



**T.C.
OSMANİYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İsa Okan DURAK

**FARKLI ÖZELLİKLERDEKİ
PENCERELERİN BİNA ENERJİ
PERFORMANSI ÜZERİNDEKİ
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

OSMANİYE – 2023

**T.C.
OSMANİYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**FARKLI ÖZELLİKLERDEKİ PENCERELERİN BİNA
ENERJİ PERFORMANSI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**



İsa Okan DURAK

**MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

**OSMANİYE
AĞUSTOS-2023**

TEZ ONAYI

FARKLI ÖZELLİKLERDEKİ PENCERELERİN BİNA ENERJİ PERFORMANSI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

İsa Okan DURAK tarafından Prof. Dr. Önder KAŞKA danışmanlığında, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Makine Mühendisliği** Anabilim Dalı'nda hazırlanan bu çalışma, aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından oy birliği/çokluğu ile **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Önder KAŞKA
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, OKÜ

.....

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Osman KARA
Enerji Sistemleri Mühendisliği ABD, OKÜ

.....

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Muhammet Nasıf KURU
Mersin Tarsus OSB Teknik Bilimler MYO
Tarsus Üniversitesi

.....

Yukarıdaki jüri kararı Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve/..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Doç. Dr. Bülent YANIKTEPE
Enstitü Müdürü, **Fen Bilimleri Enstitüsü**

.....

Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, Şekil, Çizelge ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, bu çalışma sonucunda elde edilmeyen her türlü bilgi ve ifade için ilgili kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını ve bu tezin Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlandığını bildiririm.

İsa Okan DURAK



ÖZET

FARKLI ÖZELLİKLERDEKİ PENCERELERİN BİNA ENERJİ PERFORMANSI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

İsa Okan DURAK
Yüksek Lisans, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Önder KAŞKA

Ağustos 2023, 108 sayfa

Bu tez çalışmasında; her bir katında 4 daire bulunan ve bodrum kata sahip 6 katlı konut tipi bir bina referans alınarak, farklı pencere tipleri için bina enerji simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Enerji simülasyonu, Kayseri ve Osmaniye şartları için 22 farklı termofiziksel özelliğe sahip pencere camı kullanılarak sağlanmıştır. Her bir pencere camı için belirlenen ısı transfer katsayısı (U), güneş ısısı geçirgenlik katsayısı (GIKK) ve gün ışığı geçirgenlik katsayısı (GIGK) değerleri simülasyon öncesi analiz programına ayrı ayrı girilmiştir. Enerji simülasyonunu gerçekleştirmek için EnergyPlus bina enerji simülasyon programı kullanılmıştır. Çalışmanın ilk bölümünde her iki il için bina ısı ve bina toplam enerji ihtiyacının en yüksek olduğu 2 cam tipi belirlendi. Daha sonra belirlenen cam tipleri için pencere duvar oranı (PDO) 0.2 ve 0.8 arasında değiştirildi ve binanın enerji tüketimi üzerindeki etkileri araştırıldı. Çalışmanın sonuçlarına göre U, GIKK ve GIGK değerlerine bağlı olarak her iki iklim tipi için en ideal cam tipleri belirlenmelidir. Ayrıca PDO değerleri arttıkça her il için binanın yıllık enerji tüketim değerlerinde azalma olmadığı belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: bina enerji simülasyonu, pencere duvar oranı, bina ısıtma yükü, bina soğutma yükü, EnergyPlus, termofiziksel

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF THE WINDOWS WITH DIFFERENT PROPERTIES ON BUILDING ENERGY PERFORMANCE

İsa Okan DURAK
M.Sc Department of Mechanical Engineering
Supervisor : Prof. Dr. Önder KAŞKA

