol	103,5	10
Sbt. Yarı Saydam Gün. Kırıcı	29,9	10
Hareketli Y.S.Gün. Kırıcı	455	10
Eps 8	92	20
Eps 10	115	20
Pv	855	20

Sabit dış stor tiplerinin değişmesi ürün maliyetini değiştirmezken, enerji tüketimine yaptığı etki ve enerji maliyetleri sebebi ile tipler arasında yansıtıcılığı yüksek, geçirgenliği düşük olan tip olan S10 (Yük.Yansıtıcılık-Düş.Geçirgenlik) en ekonomik sonucu vermektedir.

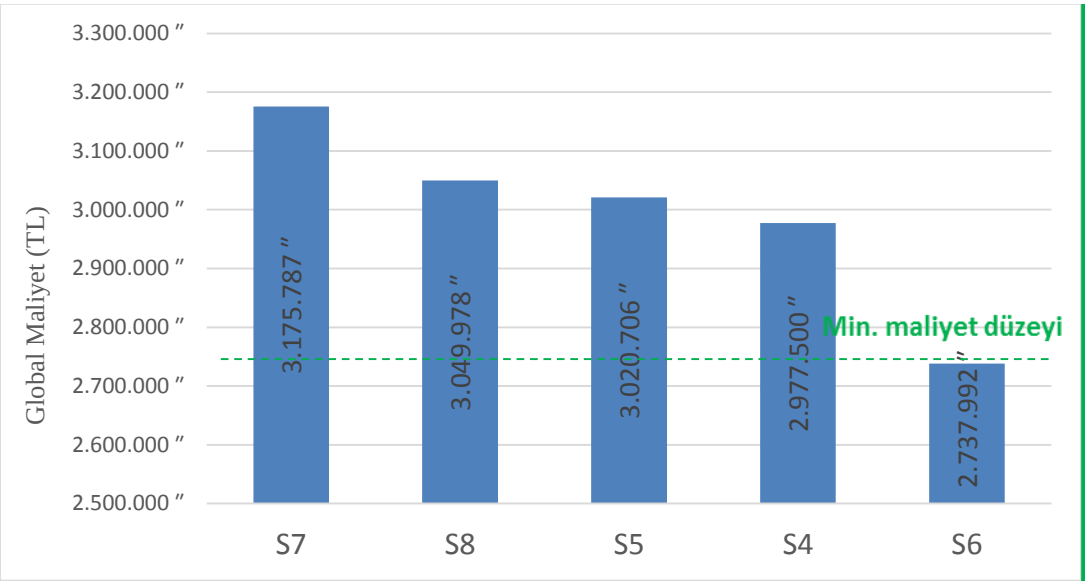
Yarı saydam dış storun otomasyona bağlı olarak kontrol edildiği senaryolar kendi içlerinde global maliyetleri ile karşılaştırıldığında Şekil 4.14'te gösterildiği gibi değişkenlik göstermektedir. Pencere tipi değişikliğinin global maliyete etkisi Şekil 4.15'te gösterilen pencere senaryoları değerlendirildiğinde, ısıcam tentasol birim maliyeti diğer pencere tiplerine göre yüksek olmasına rağmen sağladığı enerji tasarrufu nedeni ile global maliyeti en düşük olan senaryodur.



Şekil 4.13 : Dış stor türüne göre global maliyet karşılaştırması, Bodrum (Sekiz Aylık Kullanım).

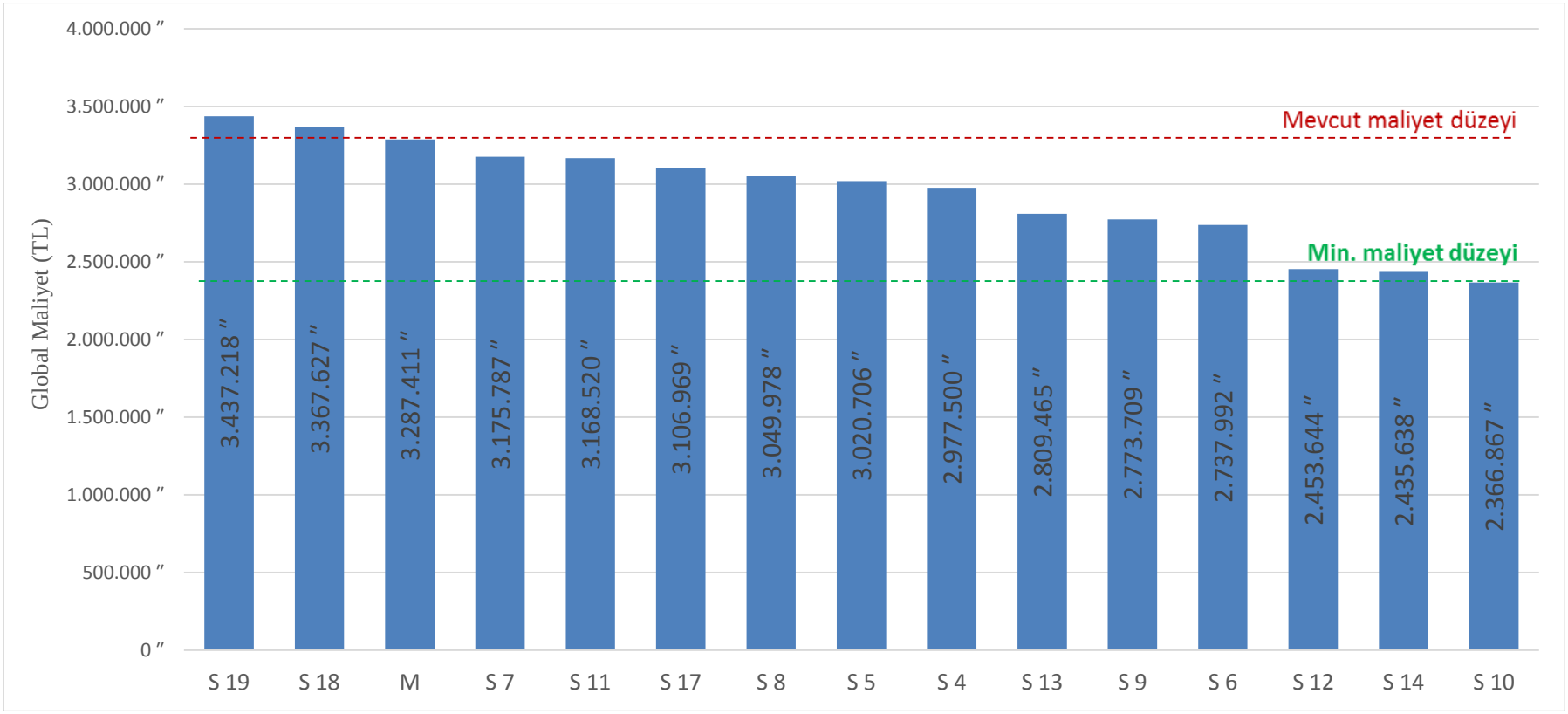


Şekil 4.14 : Otomasyon türüne göre global maliyet karşılaştırması, Bodrum (Sekiz Aylık Kullanım).



Şekil 4.15 : Pencere tipine göre global maliyet karşılaştırması, Bodrum (Sekiz Aylık Kullanım).

Şekil 4.16'da seçilen bütün senaryoların TL cinsinden global maliyetlerine bakıldığında, S19 hareketli dış stor Ort. Yansıtıcılık-Ort. Geçirgenlik malzemesi dış hava sıcaklığı sensörü ile otomasyona bağlandığında gözlenen global maliyetin en yüksek mertebede olduğu açıktır. Bunun yanında en düşük global maliyet ise mevcut binada yalnızca S10'da (sabit dış stor Yük. Yansıtıcılık-Düş. Geçirgenlik) elde edildiği gözlenmiştir. Mevcut durumun maliyeti 3.287.411tl iken en düşük maliyetli çözüme göre, bu maliyet iyileştirmesi %28 oranındadır.



Şekil 4.16 : Seçilen senaryolar için global maliyet karşılaştırması, Bodrum (Sekiz Aylık Kullanım).

4.12 Maliyet Optimal Enerji Verimliliği İyileştirme Senaryosunun Seçilmesi, Bodrum (Sekiz Aylık Kullanım)

Tüm bunlar değerlendirilirken ısıl konfor koşulları dikkate alınmıştır. Çalışma zaman çizelgeleri standartlara göre belirlenmiştir. Bunun nedeni olarak yatak odalarında aydınlatmanın tasarım kararına bağlı olduğu ve değişkenlik gösterebileceği düşünülmektedir.

4.12.1 Maliyet ve enerji etkinlik oranlarının karşılaştırılması

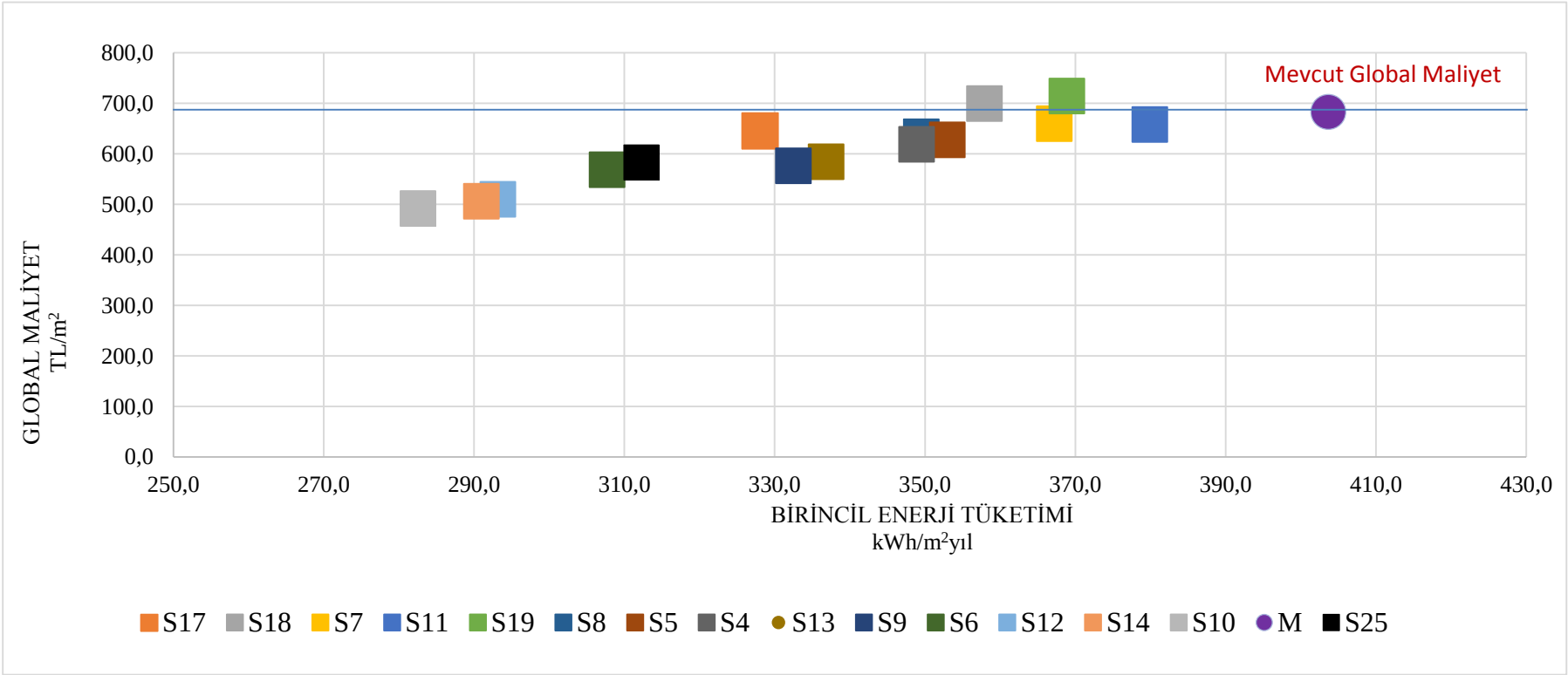
Şekil 4.17'de global maliyet ve birincil enerji bir arada değerlendirildiğinde, enerji etkinliği açısından otomasyona bağlı hareketli yarı saydam dış storların enerji etkinliklerinin daha yüksek olduğu ancak bu senaryoların global maliyetlerini arttırdığı gözlenmiştir. Bunun aksine mevcut duruma yalnızca S10 Yük.Yansıtıcılık-Düş.Geçirgenlik sabit yarı saydam dış stor eklendiğinde hem maliyet hem enerjinin en etkin olduğu senaryo elde edilmiş olmaktadır. Böylelikle test edilen senaryolar arasında optimum iyileştirme S10 ile sağlanmış olmaktadır.

4.12.2 İyileştirme senaryolarının geri ödeme sürelerinin hesaplanması

Test edilen senaryolar arasından enerji etkinliği yüksek 5 senaryo için geri ödeme süreleri hesaplanmış ve Çizelge 4.33'te verilmiştir.

Çizelge 4.33 : İyileştirme senaryoları için malzeme birim fiyatları ve ömürleri.

Senaryo adı	Toplam Başlangıç maliyeti (TL)	Geri ödeme süresi (Yıl)
S10	17.110,7 TL	0,20
S14	17.110,7 TL	0,20
S12	17.110,7 TL	0,20
S6	141.774,5 TL	2,11
S25	201.686,7 TL	3,16
S17	265.461,8 TL	5,03



Şekil 4.17 : Seçilen senaryolar için yıllık m^2 başına birincil enerji tüketimi ve global maliyetler, Bodrum (Sekiz Aylık Kullanım).

4.13 Mecvut Bina Parametrelerinin Belirlenmesi, Ankara (Sekiz Aylık Kullanım)

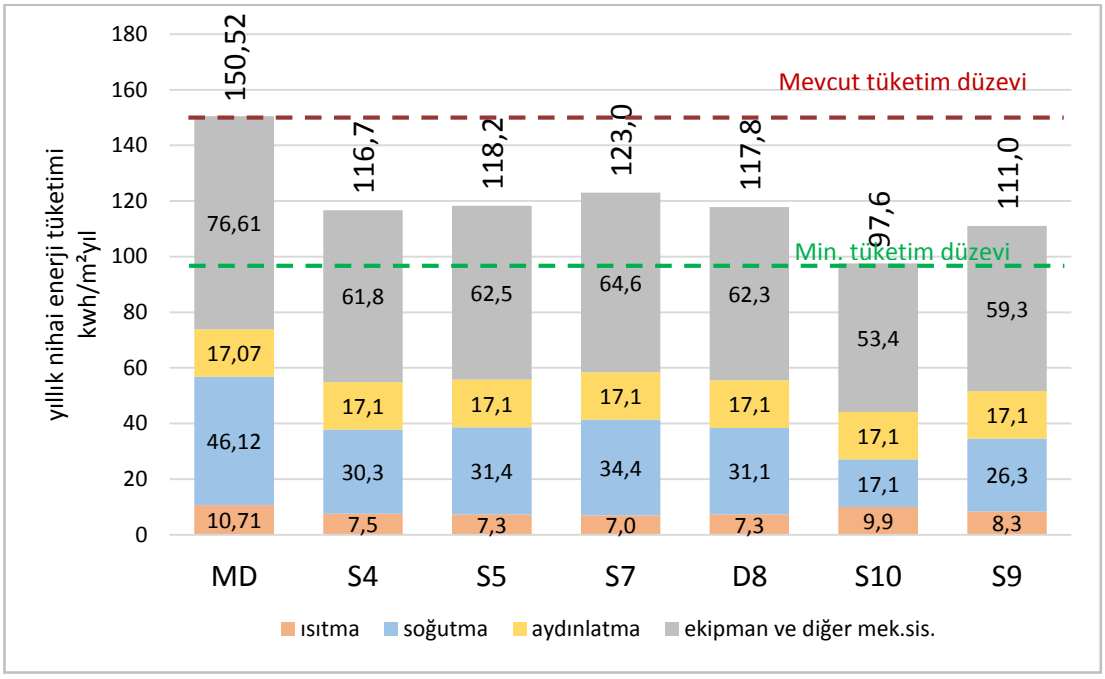
Tez kapsamında ele alınan ve Bodrum' da yer alan örnek otel binası, bu kez de Ankara' da konumlandırılarak aynı iyileştirme senaryoları sınanmıştır.

4.14 İyileştirme Senaryoları için Enerji Analizlerinin Yapılması, Ankara (Sekiz Aylık Kullanım)

Seçilen iyileştirme senaryolarının farklı iklim bölgesindeki davranışları gözlenerek, önerilecek yaklaşımın farklı bir iklim bölgesinde test edilmesi hedeflenmiştir. İyileştirme senaryoları için Enerji tüketiminin hesaplanması

Test oteli, bir yaz oteli olarak çalıştığından, farklı iklim bölgesindeki enerji ve maliyet etkinliğini eşit koşullarda karşılaştırabilmek maksadı ile Ankara için turizm prensibine uymamakla birlikte, bu kısımda Bodrum ile aynı dönemlerde çalıştığı varsayılarak simulasyonlar yürütülmüştür.