August 2023, 108 pages

In this thesis; building energy simulation was carried out by concerning different types of glazing options for a residential building. The building consists of six stories including basement and it has four apartments on each floor. 22 glazing options were considered with different thermo-physical properties under the climate conditions of Kayseri and Osmaniye provinces. Heat transfer coefficient (U), solar heat gain coefficient (SHGC) and visible transmittance (VT) were considered as input parameters. EnergyPlus building energy simulation program was used in energy calculations. At the first phase of the study, 2 glazing types were determined among 22 types that caused the highest thermal and overall energy consumption for both provinces. Then, window to wall ratio (WWR) was varied between 0.2 and 0.8 for previously determined glazing types and their effects on building total energy consumption were investigated. According to the results of the study, ideal glass types should be determined for each climate type, depending on the U, GIKK and GIGK values. In addition, it has been determined that there is no decrease in the annual total energy consumption of the building for each province as the WWR values increase.

Key words: building energy simulation, window to wall ratio, building heating load, building cooling load, EnergyPlus, thermophysical

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tez konumun belirlenerek tez çalışmamın yürütülmesini üstlenen, çalışmalarım süresince değerli bilgi ve tecrübeleriyle katkılarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Önder KAŞKA'ya ve Sayın Dr. Uğur ACAR'a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bölümdeki çalışmalarım süresince benden desteklerini esirgemeyen diğer bölüm hocalarıma, arkadaşlarıma, anne ve babama teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI	
TEZ BİLDİRİMİ	
ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiv
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	4
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	11
3.1 Enerji Simülasyonu ve EnergyPlus	11
3.2 İklim Verileri.....	12
3.3 İklim Bölgeleri ve İller	14
3.4 Enerji Simülasyonunda Kullanılan Meteoroloji Verileri.....	15
3.4.1 TMY (Tipik Meteorolojik Yıl) Sistematığı	15
3.5 Kayseri ve Osmaniye İllerinin Güneş Enerjisi Potansiyeli.....	16
3.6 Isıl Denge Metodu	18
3.6.1 Ashrae Isıl Denge Metodu.....	18
3.7 Bina Modeli.....	20
3.8 Bina Bileşenleri ve Özellikleri	23
3.9 Bina Modelinin Tasarımı	26
3.10 Pencere Sistemlerinde Isı Transferi.....	33
3.11 Pencere Yüzeyine Ulaşan Güneş Işınları	35
3.12 Bina Enerji Simülasyonunda Kullanılan Pencere Camı Tipleri ve Özellikleri.....	36
3.13 İç Kazançlar	42
3.13.1 İnsanlar ve Cihazlardan Kaynaklı İç Kazançlar	43
3.13.2 Yapay Aydınlatma Kaynaklı İç Kazanç	47
3.14 Çalışmanın İşlem Adımları	54
4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR	56
4.1 Kayseri ve Osmaniye Şartlarında 22 Cam Tipinin Karşılaştırılması.....	57

4.2 Pencere Duvar Oranı Analizi	86
4.2.1 Osmaniye Şartlarında Pencere Duvar Oranlarında Yapılan Değişikliğin Bina Enerji Performansına Etkisi	89
4.2.2 Kayseri Şartlarında Pencere Duvar Oranı Değerlerinde Yapılan Değişikliğin Bina Enerji Performansına Etkisi	95
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	102
KAYNAKLAR	104
ÖZGEÇMİŞ	108