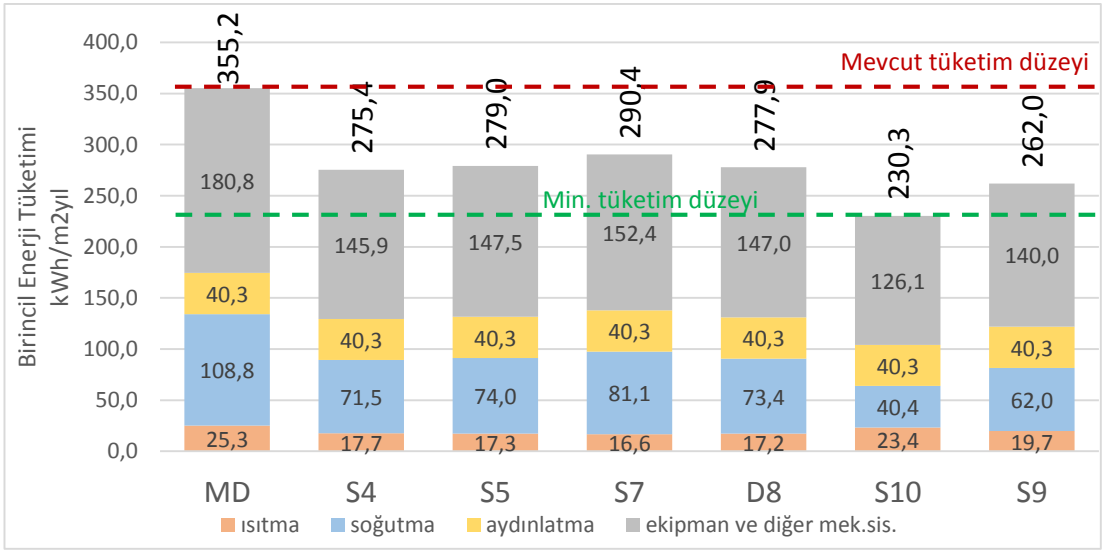
Böylelikle, kış sezonunda çalışmayan bu otel için ısıtma için tüketilen enerji yerine soğutma için tüketilen enerji birincil düzeyde önem kazanmış ve iyileştirme senaryoları da bu kapsamda daraltılmıştır. Şekil 4.18' de pencere tipleri ve yarısaydam dış stor tipleri test sonuçları görülmektedir. Ankara için de en düşük tüketim değerlerinin S10 (stardart çift cam üzerine eklenen yarı saydam dış stor) ile elde edildiği görülmektedir.



Şekil 4.18 : Seçilen senaryolar için yıllık nihai enerji tüketimi karşılaştırması, Ankara (Sekiz Aylık Kullanım).

4.14.1 İyileştirme senaryoları için birincil enerji tüketiminin hesaplanması

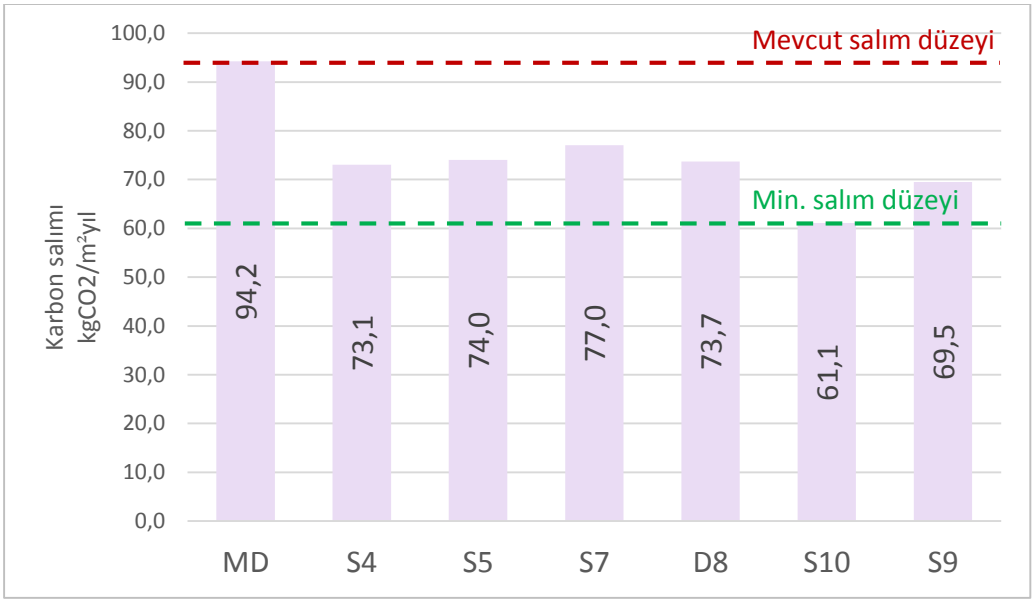
Birincil enerji cinsinden senaryolara bakılmış ve tüm sistem elektrik enerjisi kullanılarak tesis ettirildiğinden birincil enerji dönüşüm katsayısı 2.36 alınarak Şekil 4.19'daki sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 4.19 : Seçilen senaryolar için yıllık birincil enerji tüketimi karşılaştırması, Ankara (Sekiz Aylık Kullanım).

4.14.2 Mevcut Bina ve İyileştirme senaryoları için karbon salımının hesaplanması

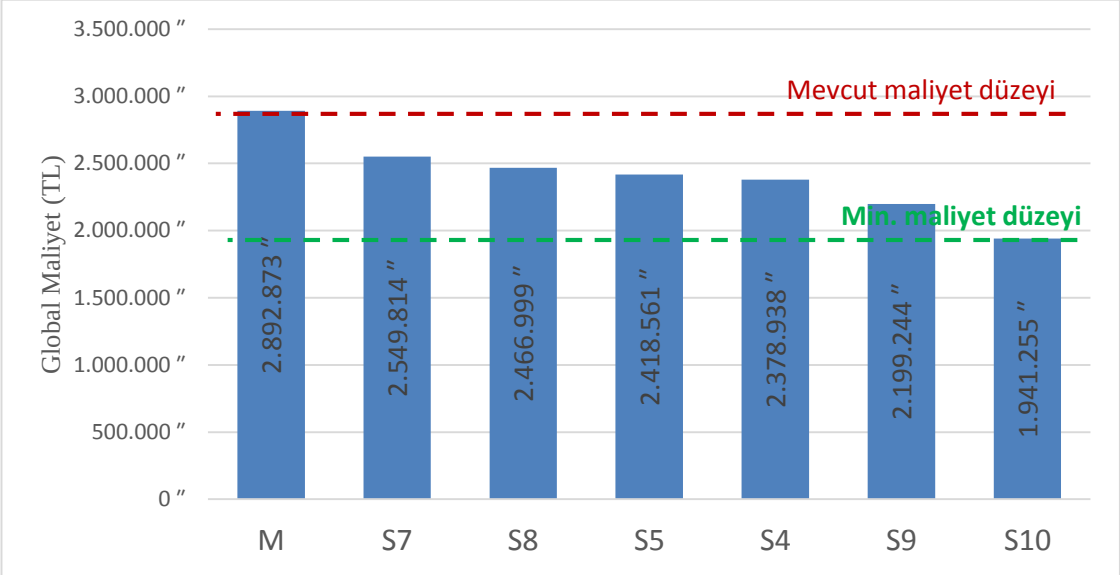
Test edien senaryoların karbon salım miktarlarına bakıldığında Şekil 4.20'de enerji tüketimlerine paralel olarak en düşük karbon salımı 61,1 $kgCO_2/m^2$ olarak S10 da gözlenmiştir.



Şekil 4.20 : Seçilen senaryolar için karbon salımları karşılaştırması, Ankara (Sekiz Aylık Kullanım).

4.15 Mevcut Bina ve İyileştirme senaryoları için Global Maliyet Analizleri yapılması, Ankara (Sekiz Aylık Kullanım)

Ankara (Sekiz Aylık Kullanım) global maliyetleri karşılaştırıldığında, en düşük global maliyet S10 da elde edilmiştir. Aynı senaryo Bodrum için test edildiğinde maliyet 2.366.867tl iken Ankara' da 1.941.255tl olmuştur. Seçilen iyileştirme senaryolarına ait global maliyet bulguları Şekil 4.21'de mevcut durum ile karşılaştırılmalı olarak gösterilmektedir.



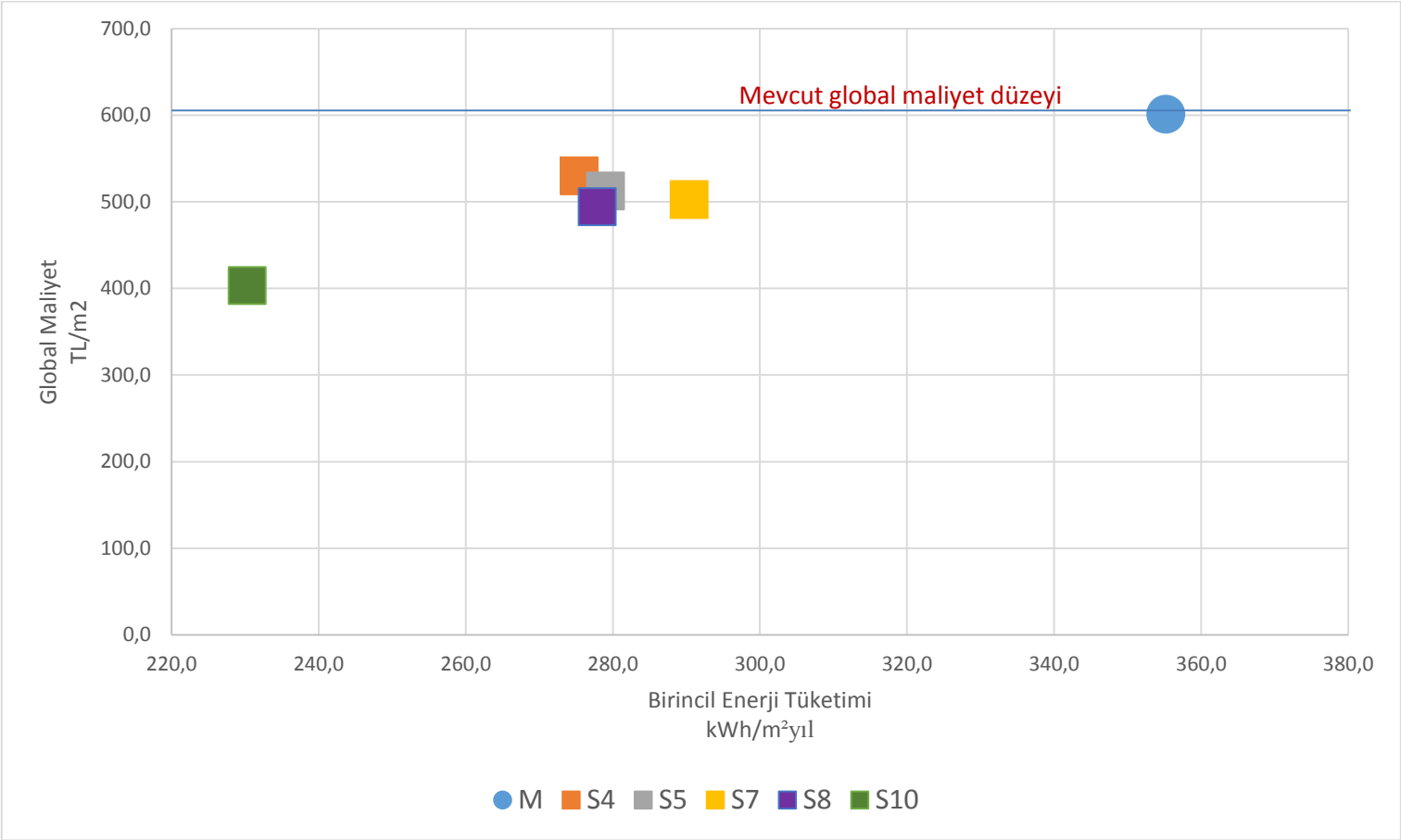
Şekil 4.21 : Seçilen senaryolar global maliyet karşılaştırması, Ankara (Sekiz Aylık Kullanım).

4.16 Maliyet Optimal Enerji Verimliliği İyileştirme Senaryosunun Seçilmesi, Ankara (Sekiz Aylık Kullanım)

Global maliyet ve birincil enerjiye eşzamanlı bakıldığında, en düşük maliyet ve birincil enerjiyi veren senaryoun tespiti kolaylaşmaktadır.

4.16.1 Maliyet ve enerji etkinlik oranlarının karşılaştırılması

Şekil 4.22'de S10 seçilen diğer senaryolara kıyasla optimum maliyete sahip iyileştirme senaryosunu işaret etmektedir.



Şekil 4.22 : Maliyet optimal enerji verimliliği grafiği,Ankara (Sekiz Aylık Kullanım).

4.17 Mevcut Bina Parametrelerinin Belirlenmesi, Ankara (Yıllık Kullanım)

Önce ki senaryolarda, Bodrum sezonluk kullanım senaryoları ile karşılaştırma yapabilmek için, aynı otelin Ankara'da aynı sezonda çalışması durumu irdelenmişken bu kez de aynı test otel binası için Ankara' da tüm yıl çalışması durumu, otelin yıllık enerji davranışını izlemek için sınanmıştır.

4.18 Mevcut Bina Ve İyileştirme Senaryoları İçin Enerji Analizlerinin Yapılması, Ankara (Yıllık Kullanım)

Ankara için otellerde konaklayan turistler iş ya da kongre ağırlı olup, bu şehir için mevsimlik turizm söz konusu değildir. Bu sebeple belirlenen iyileştirme senaryolarının, ısıtma sezonu dahil tüm yıl kullanılacağı kesin olan bir otel binasında nasıl sonuçlar vereceği gözlenmiştir.

4.18.1 Mevcut bina ve iyileştirme senaryoları için enerji tüketimlerinin hesaplanması

Tüm yıl aktif Ankara örneği için, karşılaştırılması yapılan senaryolara bakıldığında, test binası ılımlı-kuru iklimde yer almasına rağmen otellerin yüksek iç kazançları ve çalışma çizelgeleri sebebiyle soğutma yüklerinin ısıtma yükleri kadar önemli olduğu gözlenmektedir.

Bu tip iklimsel özelliklere sahip bölgeler için tüm yıl faaliyet gösteren binalarda ısı yalıtımı, etkin parametrelerin başında gelmektedir. Test binasında yalıtım senaryoları karşılaştırıldığında, aynı yoğunluk ve ısı iletkenlik değerine sahip yalıtım malzemesinin kalınlığı arttıkça ısıtma yüklerinin düştüğü görülmektedir. Ancak belli bir kalınlıktan sonra yalıtım kalınlığı arttıkça soğutma yüklerindeki artış, ısıtma yüklerindeki düşüşün önüne geçerek binanın toplam enerji tüketimini arttırdığı tespit edilmiştir. Aynı şartlar altında, S2 (Eps8 cm) senaryosuna göre S24 (Eps10 cm) senaryosunun ısıtma yükü düşmesine rağmen toplam enerji tüketimi yükselmektedir.

Tekil önlem olarak pencere tipleri mevcut yalıtım (taşyünü 5cm) üzerinden sınandığında, S8'in (konfor 3 cam) en etkin senaryo olarak, mevcut duruma göre hem ısıtma hem de soğutma yüklerini düşürdüğü gözlenirken, yalnız ısıtmaya bakıldığında

S7'nin (sinerji 3 cam) daha etkin olduğu, yalnız soğutmaya bakıldığında ise S4'ün (konfor 2 cam) daha etkin olduğu görülmektedir.

İyileştirme paketi olarak, yalıtım ve pencere tipi iyileştirme eş zamanlı uygulandığında ise, S23 (eps 8cm + konfor 3 cam) senaryosunun toplam yükler açısından en etkin senaryo olduğu gözlenmiştir.

Bulundukları iklim bölgesinin ağırlıklı tüketim eğilimlerine rağmen, yüksek iç kazançlar ve çalışma zaman çizelgeleri sebebi ile soğutma yükleri önem kazanan bu tip binalar için güneş kontrolü etkin parametrelerin başında gelmektedir. Bu sebeple mevcut bina iyileştirmesinde gerek uygulama kolaylığı gerekse maliyet açısından uygun parametre olarak sabit yarı saydam dış stor senaryoları test edilmiştir. Daha önceki bulgularda etkinliğinin yüksek olduğu tespit edilen iki tip storun analizleri yapılmış ve S10 (Yük.Yansıtıcılık-Düş..Geçirgenlik) senaryosunun tekli önlemler arasında en etkin senaryo olduğu görülmektedir. Seçilen senaryolara ilişkin sonuçlar Şekil 4.23'te gösterilmiştir.