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Kayseri ve Osmaniye illerinin IDG ve SDG değerleri [21].....	13
Çizelge 3.2 Kayseri ve Osmaniye için belirlenmiş birtakım coğrafi veriler.....	15
Çizelge 3.3 TMY hesabında kullanılan parametre isimleri ve AK değerleri [24].....	16
Çizelge 3.4 Dış duvarı oluşturan malzemeler ve özellikleri [27].....	23
Çizelge 3.5 Çatı döşemesini oluşturan malzemeler ve özellikleri [27].....	23
Çizelge 3.6 Temel döşemesini oluşturan malzemeler ve özellikleri [27]	24
Çizelge 3.7 Bodrum kat tavanını oluşturan malzemeler ve özellikleri [27]	24
Çizelge 3.8 İç duvarı oluşturan malzemeler ve özellikleri [27]	25
Çizelge 3.9 Ara kat döşemeyi oluşturan malzemeler ve özellikleri [27]	25
Çizelge 3.10 Bölgelere göre yapı bileşenlerinin U (W/m ² K) değerleri [30].....	34
Çizelge 3.11 C-1, C-2 ve C-3 cam tiplerinin özellikleri [2].....	36
Çizelge 3.12 C-4 ve C-5 cam tiplerinin özellikleri [2]	37
Çizelge 3.13 C-6, C-7, C-8 ve C-9 cam tiplerinin özellikleri [2].....	37
Çizelge 3.14 C-10 ve C-11 cam tiplerinin özellikleri [2].....	38
Çizelge 3.15 C-12 ve C-13 cam tiplerinin özellikleri [2].....	39
Çizelge 3.16 C-14, C-15 ve C-16 cam tipinin özellikleri [2].....	40
Çizelge 3.17 C-17 ve C-18 cam tipinin özellikleri [2].....	40
Çizelge 3.18 C-19 ve C-20 cam tipinin özellikleri [2].....	41
Çizelge 3.19 C-21 ve C-22 cam tiplerinin özellikleri [2].....	42
Çizelge 3.20 Mahal adları ve mahal alanları.....	44
Çizelge 3.21 İnsanlar ve cihazlardan kaynaklı iç kazanç katsayı değerleri [31].....	44
Çizelge 3.22 İnsanlardan kaynaklı iç ısı kazancı hesap tablosu.....	44
Çizelge 3.24 Cihazlardan kaynaklı iç kazanç hesap tablosu.....	46
Çizelge 3.25 Belirtilen saat aralıklarında cihazlardan kaynaklı toplam ısı güç ve saat aralıklarına göre oransal dağılımı.....	46
Çizelge 3.26 Tavan yüksekliğine göre yükseklik çarpanı değerleri [31].....	49
Çizelge 3.27 Sabit aydınlık faktörü (Fc) için kullanılan tablo [31]	49
Çizelge 3.28 Armatür tipine göre verim (η) değerleri [31].....	50
Çizelge 3.29 Yüzeylerin net yansıtma katsayıları için oluşturulmuş tablo [31].....	50

Çizelge 3.30 Bina tipolojisine ve hacim türlerine bağlı olarak istenen aydınlık düzeyleri [31]	50
Çizelge 3.31 Kompakt floresan lamba tipi için güç ve ışık akısı çizelgesi [31]	51
Çizelge 3.32 Bina mahallerine yönelik yapay aydınlatma hesabı.....	52



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Osmaniye ilinin bulunduğu 2. bölgeye ait aylık ortalama sıcaklık değerleri [20].....	13
Şekil 3.2 Kayseri ilinin bulunduğu 4. Bölgeye ait aylık ortalama sıcaklık değerleri [20].....	14
Şekil 3.3 Türkiye iklim haritası [23].....	14
Şekil 3.4 Kayseri şartlarında aylara göre küresel ışıınım değerleri (kWh/m ² -gün) [25].....	16
Şekil 3.5 Kayseri şartları için aylara göre saat cinsinden güneşlenme süreleri [25].....	17
Şekil 3.6 Osmaniye şartları için aylara göre küresel ışıınım değerleri (kWh/m ² -gün) [25]	17
Şekil 3.7 Osmaniye şartları için aylara göre saat cinsinden güneşlenme süreleri [25].....	17
Şekil 3.8 Ashrae Isıl Denge Metodu Direnç Şeması [26]	19
Şekil 3.9 Bina dış duvarını oluşturan malzemeler	20
Şekil 3.10 Bina iç duvarını oluşturan malzemeler	20
Şekil 3.11 Bina temel döşemesini oluşturan malzemeler	21
Şekil 3.12 Bina bodrum kat tavanını oluşturan malzemeler	21
Şekil 3.13 Bina çatı döşemesini oluşturan malzemeler.....	22
Şekil 3.14 Bina ara kat döşemesini oluşturan malzemeler.....	22
Şekil 3.15 Modellemesi yapılan binanın perspektif görünüşü	26
Şekil 3.16 Apartmana ait ısııl bölgelerin şematik gösterimi	26
Şekil 3.17 Apartman katlarının sınır koşullarını gösteren renklendirme	27
Şekil 3.18 Bina yapı türlerini gösteren renklendirme	27
Şekil 3.19 Binanın renklendirme yapılararak ısııl bölgelere ayrılmış gösterimi.....	28
Şekil 3.20 Bina ön cephesinden bir dairenin pencereleri	28
Şekil 3.21 Bina yan cephedeki pencereler	28
Şekil 3.22 Bodrum kat pencereleri.....	29
Şekil 3.23 Bina kat hollerinde bulunan pencereler	29
Şekil 3.24 Binanın kat holü	30
Şekil 3.25 Bina daire kapısı (iç kapı)	30