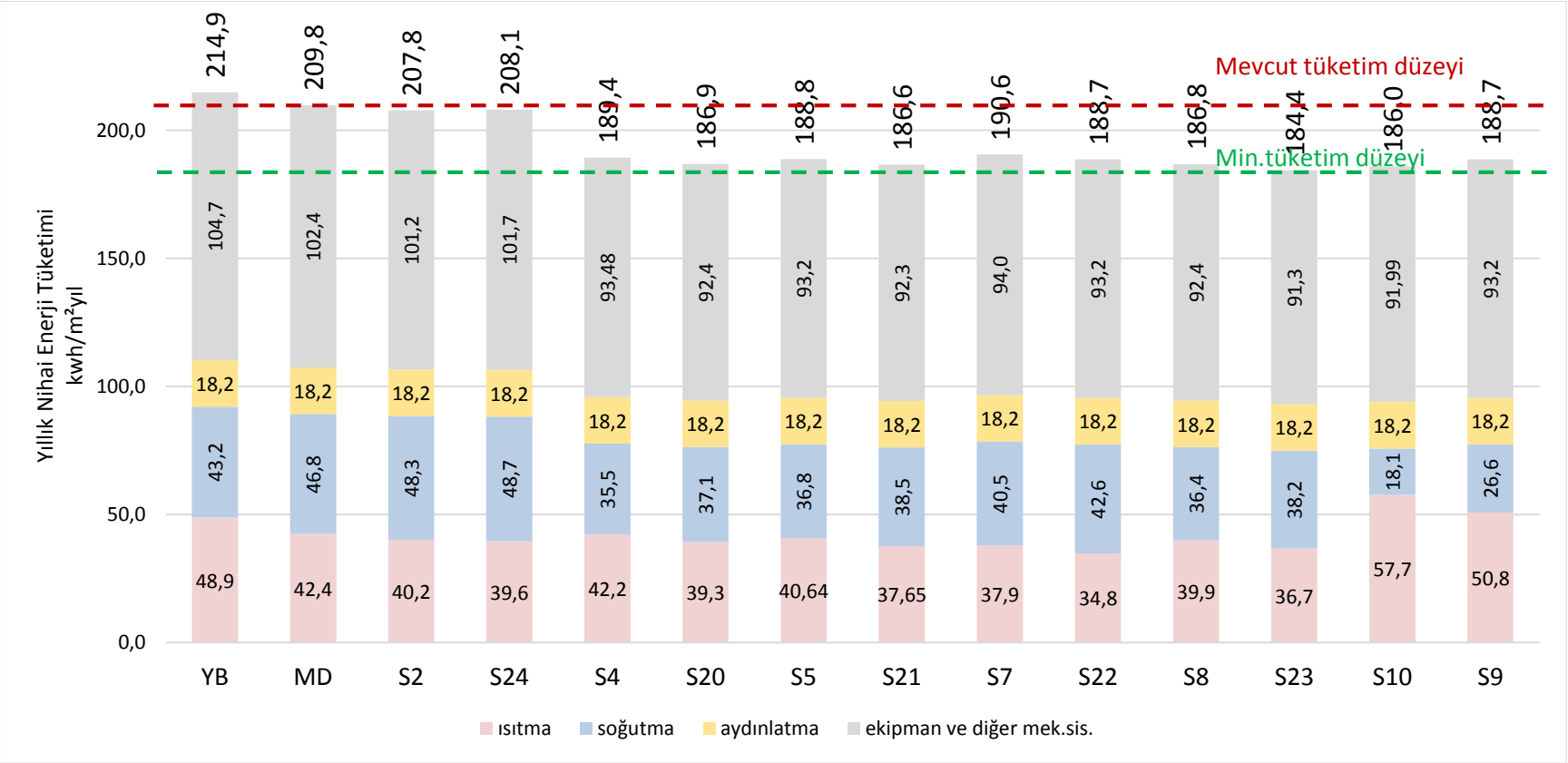
4.18.2 Mevcut bina ve iyileştirme senaryoları için birincil enerji tüketimlerinin hesaplanması

Şekil 4.24'te göeüldüğü gibi, birincil enerji cinsinden tüketimler değerlendirildiğinde, tüm sistem elektrikle çalıştığı için seçilen senaryoların enerji tüketim bulgularıyla doğru orantılı olarak, test binasında mevcut yalıtım olarak kullanılan 5cm taşyünü sabit tutulduğunda, enerji etkinliği en yüksek olan S8 olarak gözlenmiştir. Konfor 3 kat camın kullanıldığı bu senaryo, ısıtma yüklerinde yüksek oranda düşüş sağlamaktadır. S23'te pencere tipi ve ısı yalıtımı iyileştirme paketi ile en düşük enerji tüketim senaryosu elde edilmiştir.

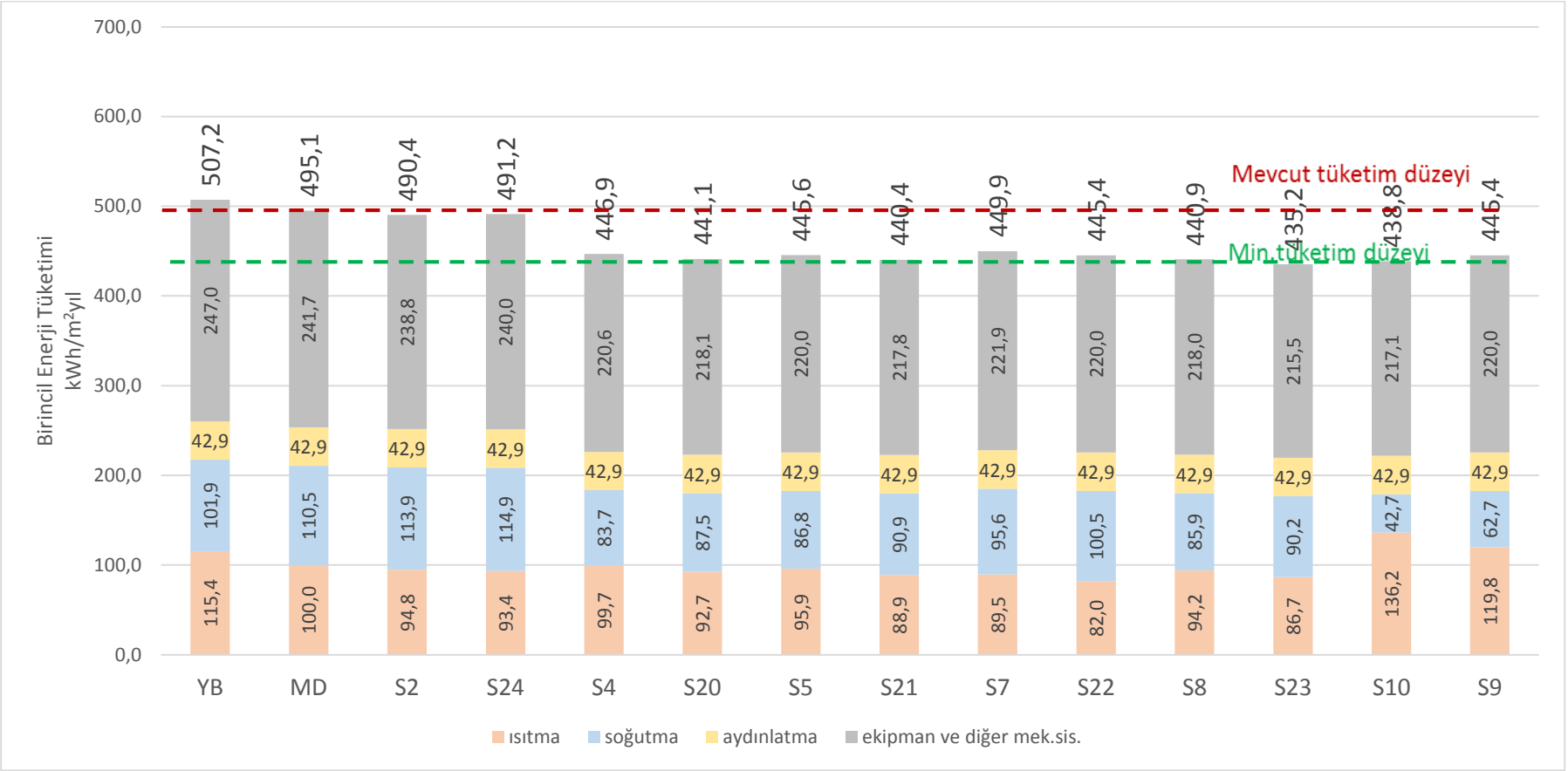
4.18.3 Mevcut bina ve iyileştirme senaryoları için karbon salımının hesaplanması

Şekil 4.25'te gösterilen karbon salım miktarları, binanın tüm yıl çalışması sebebi ile sezonluk kullanım senaryolarına göre artış göstermektedir. En düşük karbon salım miktarı, tüketime paralel olarak S8 senaryosunda elde edilmiştir. Kullanılan mekanik sistemlerde iyileştirme yapılması ile tüketimin azaltılması ve yenilenebilir enerji

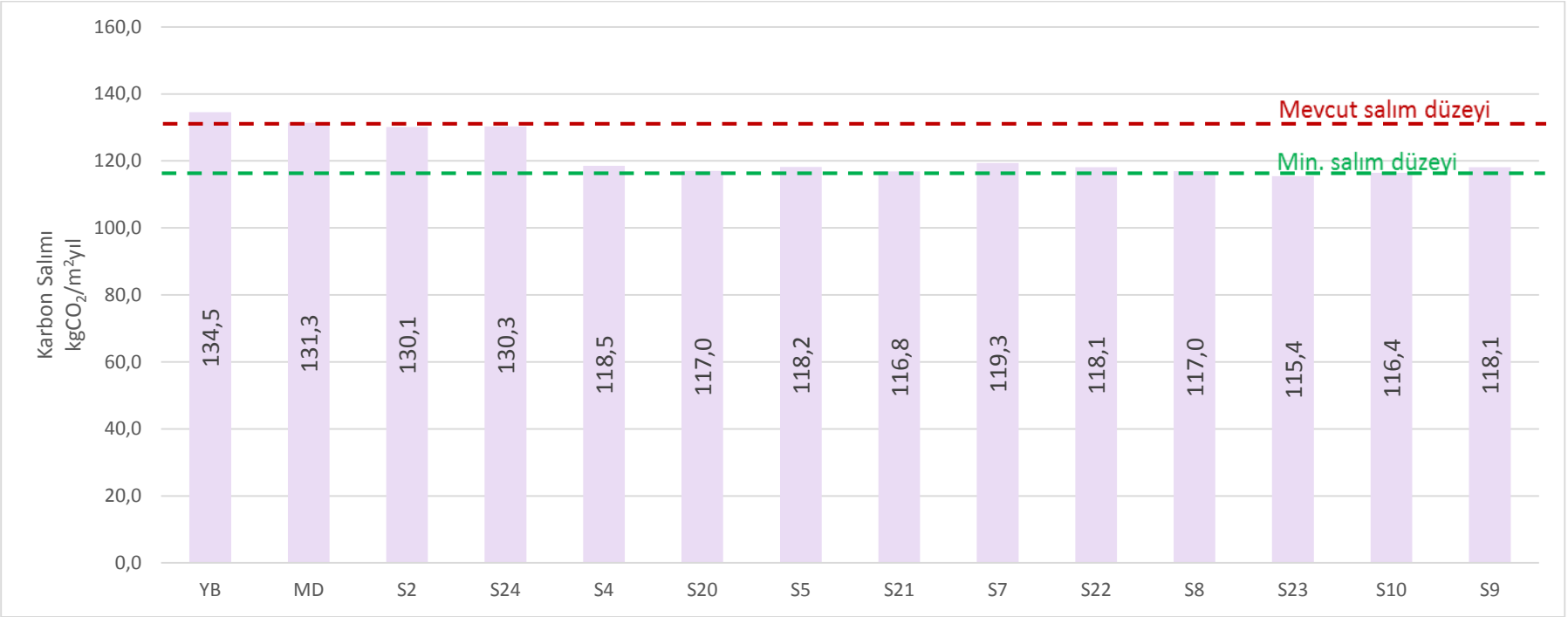
sistemlerinin binaya etegrasyonu ile toplam karbon salımı çok daha düşük seviyelere taşınabilecektir.



Şekil 4.23 : Seçilen senaryolar için m^2 başına yıllık nihai enerji tüketimi, Ankara (yıllık kullanım).



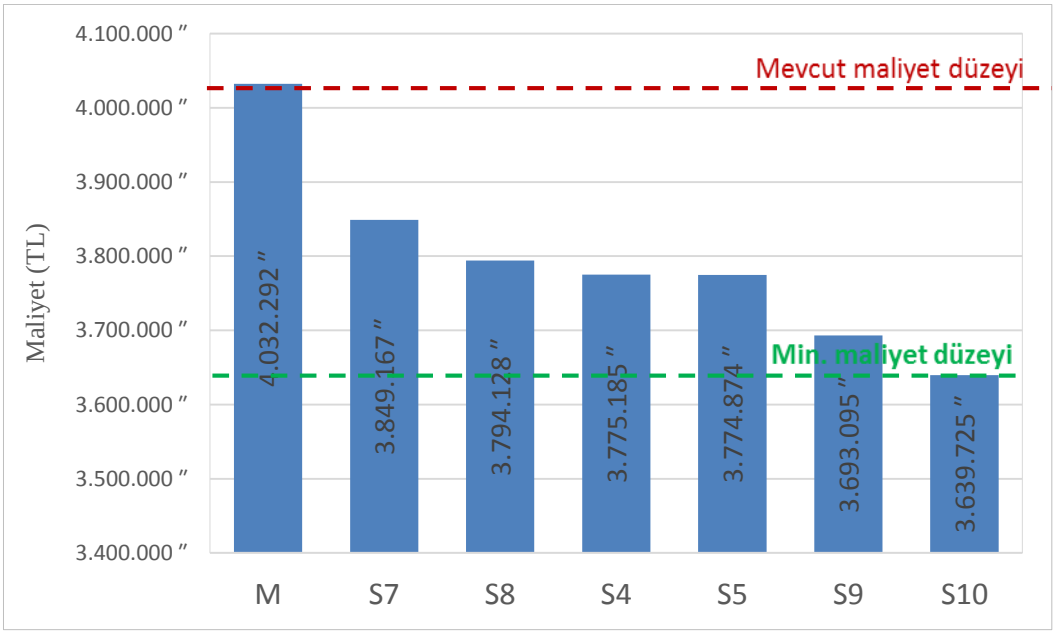
Şekil 4.24 : Seçilen senaryolar için m^2 başına birincil enerji tüketimleri,Ankara (yıllık kullanım).



Şekil 4.25 : Seçilen senaryolar için m^2 başına karbon salım miktarları, Ankara (yıllık kullanım).

4.19 Mevcut Bina ve iyileştirme senaryoları için Global Maliyet Analizleri yapılması, Ankara (Yıllık Kullanım)

Global maliyetler test otelinin tüm yıl çalıştığı Ankara içinŞekil 4.26'da verildiği gibi irdelenmiş ve en düşük maliyet sabit dış stor (Yük.Yansıtıcılık-Düş.Geçirgenlik) olan S10 ile elde edilmiştir. Enerji tüketimi en düşük olan S8'in maliyetinin ikinci sırada geldiği görülürken, en yüksek maliyetin ise S7 (sinerji 3 kat cam) senaryosunda ortaya çıktığı izlenmiştir. Yapılan maliyet analizlerine göre, enerji etkinliği ile maliyet etkinliğinin farklılık gösterdiği durumlar ortaya çıkmıştır. Enerji etkinliği yüksek minimum maliyetli senaryonun tespiti ise enerji ve maliyet analizlerinin eşzamanlı karşılaştırılması ile mümkün olacaktır.