Şekil 3.26 Bina dairelerinin balkon kapısı	31
Şekil 3.27 Bina giriş kapısı (dış kapı)	31
Şekil 3.28 Bina dairesinin iç ayrıntıları.....	32
Şekil 3.29 Bina dairesinin perspektif görünüşü	32
Şekil 3.30 Bina modeli üzerinde iklimlendirilen ve iklimlendirilmeyen bölgelerin belirlenmesi.....	32
Şekil 3.31 Pencerede gerçekleşen ısı transfer türleri [28].....	33
Şekil 3.32 TS 825'e göre yapı bileşenlerinin U değerleri için ayrılmış 4 ayrı bölge [30]	34
Şekil 3.33 Pencere cam yüzeyine ulaşan direkt, dağınık ve yansıyan ışınımalar [32].....	35
Şekil 3.34 Güneşten gelen ışınlımların şeffaf cam karşısında davranışı [32]	35
Şekil 3.35 C-1, C-2 ve C-3 cam tiplerinin temsili gösterimi	36
Şekil 3.36 C-4 ve C-5 cam tiplerinin temsili gösterimi	37
Şekil 3.37 C-6, C-7, C-8 ve C-9 cam tiplerinin temsili gösterimi	38
Şekil 3.38 C-10 ve C-11 cam tiplerinin temsili gösterimi	38
Şekil 3.39 C-12 ve C-13 cam tiplerinin temsili gösterimi	39
Şekil 3.40 C-14, C-15 ve C-16 cam tiplerinin temsili gösterimi	40
Şekil 3.41 C-17 ve C-18 cam tiplerinin temsili gösterimi	41
Şekil 3.42 C-19 ve C-20 cam tiplerinin temsili gösterimi	41
Şekil 3.43 C-21 ve C-22 cam tiplerinin temsili gösterimi	42
Şekil 3.44 EnergyPlus üzerinde insan kaynaklı iç kazancın saat aralıklarına göre çizilmiş grafiği	47
Şekil 3.45 EnergyPlus üzerinde cihaz kaynaklı iç kazancın saat aralıklarına göre çizilmiş grafiği	47
Şekil 3.46 Güneş ışığını kontrol eden daire ve kat hollerine yerleştirilen sensör	48
Şekil 3.47 EnerjiPlus üzerinde, aydınlatma armatürlerinin hangi saat aralıklarında çalışıp çalışmadığını gösteren grafik	52
Şekil 3.48 Çalışmanın birinci akış şeması.....	54
Şekil 3.49 Çalışmanın ikinci akış şeması.....	55
Şekil 4.1 Kayseri ve Osmaniye illeri için C-1 cam tipi kullanılarak elde edilen pencere ve aydınlatma kaynaklı veriler.....	57

Şekil 4.2 Kayseri ve Osmaniye illeri için C-2 cam tipi kullanılarak elde edilen pencere ve aydınlatma kaynaklı veriler.....	58
Şekil 4.3 Kayseri ve Osmaniye illeri için C-3 cam tipi kullanılarak elde edilen pencere ve aydınlatma kaynaklı veriler.....	59
Şekil 4.4 Kayseri ve Osmaniye illeri için C-4 cam tipi kullanılarak elde edilen pencere ve aydınlatma kaynaklı veriler.....	60
Şekil 4.5 Kayseri ve Osmaniye illeri için C-5 cam tipi kullanılarak elde edilen pencere ve aydınlatma kaynaklı veriler.....	61
Şekil 4.6 Kayseri ve Osmaniye illeri için C-6 cam tipi kullanılarak elde edilen pencere ve aydınlatma kaynaklı veriler.....	62
Şekil 4.7 Kayseri ve Osmaniye illeri için C-7 cam tipi kullanılarak elde edilen pencere ve aydınlatma kaynaklı veriler.....	63
Şekil 4.8 Kayseri ve Osmaniye illeri için C-8 cam tipi kullanılarak elde edilen pencere ve aydınlatma kaynaklı veriler.....	64
Şekil 4.9 Kayseri ve Osmaniye illeri için C-9 cam tipi kullanılarak elde edilen pencere ve aydınlatma kaynaklı veriler.....	65
Şekil 4.10 Kayseri ve Osmaniye illeri için C-10 cam tipi kullanılarak elde edilen pencere ve aydınlatma kaynaklı veriler.....	66
Şekil 4.11 Kayseri ve Osmaniye illeri için C-11 cam tipi kullanılarak elde edilen pencere ve aydınlatma kaynaklı veriler.....	67
Şekil 4.12 Kayseri ve Osmaniye illeri için C-12 cam tipi kullanılarak elde edilen pencere ve aydınlatma kaynaklı veriler.....	68
Şekil 4.13 Kayseri ve Osmaniye illeri için C-13 cam tipi kullanılarak elde edilen pencere ve aydınlatma kaynaklı veriler.....	69
Şekil 4.14 Kayseri ve Osmaniye illeri için C-14 cam tipi kullanılarak elde edilen pencere ve aydınlatma kaynaklı veriler.....	70
Şekil 4.15 Kayseri ve Osmaniye illeri için C-15 cam tipi kullanılarak elde edilen pencere ve aydınlatma kaynaklı veriler.....	71
Şekil 4.16 Kayseri ve Osmaniye illeri için C-16 cam tipi kullanılarak elde edilen pencere ve aydınlatma kaynaklı veriler.....	72
Şekil 4.17 Kayseri ve Osmaniye illeri için C-17 cam tipi kullanılarak elde edilen pencere ve aydınlatma kaynaklı veriler.....	73

Şekil 4.18 Kayseri ve Osmaniye illeri için C-18 cam tipi kullanılarak elde edilen pencere ve aydınlatma kaynaklı veriler.....	74
Şekil 4.19 Kayseri ve Osmaniye illeri için C-19 cam tipi kullanılarak elde edilen pencere ve aydınlatma kaynaklı veriler.....	75
Şekil 4.20 Kayseri ve Osmaniye illeri için C-20 cam tipi kullanılarak elde edilen pencere ve aydınlatma kaynaklı veriler.....	76
Şekil 4.21 Kayseri ve Osmaniye illeri için C-21 cam tipi kullanılarak elde edilen pencere ve aydınlatma kaynaklı veriler.....	77
Şekil 4.22 Kayseri ve Osmaniye illeri için C-22 cam tipi kullanılarak elde edilen pencere ve aydınlatma kaynaklı veriler.....	78
Şekil 4.23 Osmaniye iklim şartlarında, 22 cam tipi için simülasyon sonucu elde edilen bina soğutma yükü değerleri.....	79
Şekil 4.24 Osmaniye iklim şartlarında 22 cam tipi için simülasyon sonucu elde edilen bina ısıtma yükü değerleri	80
Şekil 4.25 Osmaniye iklim şartlarında 22 cam tipi için simülasyon sonucu elde edilen bina toplam yükü değerleri	82
Şekil 4.26 Kayseri iklim şartlarında, 22 cam tipi için elde edilen simülasyon sonucu elde edilen bina soğutma yükü değerleri	83
Şekil 4.27 Kayseri şartlarında 22 cam tipi için simülasyon sonucu elde edilen bina ısıtma yükü değerleri	84
Şekil 4.28 Kayseri şartlarında 22 cam tipi için simülasyon sonucu elde edilen bina toplam (bina ısıtma + bina soğutma) yük değerleri.....	85
Şekil 4.29 Referans binaya PDO: 0.2 uygulandıktan sonra binanın dış görünümü	87
Şekil 4.30 Referans binaya PDO: 0.4 uygulandıktan sonra binanın dış görünümü	87
Şekil 4.31 Referans binaya PDO: 0.6 uygulandıktan sonra binanın dış görünümü	88
Şekil 4.32 Referans binaya PDO: 0.8 uygulandıktan sonra binanın dış görünümü	88
Şekil 4.33 4 farklı PDO değeri için elde edilen bina ısıtma, bina soğutma ve bina toplam yükü değerlerinin referans bina değerleri ile karşılaştırılması	89