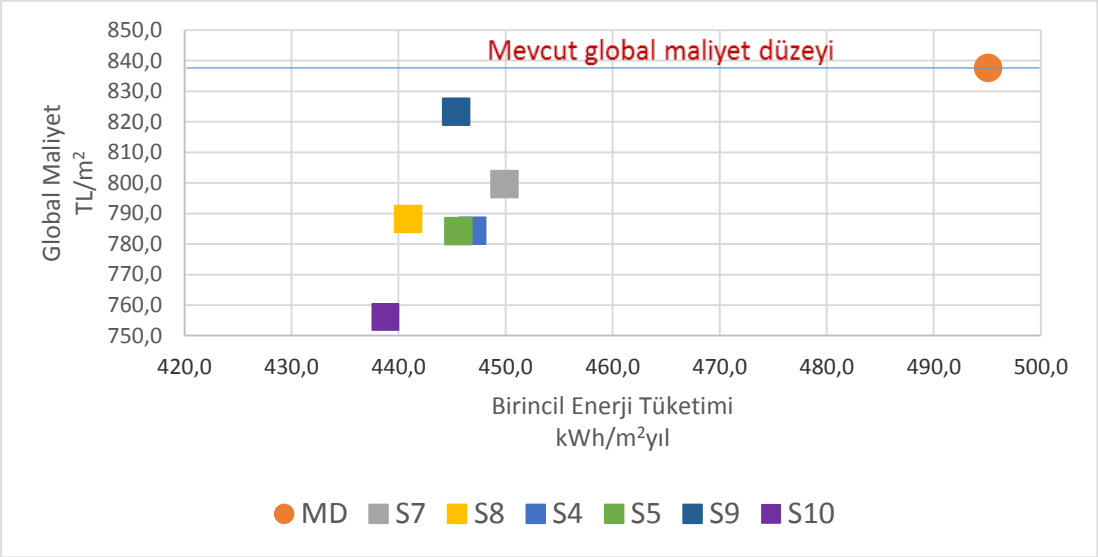
Şekil 4.26 : Seçilen senaryolar global maliyet karşılaştırması, Ankara (yıllık).

4.20 Maliyet Optimal Enerji Verimliliği İyileştirme Senaryosunun Seçilmesi, Ankara (Yıllık Kullanım)

Global maliyet ve birincil enerjiye eşzamanlı bakıldığında, en düşük maliyet ve birincil enerjiyi veren senaryonun tespiti kolaylaşmaktadır. Şekil 4.27' de S10, maliyet optimum iyileştirmeyi işaret etmektedir.

4.20.1 Maliyet ve enerji etkinlik oranlarının karşılaştırılması

Şekil 4.22'de S10 seçilen diğer senaryolara kıyasla optimum maliyete sahip iyileştirme senaryosunu işaret etmektedir.



Şekil 4.27 : Seçilen senaryolar için global maliyetler ve birincil enerji tüketimleri, Ankara (yıllık).

4.21 Mevcut bina parametrelerinin belirlenmesi, Erzurum (Dört Aylık Kullanım)

Erzurum Palandöken' de yer aldığı varsayılan aynı geometrik özelliklere ve fonksiyonel mekanlara sahip otel binasının, Palandöken kayak sezonuna uygun olacak şekilde Kasım, Aralık, Ocak, Şubat aylarında olmak üzere senede 4 ay faaliyet göstertiği kabul edilerek analizler yapılmıştır. İklim verileri Erzurum merkez verileridir ancak konum Palandöken olacak şekilde simulasyonlarda tanımlanmıştır.

4.22 Mevcut Bina ve İyileştirme Senaryoları için Enerji Analizleri Yapılması, Erzurum (Dört Aylık Kullanım)

Otellerin konumları ve turizm amaçlarına göre çalışma zaman çizelgeleri de değişkenlik göstermektedir. Değişen çalışma zaman çizelgelerine ve iklim değişkenlerine göre de enerji tüketim davranışları da değişen oteller için enerji etkinliğine etki eden parametrelerin de etkinliği farklılaşmaktadır. Farklı iklimde yer alan ve çalışma zamanları farklı olan sezonluk kullanılan otellerin enerji etkinliğini arttırmak için alınması gereken tedbirler ve onların etkileri farklılık göstermektedir.

4.22.1 Mevcut bina ve iyileştirme senaryoları için enerji tüketiminin hesaplanması

Kış sezonu aktif Erzurum örneği için, karşılaştırılması yapılan senaryolara bakıldığında, test binası soğuk iklimde yer almakta ve bu sebeple binanın fonksiyonu gereği sahip olduğu yüksek iç kazançlarına rağmen ısıtma tüketimlerinin diğer iklim bölgelerine kıyasla oldukça yüksek mertebelerde olduğu analiz sonuçlarında görülmektedir.

Kış turizmi sebebi ile yalnız kış aylarında faaliyet gösterdiği kabul edilen bu örnek için değerlendirmeye alınan tüm senaryolara ilişkin yıllık enerji tüketim sonuçları Şekil 4.28' de gösterilmektedir. Bodrum örneğinde tekil önlem olarak, enerji etkinliği en yüksek olan yarı saydam dış stor senaryolarının, Erzurum örneği için mevcut durumun hatta yalıtımsız-balkonsuz olan senaryonun da üstünde enerji tüketimine neden olduğu gözlenmektedir. Bu örnek için belirlenen senaryolar arasında etkinliği en yüksek olan S22'dir. Bu Senaryoda hem yalıtım malzemesi ve kalınlığı hem de cam tipi değitirilerek çoklu önlem ile %25,7 oranında iyileşme elde edilmektedir.

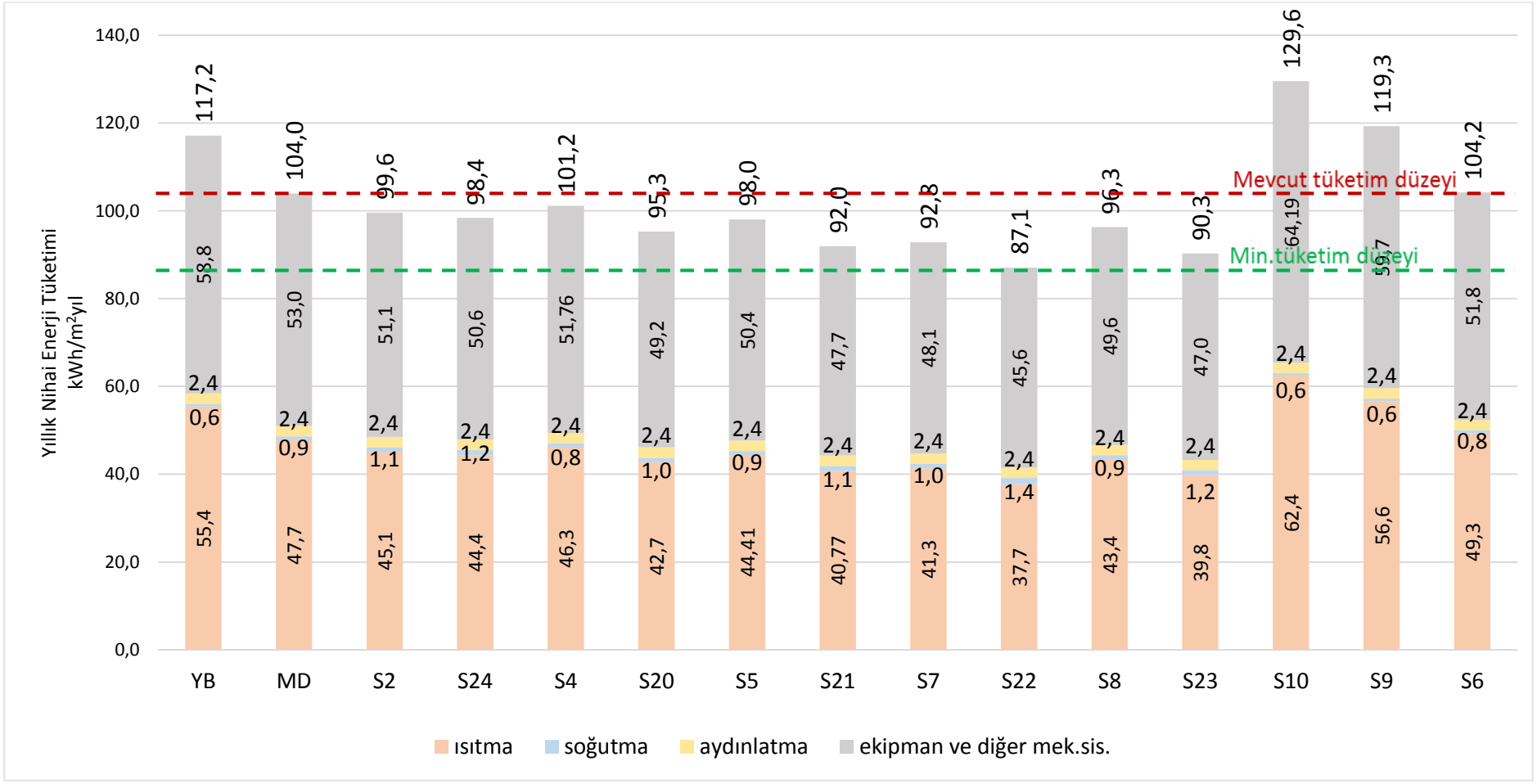
4.22.2 Mevcut bina ve iyileştirme senaryoları için birincil enerji tüketiminin hesaplanması

Birincil enerji cinsinden tüketimler değerlendirildiğinde, tüm sistem elektrikle çalıştığı için Seçilen senaryolar enerji tüketim bulgularıyla doğru orantılı olarak, test binasında mevcut yalıtım olarak kullanılan 5cm taşyünü sabit tutulduğunda, enerji etkinliği en yüksek olan S4 olarak gözlenmiştir. Sinerji 3 kat camın kullanıldığı bu senaryo, ısıtma yüklerinde yüksek oranda düşüş sağlamaktadır. Buna ilaveten seçilen senaryolar arasında en düşük tüketim, S22' de yalıtımın eps 8cm olması ve pencere tipinin sinerji 3 cam olması senaryosu ile elde edilmektedir. Tüm sonuçlar Şekil 4.29' da gösterilmiştir.

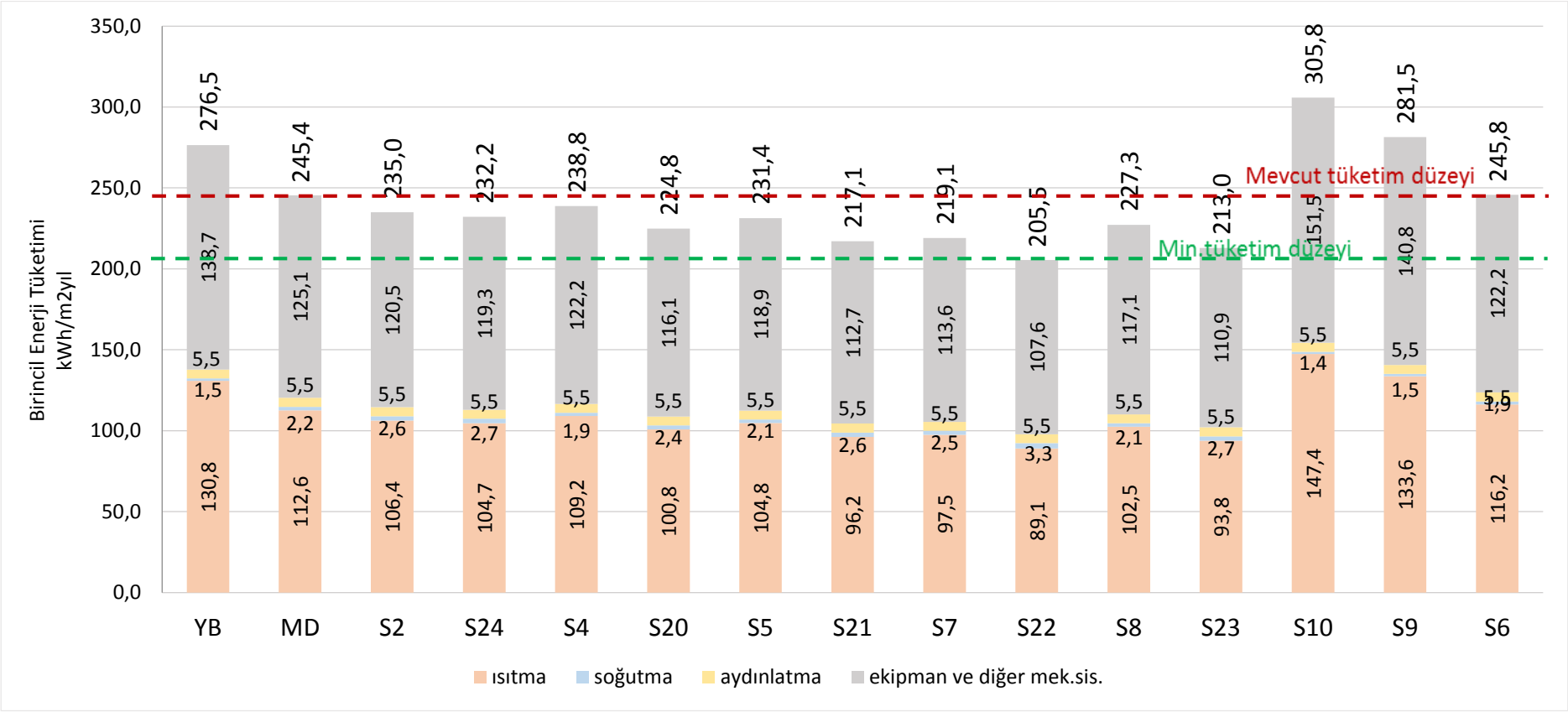
4.22.3 Mevcut bina ve iyileştirme senaryoları için karbon salımının hesaplanması

Karbon salım miktarları, binanın yılın belli dönemi çalışması sebebi ile diğer şehirlerdeki slardan daha düşük olarak gözlemlenmektedir. Şekil 4.30'da görüldüğü üzere, En düşük karbon salımı, tüketime paralel olarak S22'de tespit edilmiştir.

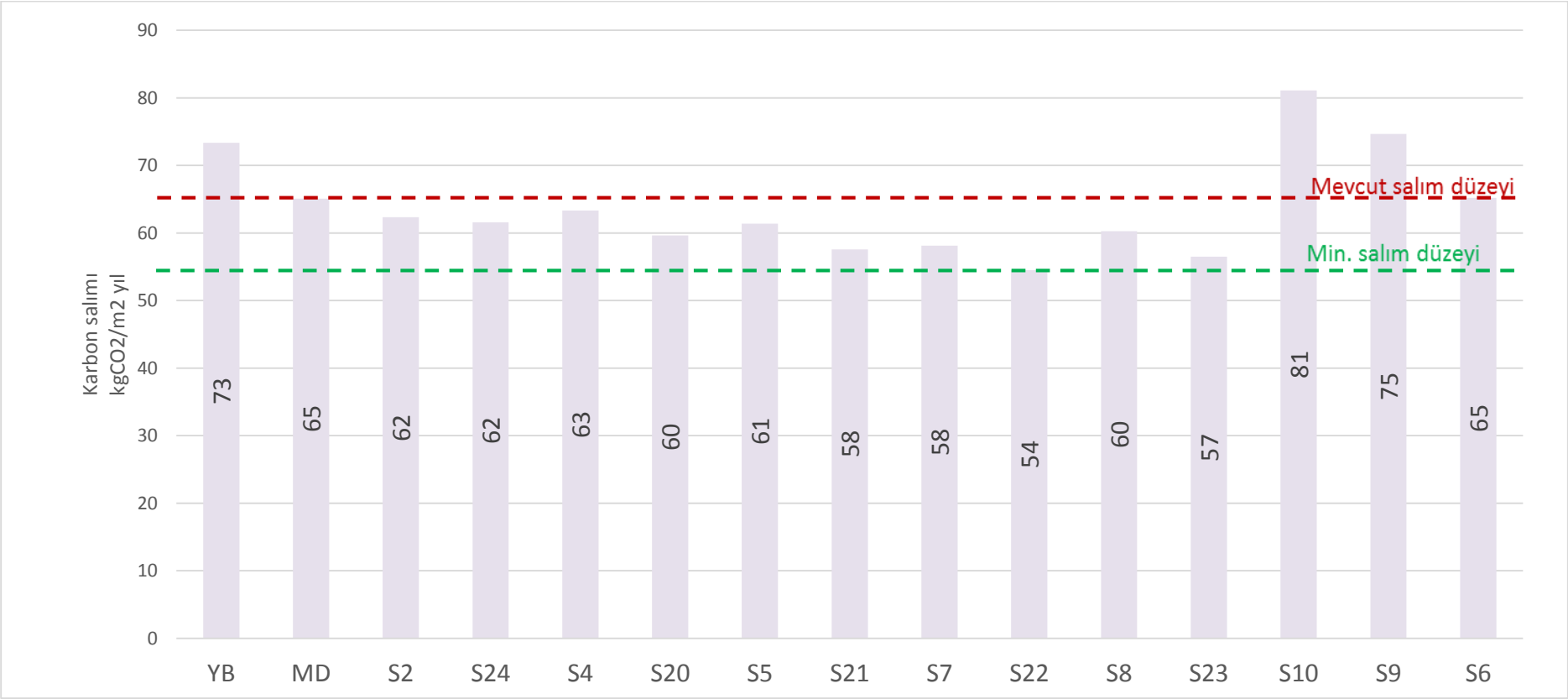
Kullanılan mekanik sistemlerde iyileştirme yapılması ile tüketimin azaltılması ve yenilenebilir enerji sistemlerinin binaya entegrasyonu ile toplam karbon salımı çok daha düşük seviyelere taşınabilecektir.



Şekil 4.28 : Seçilen senaryolar için yıllık nihai enerji tüketimleri, Erzurum (Dört Aylık Kullanım).



Şekil 4.29 : Seçilen senaryolar için birincil enerji tüketimleri, Erzurum(Dört Aylık Kullanım).



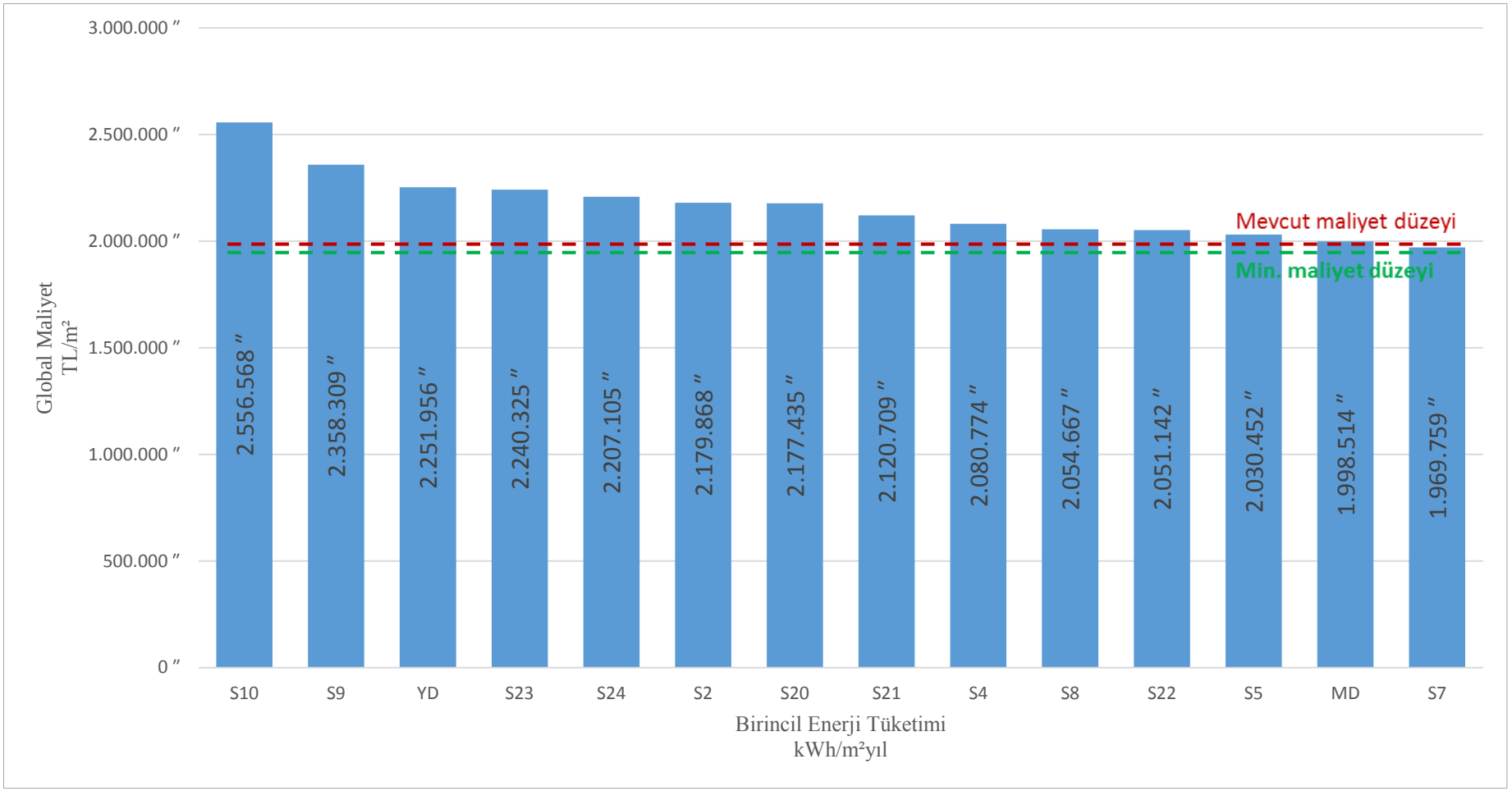
Şekil 4.30 : Seçilen senaryolar için karbon salımları, Erzurum (Dört Aylık Kullanım).

4.23 Mevcut Bina ve İyileştirme Senaryoları için Global Maliyet Analizlerinin Yapılması, Erzurum (Dört Aylık Kullanım)

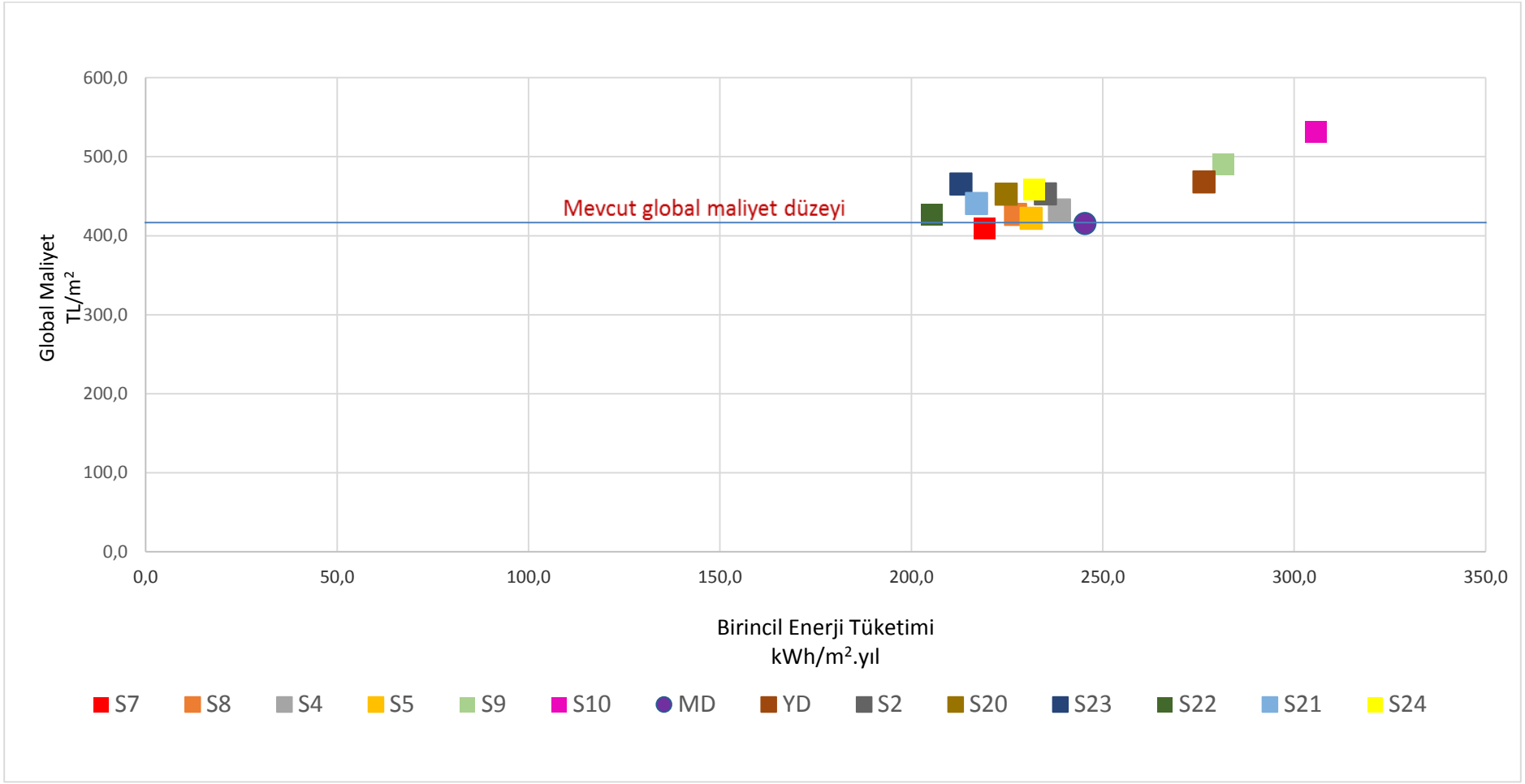
Global maliyetler test otelinin yalnız kayak sezonunda çalıştığı varsayılan Erzurum örneği için irdelenmiş ve en düşük maliyetin 'sinerji 3 cam' olan S7 ile elde edilmiştir. Enerji tüketimi en düşük olan S22' nin global maliyetler arasında ikinci sırada geldiği görülürken, en yüksek maliyetin ise S10'da ortaya çıktığı izlenmiştir. Yapılan maliyet analizlerine göre, enerji etkinliği ile maliyet etkinliğinin farklılık gösterdiği senaryolar ortaya çıkmıştır. Enerji etkinliği yüksek minimum maliyetli senaryonun tespiti ise enerji ve maliyet analizlerinin eşzamanlı karşılaştırılması ile mümkün olacaktır. Şekil 4.31'de seçilen senaryolar için global maliyet analizi sonuçları mevcuttur.

4.24 Maliyet optimal iyileştirme senaryosunun Seçilmesi, Erzurum (Dört Aylık Kullanım)

Global maliyet ve birincil enerjiye eşzamanlı bakıldığında, Şekil 4.32'de en düşük maliyet ve birincil enerjiyi veren senaryonu tespit etmek mümkün olmaktadır.



Şekil 4.31 : Seçilen senaryolar için global maliyet karşılaştırması, Erzurum (Dört Aylık Kullanım).



Şekil 4.32 : Seçilen senaryolar için global maliyet ve birincil enerji tüketimi, Erzurum (Dört Aylık Kullanım).

5. BULGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Tezin bu bölümünde, üçüncü bölümde adımları detaylı olarak açıklanan yaklaşımın akış şeması izlenerek farklı iklim bölgelerinde yer aldığı varsayılan örnekler için uygulaması mevcuttur. Her bir iklim bölgesi için (sıcak-nemli, ılımlı-kuru, soğuk) enerji performansını etkileyen bina parametrelerinin etkinliği farklılık göstermektedir.

Bu sebeple bina enerji performansı iyileştirme senaryoları belirlenirken ilk adım olarak mevcut bina enerji ve maliyet analizleri yapılmaktadır. Mevcut bina için yapılan analizlerden elde edilen bulguların yönlendirmesi ile binanın enerji tüketim davranışı tayin edilebilmektedir. Mevcut bina ya ait bulgular geliştirilecek iyileştirme senaryoları için iyi bir rehber olmaktadır.

Otel binalarına ait karakteristik özellikler, turizm amaç ve hedeflerine göre değişkenlik göstermektedir. Örneğin, Bodrum'da yer alan mevcut bina yılın sekiz ayı (bahar ve yaz) hizmet veren bir oteldir. Bina bina kullanıcılarının davranışlarını da tatil amaç ve alışkanlıkları belirlemektedir. Kullanıcı davranışlarına ilişkin veriler mevcut otel yetkililerinden edinilmiştir.

Bodrum 8 aylık kullanım uygulama örneği için, mevcut binanın yalın duruma (yalıtımsız-balkonsuz) göre %11,7 oranında enerji tüketim miktarının az olduğu görülmektedir. Belirlenen iyileştirme senaryoları arasından ısı yalıtım iyileştirmelerinin en etkin sonucu S3 vermektedir. Bu senaryoda el de edilen tüketim miktarı mevcut durumla yakın mertebelerdedir. Bu örnek için , otelin çalışma dönemi sebebi ile güneş kazançları yüksek olduğundan, güneş kontrolüne ilişkin parametreler etkin durumdadır. Güneş kazançlarını azaltan Low E pencere tipi (S6) ve sabit yarı saydam dış storlar arasında güneş yansıtıcılığı yüksek, geçirgenliği düşük olan (S10) senaryolar iyileştirme için öne çıkmaktadır. Ayrıca S25 ile PV panellerin kullanımı ile enerji tüketiminde, mevcut duruma göre yaklaşık %23 oranında iyileştirme elde edilmiştir. Ayrıca bu senaryonun geri ödeme süresi 3,16 yıl olup kabul edilebilir düzeydedir. Bu örnek için global maliyetlere bakıldığında ise, m^2 birim fiyatları yaklaşık 30TL olan sabit yarı saydam dış storın, gerek ilk yatırım maliyetleri gerek se enerji maliyetleri en düşük sonuçları sağladığı görülmektedir. Güneş kontrol

elemanlarının hareketli olması ve otomasyona bağlı olarak ilgili pencere üzerinde yüksek güneş ışınımı olması durumunda kapanması senaryosunun (S17) enerji tüketim maliyetlerini düşürmesi sebebi ile global maliyeti mevcut duruma göre 180.442TL daha düşük olarak hesaplanmıştır. Ancak global maliyeti en düşük olan S10 mevcut duruma göre %28 oranında global maliyeti düşürmektedir. S10'un geri ödeme süresi ise 2,5 ay kadar kısa bir süredir. Bu örnek için belirlenen maliyet etkin iyileştirme senaryosu S10'dur. Ancak otel sahibi/işletmecesinin tasarıma ilişkin kaygıları ve önerilen malzemenin görünür geçirgenlik değerinin 0,2 olması sebebi ile uygulanacak iyileştirme senaryosu değişkenlik gösterebilir.

Mevcut binanın 8 aylık bahar ve yaz döneminde hizmet verdiği varsayılan Ankara örneği için, belirlenen senaryolardan Bodrum örneğinde enerji etkin ve düşük maliyete sahip olan senaryolar seçilerek yöntemin adımları uygulanmıştır. Ankara 8 aylık kullanım örneğinde, Bodrum örneği ile benzer şekilde en etkin enerji iyileştirme senaryosu S10 olarak tespit edilmiştir. Ancak, S10, iklim bölgesi sebebi ile Bodrum' da %30 iyileştirme sağlarken, Ankara'da %35 iyileştirme sağlamaktadır.

Ankara ilinin, turizm amacı tüm yıl kullanıma uygun olduğu için, mevcut binanın tüm yıl kullanımı için yöntem uygulanmıştır.Mevcut binasının tüm yıl kullanılması sebebi ile Bodrum örneğinde, 7 kWh/m^{2}yıl'ı aşmayan ısıtma enerjisi tüketimleri, iklim bölgesinin de etkisi ile binanın fonksiyonundan ötürü sahip olduğu yüksek iç kazançlara rağmen 42,4 kWh/m^{2}yıl olarak hesaplanmıştır. Belirlenen iyileştirme senaryoları pasif sistem parametrelerinin enerji etkin iyileştirilmesi üzerine yoğunlaştığından mekanik sistem iyileştirmesi/seçimi yapılmamıştır. Mevcut bina mekanik sistemi elektrik enerjini kaynak kullanan VRF sistemi olduğundan Ankara için daha yaygın olarak kullanılan sıcak su kazanlı sistemlerin kullanılması durumunda hesaplanan ısıtma enerjisi tüketimlerinin de düşmesi beklenmektedir. Bu şartlar altında, tüm yıl hizmet veren Ankara uygulaması için enerji tüketiminde %11,4 ve global maliyette de % 9,8 iyileştirme sağlanmıştır.

Erzurum 4 aylık kullanım (kış ayları) uygulama örneği için, binanın çalışma zaman çizelgesi ve bulunduğu iklim bölgesi sebebi ile ısıtma yükleri önem kazanmaktadır. Ankara yıllık kullanım örneğine benzer olarak bu bölgede yaygın olarak kullanılan sıcak sulu kazan kullanılması durumunda yüksek iç kazançları sebebi ile yıllık ısıtma tüketimi 47,7 kWh/m^{2}yıl olarak hesaplanan mevcut bina ısıtma tüketim miktarlarının düşmesi beklenmektedir. Erzurum örneği için, en düşük maliyet senaryosu S7 ve en

düşük enerji tüketim senaryosu S22 olarak belirlenmiştir. Bodrum ve Ankara 8 aylık kullanım örneğinde maliyet optimal iyileştirme senaryosu olarak belirlenen S10 ise bu örnek için en yüksek global maliyetin hesaplandığı senaryodur.

Sonuçlardan da anlaşılacağı üzere, iyileştirmeler iklim bölgesine göre farklı oranlarda etki etmektedir. İyileştirme oranlarını arttırmak için otelin bulunduğu iklim bölgesine göre etkin parametrelerin belirlenmesi gerekmektedir.

Bu yaklaşımdan yararlanılarak, farklı iklim bölgelerine ve otellerin turizm amacına göre etkin parametrelerinin tespit edilmesi ve iyileştirme alternatiflerinin arttırılması mümkündür.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tüm dünyada, doğal kaynakların tükenmesi ve çevre kirliği tehditlerine karşı enerjinin verimli kullanılmasına ilişkin önlem planları oluşturulmuş ve bu planlar ilgili direktifler ile zorunlu hale getirilmiştir. Ülkemizde, hali hazırda enerji ve maliyet etkinliğinin arttırılması ve maliyet optimum sıfır enerji binalara ilişkin mevzuatlar aracılığı ile zorunlu hale getirilmiş yaptırımlar bulunmamakla birlikte konu ile ilgili olarak bilimsel araştırmalar ve yönetmelikler üzerindeki güncelleme çalışmaları devam etmektedir.