Şekil 4.34 4 farklı PDO değeri için elde edilen pencere kaynaklı iç ortama iletilem güneş enerjisi değeri referans bina değeri ile karşılaştırılması	90
Şekil 4.35 4 farklı PDO değeri için elde edilen pencere kaynaklı ısı kazanç- kayıp ve aydınlatma kaynaklı verilerin referans bina değeri ile karşılaştırılması	91
Şekil 4.36 4 farklı PDO değeri için elde edilen bina ısıtma, bina soğutma ve bina toplam yükünün referans bina değeri ile karşılaştırılması	92
Şekil 4.37 4 farklı PDO değeri için elde edilen pencere kaynaklı iç ortama iletilem güneş enerjisi değeri referans bina değeri ile karşılaştırılması	93
Şekil 4.38 4 farklı PDO değeri için elde edilen pencere kaynaklı ısı kazanç- kayıp ve aydınlatma kaynaklı verilerin referans bina değeri ile karşılaştırılması	94
Şekil 4.39 Kayseri şartlarında C-2 cam tipi için referans binanın yük değeri ile farklı PDO değerlerine sahip binanın yük değerini karşılaştırılması (bina ısıtma ve bina soğutma yükü için).....	95
Şekil 4.40 Kayseri şartlarında C-2 cam tipi için referans bina ile farklı PDO değerlerine sahip binanın pencere kaynaklı güneş enerjisi değerlerinin karşılaştırılması.....	96
Şekil 4.41 Kayseri şartlarında C-2 cam tipi için referans bina ile farklı PDO değerlerine sahip binanın pencere kaynaklı kazanılan-kaybedilen ısı enerjisi ve yapay aydınlatma kaynaklı enerji değerlerinin karşılaştırılması	97
Şekil 4.42 Kayseri şartlarında C-4 cam tipi için referans binanın yük değeri ile farklı PDO değerlerine sahip binanın yük değerlerinin karşılaştırılması (bina ısıtma ve bina soğutma yükü için).....	98
Şekil 4.43 Kayseri şartlarında C-4 cam tipi için referans bina ile farklı PDO değerlerine sahip binanın pencere kaynaklı güneş ışınlm enerjisi değerlerinin karşılaştırılması.....	99

Şekil 4.44 Kayseri şartlarında C-4 cam tipi için referans bina ile farklı PDO değerlerine sahip binanın pencere kaynaklı toplam kazanılan-kaybedilen ısı enerjisi ve yapay aydınlatma kaynaklı enerji değerlerinin karşılaştırılması.....	100
---	-----