Türkiye için, AB aday ülkesi olarak EPBD *Recast* (2010) kapsamında binalarda maliyet optimum enerji verimliliği ve yaklaşık sıfır enerji seviyelerinin AB çerçeve yöntemine uygun olarak hesaplanmasının yakın bir gelecekte zorunluluk haline geleceği öngörülmektedir.

Tez kapsamında, EPBD-*Recast*'e paralel olarak Türkiye' nin ulusal koşullarını gözeterek, mevcut otel binalarının etkinliğinin maliyet optimum iyileştirilmesi için bir yaklaşım sunulmaktadır. Yaklaşım uygulanması aşamasında, otel binalarına ilişkin ulusal referans değer ve binaların tanımlı olmaması, otel binalarının ısıl zonlarının sayısal çokluğu, kompleks bina kurgusu sebepleri ile kullanıcı davranışları, iç kazanç değerleri vb. gibi konularda belirli kabuller yapılmaktadır.

Yaklaşımın ikinci ve altıncı adımlarında bahsedilen enerji analizleri için hesaplama yöntemi olarak detaylı dinamik hesaplama yöntemi ve araç olarak da EnergyPlus V8.1.seçilmiştir. Yaklaşımın üçüncü ve yedinci bölümünde yer alan, maliyet analizlerinin yapılması için En 15459 standardındaki net bugünkü değer yöntemi ve araç olarak da global maliyet hesap cetveli kullanılmaktadır.

Bölüm 4' te önerilen yaklaşım ile testi yapılan uygulamaya ilişkin bulgu ve karşılaştırmalar detaylı olarak açıklanmıştır. Uygulamadan elde edilen sonuçlar ve karşılaştırmalar sayesinde yaklaşımın uygulanabilirliği sınanmaktadır. Mevcut bina ve iyileştirme senaryolarının enerji ve maliyet analizlerinden elde edilen bulgulara bakıldığında, farklı iklim bölgelerinde yer alan otel binalarının, yıllık çalışma

takvimlerinin farklılığına göre enerji etkinlik parametrelerinin rolünün ve aynı parametrenin etkinlik oranının değişkenlik gösterdiği gözlenmektedir.

Örneğin, önerilen yaklaşım ile, ülkemizde sıcak nemli iklim bölgesinin karakteristiğinin ve kompleks yapılı otel binalarındaki yüksek iç kazanç değerlerinin etkileri ile ağırlıklı olarak soğutma yüklerinin öne çıktığı yapılan analizler neticesinde ortaya konmaktadır. Bu iklim bölgesi için güneş kazançlarının azaltılması prensibine dayalı iyileştirme senaryolarının enerji etkinliği yüksektir. Güneş ışınımının yüksek olduğu bu bölge için, güneş kaynaklı yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması hem enerji tasarrufu hem de karbon salımı açısından faydalıdır. Tez kapsamında test binası olarak seçilen mevcut binanın teras çatısında birbirine gölge düşürmeyecek biçimde uygun açı ile konumlandırılmış 80 adet PV panel modellenmesi (S25) ile 8,49 kWh/m^{2}yıl enerji tasarrufu sağlanmıştır. Ayrıca bu senaryo için geri ödeme süresi 3,16 yıl olarak hesaplanmıştır. Mevcut binada gezilebilir terasta, mekanik sistemin dış üniteleri yerleştirildiğinden daha fazla sayıda PV panel için uygun alan bulunmamaktadır. Bu örnekten yola çıkarak, mevcut binalar için, yenilenebilir enerji sistemlerinin etkin olarak kullanılabilmesi için tüm mekanik sistemin yapısını değiştirebilecek, uygulaması güç ve uzun sürebilecek tadilatlara ihtiyaç duyulabilir.

Aynı mevcut binanın, soğuk iklim bölgesinde (Erzurum) yalnızca kış dönemi hizmet veren test binası senaryosuna ait enerji analizlerine göre, binanın fonksiyonundan ve kapasitesinden kaynaklanan yüksek iç kazançlarına rağmen, binada ağırlıklı tüketim amacının ısıtma olduğu görülmektedir. Bu test binası için ise, güneş kontrolü yerine, ısı kayıplarını aza indirgeyen pencere tipi ve ısı yaltımı iyileştirme senaryolarının maliyet optimal enerji etkinliğindeki rolünün arttığı tespit edilmiştir.

Yaklaşımın uygulanması kısımında, iklim bölgesindeki çeşitliliği arttırmak adına, ılımlı kuru iklim bölgesinde yer alan bir diğer senaryo daha analiz edilerek, otelin yaz sezonunda çalışması durumunda tüketimlerin soğutma ağırlıklı, tüm yıl çalışması durumunda ise bazı senaryolarda ıstma-soğutma dengeli ya da ısıtma ağırlıklı enerji tüketimleri gözlenmektedir. Binanın tüm yıl kullanılması durumunda ısıtma tüketiminin yükselmesinde, binanın ısıtma döneminde çalışıyor olması dışında bu iklim bölgesi için yaygın olarak kullanılan sıcak su kazanlı merkezi sistemler yerine mevcut binada kullanılan VRF sisteminin kullanılmış olmasıdır. Elektrik ile çalışan bu sistemlerin tükettiği enerjiye ilişkin birincil enerji miktarları hesaplanırken diğer kaynak tipleri için dönüşüm katsayısı 1 iken elektrik dönüşüm katsayısı 2,36'dır. Tez

kapsamında, pasif sistem iyileştirmeleri değerlendirildiğinden, mekanik sistemler için iyileştirmelere yer verilmemiştir. Ancak, optimal global maliyet değerlendirmesinin birincil enerji üzerinden yapıldığı da dikkate alındığında, ılımlı kuru ve soğuk iklim bölgelerinde yaygın olarak kullanılan mekanik sistemlerin kullanılmasının ısıtma için birincil enerji tüketimini düşüreceği öngörülmektedir.

Ayrıca, yaklaşımın uygulanması kısmında test edilen mevcut binanın mimari özellikleri sıcak nemli iklim bölgesinde yaz turizmi için hizmet veren bir otel için tasarlanmıştır. Bu binanın farklı iklim bölgesindeki davranışları test edilirken, iklim bölgesine göre bina geometrisinin de bulunduğu iklim bölgesine uyumlu olarak değişkenlik göstermesi gerekmektedir. Örneğin, Bodrum' da yer alan mevcut binanın otel yatak katlarında dış ortama açık koridorların, Erzurum da yer alan bir otel için tasarlanması bu bölge için hem mimari hem de enerji tüketimi açısından uygun değildir. Tez kapsamında bina geometrisi sabit kabül edildiğinden, bahsi geçen koridorlar Erzurum için de açık olacak şekilde modellenmiştir.

Tüm bulgulardan hareketle, farklı iklim bölgesinde yer alan, farklı turizm amaçlarına hitap eden mevcut otellerin enerji etkinliğini maliyet optimal olacak şekilde arttırmak için alınması gereken tedbirlerin farklılık gösterdiği ve yapılacak iyileştirmelerin bu analizler neticesinde iklim bölgesine ve turizm hedefine uygun olarak seçilmesi gerekliliği ortaya konmaktadır.

Bu yaklaşım aracılığı ile, mevcut otel stoğunun enerji ve maliyet etkin iyileştirilebilmesi konusunda alınacak tedbirlerin iklim bölgesinden ve bina tipolojisinden bağımsız olarak düşünülen, alışılagelmiş bir takım yanıltıcı iyileştirme kabullerinin önüne geçilebilecektir. Ayrıca, binanın reel enerji tüketim davranışının, önerilen maliyet optimal enerji iyileştirme önlemleri ile uyumlu, gerçekçi sonuçlar verebilmesi için kullanıcıya bağlı iyileştirmelerin kısıtlı tutulması önemlidir. Bu nedenle bu çalışma kapsamında önerilen iyileştirmeler kullanıcı davranışından bağımsız sabit ya da otomasyona bağlı kontroller arasından seçilmiştir.

Bina iyileştirme senaryolarının belirlenmesinde, iklim bölgesine bağlı olarak piyasada kolayca ulaşılabilen ve uygulanabilirliği kolay tekil/çoğul iyileştirmeler önerilmektedir. Yaklaşımın genel kullanıma açık ve kolaylıkla piyasada aktif olarak kullanılması hedefi ile bu yol izlenmiştir.

Bu yaklaşım, genel bir çerçeve niteliğinde mevcut otel stoğunun enerji ve maliyet etkinliğinin arttırılması için geliştirilmiş olup, sınanan uygulama ile bu yöntem izlenerek farklı alternatifleri test etmeye ve onlar arasından uygun alternatifin optimum olarak belirlenebilmesine imkan tanımaktadır. Farklı iklim bölgesinde, farklı bina formunda, farklı ısıl zonları bulunun, farklı kapasiteli ve kullanım amaçlı oteller için ve bunlara ait fonksiyonel mekanlar için amaca ulaştırabilecek akışkan bir yapıya sahip olarak geliştirilmiştir. Çoklu kriterler arasından karşılaştırma yöntemi ile tasarımcıya, yatırımcıya ya da işletmeciye seçim yapma şansı sunan bir çalışmadır.

Gelecek çalışmalara da, otel tipolojisinden yola çıkarak çalışma prensibi benzer diğer kompleks yapılı binaların maliyet optimal iyileştirilmesi için bir örnek niteliğinde olacaktır.

Yeni binalar, bu yaklaşım, ilk tasarım binasının mevcut bina olarak kabul edilmesi durumunda, iyileştirme tasarım senaryolarını belirleyerek tasarım sürecine yardımcı olmak amacı ile kullanılabilir. Ancak, yeni binaların maliyet optimal enerji verimliliği düzeyinin belirlenmesi için, otel binalarına mahsus, ulusal referans binanın ve referans değerlerin tanımlanmış olması gerekmektedir. Gelecek turizm hedefleri de düşünülecek olursa yeni binalar için de enerji ve maliyet etkinliğini hedeflere ulaştıracak bir metod geliştirilmesine duyulan ihtiyacı açıktır.

Ülkemizde, henüz tavsiye ya da hedef niteliği taşıyan yönetmeliklerin ivedilikle global hedefleri yakalayacak zorunluluklar haline getirilmesi gerekmektedir. Bunun dışında, turizm sektöründe istenilen düzeyde enerji ve maliyet etkinliği için 'Yeşil Yıldız' konusunda yaptırım ya da teşviklere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu teşvikler karbon salımını düşüren yenilenebilir enerji sistemlerinin uygulanabilirliği için de elzemdir. İlgili irade sahiplerinin ve bakanlıkların bu konuya hassasiyet göstermeleri gerekmektedir.

KAYNAKLAR

Ander G., (2014). Whole Building Design Guide, Window And Glazing. https://www.wbdg.org/resources/windows.php

Ascione, F., Bianco, N., De Stasio, C., Mauro, G. M., & Vanoli, G. P. (2016). Multi-Stage and Multi-Objective Optimization For Energy Retrofitting a Developed Hospital Reference Building: A New Approach to Assess Cost-Optimality. Applied Energy, 174, 37-68.

Ashrafian, T. (2016). A New Approach to Define Economically Applıcable Energy Efficient Retrofit Solutions for Resıdentıal Buildings in Turkey, (Doktora Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Atmaca, M., Kalaycıoğlu, E., & Yılmaz, Z. A. (2011). Binalarda Enerji Performansı Yöntemi (BEP-TR) İle Otel Binalarının Performansının Değerlendirilmesi. X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, 811-826.

Atmaca, M. (2010). Binalarda Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi (Bep-Tr) İle Otel Binalarının Enerji Performansının Değerlendirilmesi, (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Atmaca M., Yılmaz A. Z., (2011). Evaluation of The Heating and Cooling Energy Demand of Non-Residential Buildings with National Calculation Methodology of Turkey, CLIMAMED VI Mediterranean Congress of Climatization, Madrid, June 2-3.

Aydın, Ç. Ve Aydın, C. (2016). Konaklama Sektöründe Enerji Kullanımı Ve Sıfır Enerjili Binalar Kavramı. 8. Lisansüstü Turizm Öğrencileri Araştırma Konferansı, Nevşehir, Nisan 29-30.

Ballarini, I., Corgnati, S. P., & Corrado, V. (2014). Use of Reference Buildings to Assess The Energy Saving Potentials of The Residential Building Stock: The Experience of TABULA Project. Energy Policy, 68, 273-284.

Bayraktar, M., Kalaycioglu, E., & Yilmaz, A. Z. (2011). A Real-Life Experience of Using Dynamic Building Simulation for Building Environmental Performance Assessment in Turkey, in 12 The Conference of International Building Performance Simulation Association, Sydney, Australia, November 14-16.

Bayraktar M. & Yılmaz A.Z. (2005). Bina Enerji Tasarrufunda Pasif Akıllılığın Önemi. VII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, s. 115-128.

Bayraktar M., Schulze T., Yılmaz A.Z. (2009). Binalarda Enerji Simulasyonları İçin Veri Toplama Listeleri Aracılığıyla Veri Yönetimi Modelinin Oluşturulması. IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Sempozyum Bildirisi, S. 761-773.

Bayram, M. (2011). BEP-TR Hesaplama Yönteminde Referans Bina Kavramı Ve Enerji Sınıflandırması. X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, 755-762.

Bodach, S., & Lang, W. (2016). Design Guidelines For Energy-Efficient Hotels in Nepal. International Journal of Sustainable Built Environment. Vol. 5, Issue 2, 411–434.

Breesch H., Bossaer A. and Janssens A. (2005). Passive Cooling in A Lowenergy Office Building. GIR 27 Passive Solar Energy, 24th AIVC conference, USA, October 12-14.

Buso T., Becchio C., Yılmaz A.Z., Corgnati P.S., (2016). Energy Efficiency and Financial Performance of a Reference Hotel - Proposing a Global Cost-Benefit Analysis, Clima 2016 - 12th REHVA World Congress 2016, Aalborg, May 22-25.

Buso, T., Corgnati, S. P., Derjanecz, A., Kurnitski, J., & Litiu, A. (2014a). Nearly Zero Energy Hotels. REHVA Journal January 2014, pp.7-14.

Buso, T., Corgnati, S. P., Derjanecz, A., Kurnitski, J., (2014b). An Existing Best Practice of Nearly Zero Energy Hotel, REHVA Journal May 2014, pp.61-65.

Chedwal, R., Mathur, J., Agarwal, G. D., & Dhaka, S. (2015). Energy Saving Potential Through Energy Conservation Building Code and Advance Energy Efficiency Measures in Hotel Buildings of Jaipur City, India. Energy And Buildings, 92, 282-295.

Congedo, P. M., Baglivo, C., D'Agostino, D., & Zacà, I. (2015). Cost-Optimal Design for Nearly Zero Energy Office Buildings Located in Warm Climates. Energy, 91, 967-982.

Corgnatı S.P., Fabrızıo E., Fılıppı M., Monettı V., (2013). Reference Buildings for Cost Optimal Analysis: Method of Definition and Application, Applied Energy, 102, 983-993.

Derneği, Ç. D. Y. B., (2016). Konut Sertifika Kılavuzu. İstanbul.

Çelik, B. Ç., Yilmaz, Z., & Corgnati, S. P. (2011). Konut Binaları Enerji Sertifikasyonunda Isıtma ve Soğutma Enerjisi İhtiyacının Bina Parametrelerine Duyarlılık Analizi: Bep-Tr Hesaplama Metodolojisi ile Değerlendirme, X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, 781-792, Nisan 13-16.

Çelik B. Ç., Yılmaz A. Z., Corgnatı S., (2011). Parametric Sensitivity Analysis of Buildings for Heating and Cooling Energy Demand Leading Energy Performance Certification, CLIMAMED VI Mediterranean Congress of Climatization, Madrid, June 2-3.

Çetiner, İ. (2002). Çift Kabuk Cam Cephelerin Enerji ve Ekonomik Etkinliğinin Değerlendirilmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım, (Doktora Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Deparment of Energy, (2015). A Common Definition for Zero Energy Buildings, The National Institute of Building Sciences.

Derneği, Ç. D. Y. B., (2013). Yeşil Bina Sertifika Kılavuzu Yeni Konutlar Ver. 0.

Deru M., Field K., Studer D., Benne K., Griffith B., Torcellini P., Liu B., Halverson M., Winiarski D., Yazdanian M., Huang J., Crawley D., (2011). U.S. Department of Energy Commercial Reference Building Models of The National Building Stock, National Renewable Energy Laboratory, Colorado-U.S.

Economidou, M., Atanasiu, B., Despret, C., Maio, J., Nolte, I., & Rapf, O. (2011). Europe's Buildings under the Microscope. A Country-By-Country Review of the Energy Performance of Buildings, 131.

Environmental Engineering Science. 1-16293 Class Notes: Climate and Buildings, http://www.esru.strath.ac.uk/Courseware/Class-16293/17.

EnergyPlus Documentation, (2004). Input Output Referances. https://energyplus.net/sites/default/files/pdfs/pdfs_v8.3.0/InputOutput Reference.pdf

Erten D., Yılmaz A.Z., (2011). Leed ve Breeam Sertifikalarında Enerji Performans Değerlendirilmesinin Karşılaştırılması. X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, 1541-1552.

Fabi, V., D'Oca, S., Buso, T., & Corgnati, S. P., (2013). The Influence of Occupant's Behaviour in a High Performing Building. Proceedings of Climamed,13.

Flager, F., Welle, B., Bansal, P., Soremekun, G., & Haymaker, J., (2009). Multidisciplinary Process Integration And Design Optimization of a Classroom Building. Journal of Information Technology in Construction, 14, 595-612.

Gaetani, I., Hoes, P. J., & Hensen, J. L., (2016). Occupant Behavior in Building Energy Simulation: Towards a Fit-For-Purpose Modeling Strategy. Energy And Buildings, 121, 188-204.

Gali, G. (2011). Dinamik Ve Basitleştirilmiş Enerji Performans Yöntemlerinin Hastane Binaları İçin Karşılaştırmalı Analizi, (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Gali, G., & Yılmaz, A. Z. (2012). **P**roblems For Energy Certıfıcatıon Of Complex Buıldıngs Through Sımplıfıed Methods, First Building Simulation And Optimization Conference,UK, September 10-11.

Gali, G., Yılmaz, A. Z. & Corgnatı, S. P. (2011). Kompleks Binaların Enerji Sertifikasyonu, 10. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, Nisan 13-16.

Ganiç, N., Yılmaz, A. Z., & Corgnatı, S. P. (2013). Enerji Performansı Gereksinimlerinin Optimum Maliyet Düzeyinin Türkiye'deki Örnek Bir Ofis Binasında Yapılan İyileştirmeler İçin Hesaplanması, 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, Nisan 17-20.

Ganiç, N., Yılmaz, A. Z., & Corgnatı, S. P., (2013). Enerji Performansı Gereksinimlerinin Optimum Maliyet Düzeyinin Türkiye'deki Örnek Bir Ofis Binasında Yapılan İyileştirmeler İçin Hesaplanması, Tesisat Mühendisliği Dergisi, 135,S. 61-75.

Ganiç, N. & Yılmaz, A. Z. (2014). Adaptation of The Cost Optimal Level Calculation Method of Directive 2010/31/EU Considering The Influence of Turkish National Factors, Applied Energy, 123, S.94-107.

Ganiç, N., & Yılmaz, A. Z., (2015). Avrupa Birliği Direktifi Doğrultusunda Binalarda Yaklaşık Sıfır Enerji Düzeyinin Akdeniz Ülkesi Olan Türkiye'de Konut Binaları İçin Belirlenmesine Yönelik Uygulama Örneği, 12. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir**,** Nisan 8-11.

Ganiç, N., (2013). Mimimum Enerji Performans Gereksinimlerine İlişkin Optimum Maliyet Düzeyinin Ofis Binalarındaki İyileştirmeler İçin Hesaplanması, (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

González, J. P., & Yousif, C., (2015). Prioritising Energy Efficiency Measures To Achieve A Zero Net-Energy Hotel On The İsland Of Gozo İn The Central Mediterranean. Energy Procedia, 83, 50-59.

Intelligent Energy Europe (IEE), (2013). Nearly Zero Energy Hotels (Nezeh).

http://www.nezeh.eu/home/index.html

Kalaycıoğlu, E., Yılmaz, A. Z., & Akgüç, A. (2012). The Samples of Energy Modellıng for Energy Effıcıent Green Buıldıng Desıgn in Turkey, First Building Simulation and Optimization Conference, UK, September 10-11.

Koca Ö., (2006). Sıcak Kuru ve Sıcak Nemli İklim Bölgelerinde Enerji Etkin Yerleşme ve Bina Tasarım İlkelerinin Belirlenmesine Yönelik Yaklaşım. (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kolokotsa, D., Diakaki, C., Grigoroudis, E., Stavrakakis, G. ve Kalaitzakis, K. (2009). Decision support methodologies on the energy efficiency and energy management in buildings. Advances in Building Energy Research, 3(1), 121-146.

Kurt, M., (2012). Türkiye Ve Almanya Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliklerinin Referans Bina Ve Sınır Koşulları Açısından Karşılaştırılması, (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Lechner N. (1991). Heating, Cooling, Lighting Sustainable Design Methods for Architects, Hoboken, Canada.

Ma, Z., Cooper, P., Daly, D. ve Ledo, L. (2012). Existing building retrofits: Methodology and state of the art. Energy and Buildings, 55(0), 889-902.

Naidj J.S. (1998). A Comparative Study of Passive Solar Building Simulation Using Hot2000, TRNSYS14, NETSPEC, (M.Sc. Thesis), Trent University, Peterborough, Ontario.

Ng, L. C., Musser, A., Persily, A. K., & Emmerich, S. J. (2012). Indoor Air Quality Analyses of Commercial Reference Buildings. Building and Environment,58, 179-187.

RELACS, (2015). Renewable Energy for Tourist Accomodation Buildings, Intelligient Energy Europe Programme, European Commision.

Resmi Gazete (2007). Enerji Verimliliği Kanunu, 5627, Ankara.

Resmi Gazete (2008). Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği Ve Hesap Yöntemi, Ek 07-Referans Bina Belirleme, 27778, Ankara.

Resmi Gazete (2010). Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, 27075, Ankara.

Sağlam Ganiç N. & Yilmaz Z., (2015). Avrupa Birliği Direktifi Doğrultusunda Binalarda Yaklaşık Sıfır Enerji Düzeyinin Akdeniz Ülkesi Olan Türkiye'de Konut Binaları için Belirlenmesine Yönelik Uygulama Örneği, Tesisat Mühendisliği - Sayı 148, S82-96.

Schlueter, A., & Thesseling, F. (2009). Building Information Model Based Energy/Exergy Performance Assessment in Early Design Stages. Automation in Construction, 18(2), 153-163.

Şenel Solmaz A. (2015). Bina Enerji Performansını Geliştirmede Optimum Çözümleri Belirlemeye Yönelik Simülasyon ve Çok Amaçlı Optimizasyon Tabanlı Bir Karar Destek Modeli, (Doktora Tezi), Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

The Hotel Energy Solutions, HES, (2011). Energy Efficiency and Renewable Energy Applications in the Hotel Sector. Hotel Energy Solutions Project Publications, UNWTO E-Library.

Tsoutsos, T., Tournaki, S., De Santos, C. A., & Vercellotti, R. (2013). Nearly Zero Energy Buildings Application in Mediterranean Hotels. Energy Procedia, 42, 230-238.

Turizm Tesislerinin Belgelendirilmesi Ve Niteliklerine İlişkin Yönetmelik (2005), TC.Kültür Ve Turizm Bakanlığı, Ankara.

Türk Standartları Enstitüsü, TS 825 (2008). Binalarda Isı yalıtım Kuralları Standardı, Ankara.

Türk Standartları Enstitüsü, TS 825 (2013). Binalarda Isı yalıtım Kuralları Standardı, Ankara.

Yilmaz A.Z., Ashrafian T., Ganic N., Gali G., Akguc A. (2015) Binalarda Maliyet Optimum Enerji Verimliliği Seviyesi İçin Türkiye Koşullarına Uygun Yöntemin Ve Referans Binaların Belirlenmesi, Proje No: 113M596, TÜBİTAK.

TÜİK, (2013), Türkiye' De Sektörlere Göre Büyüme Hızı.

TÜİK, (2016). Sektörel Enerji Tüketim İstatistikleri, 2014.

Wittchen, K. B., & Thomsen, K. E. (2012). Introducing cost-optimal levels for energy requirements. Rehva Journal, March 2012, pp 25-29.

Yılmaz, A.Z. (2007). Evaluation of Energy Efficient Design Strategies for Different Climatic Zones: Comparison of Thermal Performance of Buildings in

Temperate-Humid and Hot-Dry Climate. Energy and Buildings, 39(3), 306-316.

Yılmaz A.Z., Gali G., Akgüç A., Aydın B., (2013). A Low Cost Plus Energy Building in Istanbul, The Rehva European HVAC Journal, Vol. 3, No. 50, S. 63-65, ISSN: 1307-3729.

Yılmaz A.Z., (2014). Çift Cidar Cephe Her Zaman Enerji Verimli midir? Yeşil Bina Dergisi, 27.sayı.

Yılmaz, A.Z., (2015). Bina Enerji Verimliliği Düzeyinin Belirlenmesinde Referans Bina Ve Referans Değerlerin Önemi, S1229-1239, 12. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir**,** Nisan 8-11.

Yi, Y. K. ve Malkawi, A. M., (2009). Optimizing building form for energy performance based on hierarchical geometry relation. Automation in Construction, 18(6), 825-833.

EKLER

EK A – OTEL VERİ FORMU

OTEL VERİ FORMU		TARİH	
BİNA GÖRSELİ	AÇIKLAMA:		
GENEL BİLGİLER			
BİNANIN ADI:			
BİNA TİPOLOJİSİ:			
YAPIM YILI:			
ADRES/İLETİŞİM:			
MİMARİ PROJE:			
UYGULAMA FİRMASI:			
İŞLETMECİ FİRMA:			
FİRMA YETKİLİSİ:			
BİNANIN YÖNÜ			
YILLIK/AYLIK TOPLAM KULLANILAN GÜN SAYISI:			
BİNADAKİ SÜREKLİ KULLANICI SAYISI/PERSONEL			
YILLIK/AYLIK OTEL KULLANICI SAYISI:			
AYLIK OTEL DOLULUK ORANI:			
TATİLLER (VARSA)			
İLAVE BİLGİ			
BİNA GEOMETRİSİ	**VAR**	**YOK**	
MİMARİ PROJE			
VAZİYET PLANI			
KAT PLANLARI			
GÖRÜNÜŞLER			
KESİTLER			
SİSTEM KESİTLERİ			
MAHAL LİSTELERİ			
YOKSA:			
KAT ADEDİ			
KAT YÜKSEKLİĞİ			
KAT DÖŞEME ALANI			
BİNA YÜZEY EĞİMİ			
OPAK/SAYDAM BİLEŞEN KONUM VE BOYUTLARI			
İLAVE BİLGİ			
BİNA ÇEVRESİ			
ARAZİ DURUMU			
KOMŞU BİNALAR/ENGELLERİN YERİ VE BOYUTLARI			
KOMŞU BİNALARIN MALZEMESİ			
NESNELERİN YANSITICILIK DEĞERLERİ			
BİNAYI CEVRELEYEN ZEMİN MALZEMESİ			
BİNAYI ÇEVRELEYEN ZEMİNİN YANSITICILIK DEĞERİ			
İLAVE BİLGİ			

BİNA KABUĞU	MALZEME 1	KALINLIK	MALZEME 2	KALINLIK	MALZEME 3	KALINLIK	MALZEME 4	KALINLIK	MALZEME 5	KALINL
DUVAR TİPİ 1										
DUVAR TİPİ 2										
DUVAR TİPİ 3										
DUVAR TİPİ 4										
DUVAR TİPİ 5										
DUVAR TİPİ 6										
DUVAR TİPİ 7										
DUVAR TİPİ 8										
DÖŞEME TİPİ 1										
DÖŞEME TİPİ 2										
DÖŞEME TİPİ 3										
DÖŞEME TİPİ 4										
DÖŞEME TİPİ 5										
CAM TİPİ 1										
CAM TİPİ 2										
CAM TİPİ 3										
BİNA ZONLARI										
BİNADAKİ TOPLAM ZON ADEDİ										
ZON 1 ADI:										
ZON İÇİNDE YAPILAN İŞİN ÇEŞİDİ										
YERİ										
BULUNDUĞU KAT										
ZON FORMU										
ZON BOYUTLARI										
ZONU OLUSTURAN DUVAR TİPLERİ										
KULLANICI SAYISI										
KULLANICI PROFİLİ										
KULLANIM SAATLERİ										
YAZ SET DEĞERİ										
KIŞ SET DEĞERİ										
DOLULUK ORANI										
ZON İÇERİSİNDEKİ CİHAZLAR										
CİHAZLARIN ÇIKIŞ GÜÇLERİ										
LAMBALARIN ÇEŞİDİ										
ADEDİ										
YERLEŞİMLERİ										
LAMBA VE BALAST KARAKTERİSTİKLERİ										
TASARIM GÜCÜ										
AYDINLATMA ZAMAN ÇİZELGESİ										
AYDINLATMA KONTROL STRATEJİLERİ										
DOĞAL AYDINLATMA KULLANIMI										
İLAVE BİLGİ										

AKTİF SİSTEMLER						
ISITMA GRUPLARI						
MODEL VE SERİ NO						
ADET						
ÇEŞİDİ						
KAPASİTESİ						
YAŞI						
ÇALIŞMA ZAMAN ÇİZELGESİ						
İLAVE BİLGİ:						
SOĞUTMA GRUPLARI						
MODEL VE SERİ NO						
ADET						
ÇEŞİDİ						
KAPASİTESİ						
YAŞI						
ÇALIŞMA ZAMAN ÇİZELGESİ						
İLAVE BİLGİ:						
HAVA KOŞULLANDIRMA BİRİMLERİ						
ÇALIŞMA KARAKTERİSTİKLERİ						
FAN BÜYÜKLÜKLERİ VE ÇEŞİDİ						
MOTOR BÜYÜKLÜKLERİ VE VERİMİ						
HAVA AKIŞ HIZI VE STATİK BASINÇ DEĞERİ						
KANAL SİSTEMLERİNİN ÖZELLİKLERİ						
EKONOMİZÖRÜN ÖZELLİKLERİ VE ÇALIŞMA ÇİZELGESİ (VARSA)						
SİSTEMİN ÇALIŞMA ÇİZELGESİ (SET SICAKLIKLARI)						
İLAVE BİLGİ:						
otomasyon var mı?						
varsa kosulu nedir?						
aydınlatma elemanları nelerdir						
	güç	adet	tip			
odalar						
genel mahaller						

EK B - Global maliyet hesap cetveli (EN 15459 ve Tübitak,2015).

Çizelge B.1 : Örnek global maliyet hesap cetveli.

Yapılan İlk Yatırım	Birim Fiyat	Miktar	Toplam Maliyeti	Ömrü
	0,0 TL	0	0,0 TL	
	0,0 TL	0	0,0 TL	
	0,0 TL	0	0,0 TL	
	0,0 TL	0	0,0 TL	
	0,0 TL	0	0,0 TL	
	0,0 TL	0	0,0 TL	

Değişim	Birim Fiyat	Miktar	Toplam Maliyeti	Ömrü
	0,0 TL	0	0,0 TL	
	0,0 TL	0	0,0 TL	
	0,0 TL	0	0,0 TL	
	0,0 TL	0	0,0 TL	
	0,0 TL	0	0,0 TL	
	0,0 TL	0	0,0 TL	

	Abonelik/Erişim Ücreti %45	Tüketim	Birim Fiyat	Tüketim Maliyeti	Toplam
Enerji Tük. - Isıtma (Elk)	0,0 TL		0,235878	0,00 TL	0,0 TL
Enerji Tük. - Soğutma (Elk.)	0,0 TL		0,235878	0,00 TL	0,0 TL
Enerji Tük. - Aydınlatma+ekipman	0,0 TL		0,235878	0,00 TL	0,0 TL
Enerji Tük. - DHW	0,0 TL		0,235878	0,00 TL	0,0 TL
Enerji Tük. - Fan ve Pompalar	0,0 TL		0,235878	0,00 TL	0,0 TL

Hesaplama Süresi:	20 yıl
Enflasyon Oranı (R_I):	8,1%
Piyasa Faiz Oranı (R):	14,3%
Gerçek Faiz Oranı (R_R)	5,78%

			MALİYET		Bina Sahibine Ait Ödemeler	Kullanıcıya Ait Ödemeler
İLK YATIRIM MALİYETİ						
0	için ilk yatırım maliyeti	→	0,0 TL	→	**0 TL**	
0	için ilk yatırım maliyeti	→	0,0 TL	→	**0 TL**	
0	için ilk yatırım maliyeti	→	0,0 TL	→	**0 TL**	
0	için ilk yatırım maliyeti	→	0,0 TL	→	**0 TL**	
0	için ilk yatırım maliyeti	→	0,0 TL	→	**0 TL**	
0	için ilk yatırım maliyeti	→	0,0 TL	→	**0 TL**	

			MALİYET	İndirim Oranı	
DEĞİŞİM MALİYETİ					
0	için değişim maliyeti	0 yıl ömür	0,0 TL	1,0000	**0 TL**
0	için değişim maliyeti	0 yıl ömür	0,0 TL	1,0000	**0 TL**
0	için değişim maliyeti	0 yıl ömür	0,0 TL	1,0000	**0 TL**
0	için değişim maliyeti	0 yıl ömür	0,0 TL	1,0000	**0 TL**
0	için değişim maliyeti	0 yıl ömür	0,0 TL	1,0000	**0 TL**
0	için değişim maliyeti	0 yıl ömür	0,0 TL	1,0000	**0 TL**

YATIRIMIN HESAPLAMA SÜRESİ SONUNDAKİ DEĞERİ				0,3248 -	**0 TL**
Yıllık Maliyetler (bakım, onarım, vs.)					
	için Yıllık Maliyet	0 yıl	0,0 TL	0,0000	**0 TL**
	için Yıllık Maliyet	0 yıl	0,0 TL	0,0000	**0 TL**
	için Yıllık Maliyet	0 yıl	0,0 TL	0,0000	**0 TL**
Enerji Maliyetleri					
Isıtma	için enerji giderleri	Elektrik	0,0 TL	11,6734	**0 TL**
Soğutma	için enerji giderleri	Elektrik	0,0 TL	11,6734	**0 TL**
Aydınlatma	için enerji giderleri	Elektrik	0,0 TL	11,6734	**0 TL**
DHW	için enerji giderleri	Elektrik	0,0 TL	11,6734	**0 TL**
Fan ve Pompalar	için enerji giderleri	Elektrik	0,0 TL	11,6734	**0 TL**

Owner	Occupant
0 TL	0 TL

TOTAL
0 TL

EK C - TEST OTEL BİNASI ISIL ZON LİSTESİ

Çizelge C.1 : Test otel binası ısıl zon listesi.