SİMGELER VE KISALTMALAR

A	Yüzey alanı	(m ²)
AK	Ağırlık Katsayısı	(-)
BEP-TR	Bina Enerji Performans-Türkiye	(-)
BIM	Building Information Modelling	(-)
d	Kalınlık	(m)
DG	Derece-Gün	(°C.gün)
DMİ	Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü	(-)
EPS	Genleştirilmiş Polistiren Sert Köpük	(-)
F	Aydınlatma hesabında kullanılan çarpan	(-)
G	Enerji Akısı	(W/m ²)
GJ	Gigajoule	(-)
GIGK	Gün Işığı Geçirgenlik Katsayısı	(-)
GIKK	Güneş Isısı Kazanç Katsayısı	(-)
h	Yükseklik	(m)
IDG	Isıtma Derece-Gün	(°C.gün)
K	Kirli	(-)
k	Isıl İletkenlik Katsayısı	(W/m.K)
lm	lümen	(-)
lx	lux	(-)
N	Normal	(-)
<i>p</i>	Net yansıtma katsayısı	(-)
<i>pD</i>	Duvar yansıtma katsayısı	(-)
PDO	Pencere duvar oranı	(-)
<i>pT</i>	Tavan yansıtma katsayısı	(-)
<i>pZ</i>	Zemin yansıtma katsayısı	(-)
SDG	Soğutma Derece-Gün	(°C.gün)
SHGC	Solar Heat Gain Coefficient	(-)
T	Temiz	(-)
TMY	Tipik Meteorolojik Yıl	(-)
U	Isı Transfer Katsayısı/Heat Transfer Coefficient	(W/m ² K)
VT	Visible Transmittance	(-)
WWR	Window to Wall Ratio	(-)

XPS	Ekstrude Polistren Sert Köpük	(-)
η	Armatür verimi	(-)
Φ	Işık akısı	(lm)

Alt İndisler

h	Yükseklik
c	Sabit aydınlık



1. GİRİŞ

Günümüzde enerjinin elde edilmesi kadar enerjiden tasarruf sağlayacak uygulamaların bilinmesi de önem kazanmıştır. Ülkemizin enerjide dışarıya bağımlılığını azaltacak önlemlerin alınması adına ülke çapında önemli araştırma çalışmalar hâlihazırda devam etmektedir. Enerjide dışarıya bağımlılığı azaltmanın bir yolu da kullanılan enerjiden mümkün olduğunca tasarruf etmektir. Ülkemizde kullanılan elektrik enerjisinin önemli bir bölümü binalar için kullanılmaktadır. Temel olarak elektrik tüketiminin, bina içi ısıtma ve soğutmanın sağlanması; bina daireleri ve koridoru yapay aydınlatma sistemleri ile aydınlatılması; bina içinde kullanılan televizyon, çamaşır makinesi, ütü, bulaşık makinası gibi elektronik araçların çalıştırılması için olduğu söylenebilir. Binanın ısıtma soğutma yükünü ve yapay aydınlatma yükünü azaltma amacıyla aşağıda belirtilen hususlar değerlendirilebilir.

- Bina yapı bileşenlerini ısı tasarrufu sağlayacak uygun kalınlıkta ve nitelikte belirlemek,
- Binaya estetik görünüş kazandıran ve doğal havalandırmaya imkân sağlayan pencerelerin, binanın bulunduğu yerin konum ve iklimsel özelliklerine göre seçilmesi,
- Bina güvenliği ve yaşama mahremiyeti sağlayacak kapı sistemlerinin, pencere sistemlerinin seçiminde olduğu gibi birtakım şartların göz önünde bulundurularak belirlenmesi,
- Bina yapay aydınlatma armatürlerinin, elektrik enerjisinden tasarruf ettirecek ve pek tabi binanın gerekli aydınlatmasını aksatmayacak şekilde seçilmesi,

Bu tez çalışmasının birinci amacı; Kayseri ve Osmaniye iklim şartlarında farklı pencere tiplerinin bina enerji performansına etkisinin araştırılması ve belirtilen yerler için uygun pencere tipinin, elde edilen bulgulara göre belirlenmesidir. İkinci amacı ise tez çalışmasında belirtilen oranlar için pencere duvar oranı (PDO) analizinin gerçekleştirilip, pencere duvar oranının bina enerji performansında ve pencere seçiminde ne kadar etkili olduğunun, bulgularla ortaya konulmasıdır.