Zon Adı	Alan [m^2]	Koşullandırma Durumu (V/Y)	Hacim [m^3]	Duvar Alanı [m^2]	Pencere Alanı [m^2]	İÇ KAZANÇLAR		
						Aydınlatma [W/m^2]	İnsanlar [m^2/kişi]	Ekipmanlar [W/m^2]
2K-YO-01	46.52	Var	144.21	63.34	12.2	11.84	11	14.3
2K-YO-02	24.86	Var	77.06	16.29	5.34	11.84	11	14.3
2K-YO-03	24.88	Var	77.14	35.72	5.36	11.84	11	14.3
2K-YO-04	24.55	Var	76.1	35.69	5.24	11.84	11	14.3
2K-YO-05	21.02	Var	65.15	10.99	5.45	11.84	11	14.3
2K-YO-06	28.18	Var	87.37	12.52	5.74	11.84	11	14.3
2K-YO-07	24.89	Var	77.17	16.27	5.43	11.84	11	14.3
2K-YO-08	24.78	Var	76.83	16.27	5.44	11.84	11	14.3
2K-YO-09	24.74	Var	76.69	16.27	5.52	11.84	11	14.3
2K-YO-10	24.81	Var	76.9	16.26	5.4	11.84	11	14.3
2K-YO-11	24.68	Var	76.5	16.26	5.52	11.84	11	14.3
2K-YO-12	24.72	Var	74.87	13.56	5.28	11.84	11	14.3
2K-YO-13	22.34	Var	69.26	11.8	4.59	11.84	11	14.3
2K-YO-14	19.48	Var	60.38	23.38	3.2	11.84	11	14.3
2K-KOR-SAG	78.47	Yok	243.27	161.17	78.4	5.38	92.9	0
2K-KO-15	18.43	Var	57.14	25.5	3.52	11.84	11	14.3
2K-YO-16	21.86	Var	67.75	8.48	4.62	11.84	11	14.3
2K-YO-17	26.43	Var	81.94	12.42	4.62	11.84	11	14.3
2K-YO-18	23.06	Var	71.48	11.83	5.28	11.84	11	14.3
2K-YO-19	23.32	Var	72.28	11.81	5.28	11.84	11	14.3
2K-YO-20	25.12	Var	77.88	11.14	5.28	11.84	11	14.3
2K-YO-21	21.86	Var	67.75	9.79	3.52	11.84	11	14.3
2K-YO-22	18.02	Var	55.87	6.69	3.52	11.84	11	14.3
2K-KOR-ORTA	48.76	Yok	151.14	104.77	45.3	5.38	92.9	0
2K-YO-32	48.61	Var	150.69	61.68	10.9	11.84	11	14.3
2K-YO-31	24.26	Var	75.2	35.49	4.98	11.84	11	14.3
2K-YO-30	25.32	Var	78.5	35.78	5.47	11.84	11	14.3
2K-YO-29	49.93	Var	132.33	17.36	7	11.84	11	14.3
2K-YO-28	25.25	Var	78.28	17.44	5.47	11.84	11	14.3
2K-YO-27	25.25	Var	78.27	17.31	5.47	11.84	11	14.3
2K-YO-26	24.91	Var	77.22	17.32	5.6	11.84	11	14.3
2K-YO-25	23.64	Var	73.28	17.63	5.47	11.84	11	14.3
2K-YO-24	22.43	Var	69.53	11.06	5.32	11.84	11	14.3
2K-YO-23	22.68	Var	70.31	9.58	4.62	11.84	11	14.3
2K-KOR-SOL	50.91	Yok	157.82	108.27	50.3	5.38	92.9	0
2K-MERD-SOL	25.22	Yok	365.74	177.24	45.2	5.38	92.9	0
2K_MER_SAG	28.22	Yok	409.24	183.9	44.6	5.38	92.9	0
1K-KOR-SAG	78.47	Yok	243.27	161.17	78.4	0		0
1K-YO-19	46.64	Var	96.38	11.81	5.28	11.84	11	14.3
1K-YO-18	46.11	Var	95.3	11.83	5.28	11.84	11	14.3

Çizelge C.1 (Devam) : Test otel binası ısıl zon listesi.

Zon Adı	Alan [m^2]	Koşullandırma Durumu (V/Y)	Hacim [m^3]	Duvar Alanı [m^2]	Pencere Alanı [m^2]	İÇ KAZANÇLAR		
						Aydınlatma [W/m^2]	İnsanlar [m^2/kişi]	Ekipmanlar [W/m^2]
1K-YO-02	24.86	Var	77.06	16.29	5.34	11.84	11	14.3
1K-KO-14	19.48	Var	60.38	23.38	3.2	11.84	11	14.3
1K-YO-13	22.34	Var	69.26	11.8	4.59	11.84	11	14.3
1K-YO-12	22.76	Var	70.57	13.56	5.28	11.84	11	14.3
1K-YO-11	24.68	Var	76.5	16.26	5.52	11.84	11	14.3
1K-YO-10	24.81	Var	76.9	16.26	5.4	11.84	11	14.3
1K-KOR-SOL	50.91	Yok	157.82	108.27	50.3	0		0
1K-YO-09	24.74	Var	76.69	16.27	5.52	11.84	11	14.3
1K-YO-23	22.68	Var	70.31	9.58	4.62	11.84	11	14.3
1K-YO-08	24.78	Var	76.83	16.27	5.44	11.84	11	14.3
1K-YO-24	44.86	Var	92.71	11.06	5.32	11.84	11	14.3
1K-YO-07	24.89	Var	77.17	16.27	5.43	11.84	11	14.3
1K-YO-25	23.64	Var	73.28	17.63	5.47	11.84	11	14.3
1K-YO-06	28.18	Var	87.37	12.52	5.74	11.84	11	14.3
1K-YO-26	24.91	Var	77.22	17.32	5.6	11.84	11	14.3
1K-YO-05	21.02	Var	65.15	10.99	5.45	11.84	11	14.3
1K-YO-27	25.25	Var	78.27	17.31	5.47	11.84	11	14.3
1K-YO-04	24.55	Var	76.1	35.69	5.24	11.84	11	14.3
1K-YO-28	25.25	Var	78.28	17.44	5.47	11.84	11	14.3
1K-YO-31	24.26	Var	75.2	35.49	4.98	11.84	11	14.3
1K-YO-22	42.7	Var	81.37	6.69	3.52	11.84	11	14.3
1K-YO-21	50.63	Var	97.48	9.79	3.52	11.84	11	14.3
1K-YO-20	48.84	Var	102.38	11.14	5.28	11.84	11	14.3
1K-YO-16	49.9	Var	96.73	8.48	4.62	11.84	11	14.3
1K-KO-15	41.1	Var	80.56	29.74	3.52	11.84	11	14.3
1K-YO-32	48.61	Var	150.69	61.68	10.9	11.84	11	14.3
1K-YO-17	53.52	Var	109.93	12.42	4.62	11.84	11	14.3
1K-YO-01	46.52	Var	144.21	63.34	12.2	11.84	11	14.3
1K-YO-30	25.32	Var	78.5	35.78	5.47	11.84	11	14.3
1K-YO-29	24.97	Var	77.42	17.36	7	11.84	11	14.3
1K-YO-03	24.88	Var	77.14	35.72	5.36	11.84	11	14.3
1K-KOR-ORTA	74.28	Yok	177.52	104.77	45.3	0		0
ZK-YO-03	49.42	Var	141.08	40.33	5.36	11.84	11	14.3
ZK-YO-01	93.63	Var	266.45	71.51	12.2	11.84	11	14.3
ZK-YO-24	53.76	Var	59.46	35.32	5.32	11.84	11	14.3
ZK-YO-05	55.23	Var	148.83	12.4	5.45	11.84	11	14.3
ZK-YO-23	36.87	Var	98.72	10.82	4.62	11.84	11	14.3
ZK-YO-09	57.45	Var	158.54	18.37	5.52	11.84	11	14.3
ZK-KOR-SOL	50.91	Yok	178.2	122.24	50.3	0		0
ZK-YO-10	43.29	Var	127.49	18.36	5.4	11.84	11	14.3
ZK-KOR-SAG	78.47	Yok	267.75	187.4	78.4	0		0
ZK-YO-31	66.81	Var	178.52	40.07	4.98	11.84	11	14.3
ZK-YO-26	49.82	Var	141.97	19.56	5.6	11.84	11	14.3
ZK-YO-06	50.05	Var	146.75	11.71	5.74	11.84	11	14.3

Çizelge C.1 (Devam) : Test otel binası ısıl zon listesi.

Zon Adı	Alan [m^2]	Koşullandırma Durumu (V/Y)	Hacim [m^3]	Duvar Alanı [m^2]	Pencere Alanı [m^2]	İÇ KAZANÇLAR		
						Aydınlatma [W/m^2]	İnsanlar [m^2/kişi]	Ekipmanlar [W/m^2]
ZK-YO-11	47.31	Var	136.16	18.36	5.52	11.84	11	14.3
ZK-YO-29	24.97	Var	87.4	19.6	7	11.84	11	14.3
ZK-YO-12	43.81	Var	1076.9	13.35	5.28	11.84	11	14.3
ZK-YO-30	50.63	Var	144.3	40.4	5.47	11.84	11	14.3
ZK-YO-13	36.43	Var	127.49	13.32	4.59	11.84	11	14.3
ZK-KO-14	30.73	Var	92.93	6.49	3.2	11.84	11	14.3
ZK-YO-02	49.37	Var	140.92	18.39	5.34	11.84	11	14.3
ZK-YO-32	70.09	Var	217.38	69.63	10.9	11.84	11	14.3
ZK-YO-04	43.16	Var	126.86	40.29	5.24	11.84	11	14.3
ZK-YO-27	50.52	Var	143.96	19.55	5.47	11.84	11	14.3
ZK-YO-28	50.47	Var	143.87	19.69	5.47	11.84	11	14.3
ZK-YO-07	48.35	Var	138.74	18.37	5.43	11.84	11	14.3
ZK-YO-25	35.96	Var	100.08	19.91	5.47	11.84	11	14.3
ZK-YO-08	41.26	Var	123	18.37	5.44	11.84	11	14.3
ZK-LOBI	383.1	Yok	903.43	233.61	75.2	0		0
1B-MASAJ	15.02	Var	24.69	8.89	1.59	0	7.51	0
1B-FITNESS	41.58	Var	47.87	53.8	2.21	12	4.16	9.0184
1B-SAUNA	16.76	Var	6.24	9.92	0	12	1	10
1B-GENEL-WC	19.49	Yok	66.97	11.59	0.97	0		0
1B-HAMAM	23.7	Var	16.75	10.61	0	12	2	10
1B-DEPO1	10.79	Yok	40.98	7.74	1.58	0		0
1B-REVIR	15.29	Var	22.46	11.02	1.68	0	7.64	0
1B-KUAFOR	16.98	Var	64.53	11.68	2.12	0	8.49	0
1B-OFIS	30.35	Var	60.92	17.95	4.44	0	7.59	0
1B-DEPO2	41.61	Yok	96.05	34.34	0	0		0
1B-GEN.WC2	24.87	Yok	5.52	16.16	0.79	0		0
1BSOG.DEPO	9.31	Var	35.38	4.24	0	9		10
1B-MUTFAK	35.71	Var	62.99	16.61	5.64	12	3.57	10
1B-KORIDOR2	39.9	Yok	124.12	65.47	0	0		0
1B-KORIDOR	74.24	Yok	228.49	54.63	0	0		0
1B-LOKANTA	113.3	Var	142.06	90.38	18.2	12	2.27	10
1B-GEN.WC3	23.83	Yok	40.66	14.17	1.16	0		0
1B-HOL	20.88	Yok	181.28	29.41	0	0		0
1B-FUAYE	31.33	Var	69.7	24.53	2.9	0		0
1B-Ç.A.SALON	159.1	Var	319.13	125.48	0	0		0
1B-CAFE	64.02	Var	82.9	67.08	10.6	0	32.01	0
Toplam	4813		14537	4242.76	1187	8.3242	12.37	9.5153
Koşullandırılan Toplam	3610		10498	2356.4	541	10.753	9.33	12.686
Koşullandırılmayan Toplam	1203		4039.2	1886.2	646	1.0354	482.7	0

ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad **:** Merve Atmaca

Doğum Tarihi ve Yeri **:** 28.05.1983 Bafra

E-posta **:** merveatmaca@beykent.edu.tr

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** **:** 2007, TC Beykent Üniversitesi, Mimarlık Mühendislik Fakültesi, Mimarlık Bölümü
- **Yükseklisans** **:** 2010, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Anabilim Dalı, Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2009-2011 yılları arasında İstanbul Teknik Üniversitesi Arı Teknokent Ekomim Ekolojik Mimarlık Hizmetleri' nde Bina Enerji Performans Analizleri üzerine çalıştı.
- 2012 yılından bu yana TC Beykent Üniversitesi' nde çalışmalarına devam etmektedir.

DOKTORA TEZİNDEN TÜRETİLEN YAYINLAR

- **Atmaca M., Yılmaz Z.,** 2016. Türkiye'de Otel Binaları İçin Optimum Enerji Ve Maliyet Etkinliğinin Belirlenmesine Yönelik Uygulama Örneği, Beykent Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi.

DİĞER YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- **Atmaca M., Yılmaz Z.,** 2011. Comparing of the Building Energy Demand of Non-Residential Buildings with BepTr, Humboldt Kolleg, İstanbul.

- **Atmaca M., Kalaycıoğlu E., Yılmaz A.Z**., 2011. Binalarda Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi (BEP-TR) ile Otel Binalarının Enerji Performansının Değerlendirilmesi, 10. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir.
- **Atmaca M.,** 2013. Determination of The Optimum Situation by Combinig Passive Systems for Less Cooling Needs, 11th REHVA world congress Clima 2013, Prague.
- **Atmaca M., Yılmaz Z.,** 2011. Evaluation of The Heating and Cooling Energy Demand of Non-residential Buildings with National Calculation Methodology of Turkey, CLIMAMED VI Mediterranean Congress of Climatization, Madrid.
- **Atmaca M., Yılmaz Z.,** 2011. Evaluation of the Net Energy Demand of a Case Residential Building with National Calculation Methodology of Turkey and EnergyPlus, 2011, International Conference for Enhanced Building Operations, New York.
- **Atmaca, M.,** 2010. Binalarda Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi (Bep-Tr) ile Otel Binalarının Enerji Performansının Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- **Günaydın G., Çelik B.Ç., Atmaca M., Manioğlu G., Koçlar Oral G.,** 2013. Geleneksel Mimarinin İklimle Dengeli Tasarım Parametreleri Açısından Değerlendirilmesi: Gaziantep Örneği, VIII. Uluslar Arası Sinan Sempozyumu, Edirne.
- **Atmaca, M., Schulze T., Yılmaz Z.,** 2010. Effect of Office Tower Integrated Multifunctional PV systems on Total Greenhouse Gas Emissions and Economical Quantifying in Turkey, CLIMA2010, Antalya.