Kayseri iklim şartlarında farklı pencere camı tipleri için yapılan analiz sonucuna göre, ısıtma yükü ve toplam yükün en fazla olduğu iki pencere tipi için pencere alanı/duvar alanı değiştirilerek bina enerji analizi yeniden yapılmıştır.

Osmaniye iklim şartlarında farklı pencere camı tipleri için yapılan analiz sonucuna göre, soğutma yükü ve toplam yükün en fazla olduğu iki pencere tipi için pencere-duvar oranı değiştirilerek bina enerji analizi yeniden yapılmıştır.

Farklı özelliklere sahip pencere tiplerinin bina enerji performansına olan etkisini incelemek ve karşılaştırmak için EnergyPlus bina enerji simülasyon programından yararlanılmıştır. EnergyPlus enerji analiz dosyası OpenStudio programı kullanılarak oluşturulmuştur. EnergyPlus programı üzerinde enerji analizini gerçekleştirmek için belirlediğimiz pencere tiplerinin ısı transfer katsayısı (U), gün ışığı geçirgenlik katsayısı (GIGK), güneş ısı kazanım katsayısı (GIKK) değerleri ayrı ayrı girilmiştir.

Her bir analizin sonunda dokuz ana başlıkta elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir:

Pencere kaynaklı toplam iletilen güneş enerjisi (GJ),
Pencere kaynaklı direkt (doğrudan) iletilen güneş enerjisi (GJ),
Pencere kaynaklı yayılı (dağınmık) iletilen güneş enerjisi (GJ),
Pencereden kaynaklı kazanılan toplam ısı enerjisi (GJ),
Pencereden kaynaklı kaybedilen toplam ısı enerjisi (GJ),
Yapay aydınlatma için harcanan elektrik enerjisi (koridor hariç) (GJ),
Bina Isıtma Yükü (GJ),
Bina Soğutma Yükü (GJ),
Bina Toplam Yükü (GJ),

Tez çalışmasının belirtilen program üzerinden yapılmasının nedenleri birkaç maddeyle şu şekilde özetlenebilir:

- a) 3D modelleme üzerinde çalışma imkânı veren bir program olması,
- b) Binayı ısıl bölgelere ayırarak incelemeye imkân vermesi,
- c) Analizi yapılmak istenin şehir veya bölgenin meteorolojik veri dosyasını, enerji analizine dâhil ederek inceleyebilme özelliği,
- d) Verileri; saatlik, aylık ve yıllık olarak alabilme özelliği,

- e) Bina yapı elemanları için kalınlık, termal iletkenlik gibi özelliklerin girilebilmesi ve hâlihazırda kütüphanesinde pek çok yapı bileşenini barındırması.

Bu tez çalışmasında, bina enerji performansını etkileyen pek çok faktörün bulunduğu anlaşılmıştır. Binaya uygun pencere tipinin belirlenmesinde pencerenin ısı transfer katsayısı (U), gün ışığı geçirgenlik katsayısı (GIGK) ve güneş ısı kazanç katsayısı (GIKK) değerlerinin haricinde iklimsel koşulların ve pencere duvar oranının da önem arz ettiği anlaşılmıştır.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bina enerji performansının iyileştirilmesine yönelik gerek ülkemizde gerekse dünya çapında yapılan araştırma ve çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalar içerisinde pencere camının bina enerji performansına olan etkisini incelenildiği pek çok çalışma da bulunmaktadır. Düzgün'ün [1] yapmış olduğu çalışmada statik ve dinamik olarak adlandırılan cam tiplerinin bina enerji performansına olan etkisi incelenmiştir. Statik cam grubunda klasik çift cam ve farklı türlerde düşük yayımlı kaplamalı camlar çalışmada yer almıştır. Dinamik cam grubunda ise farklı türlerde termokromik ve elektrokromik camlar çalışmada yer almıştır. Bu farklı cam sistemlerini kullanıldığı referans bina mahalleri üzerinden sonuçlar elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan camların sahip olduğu; U, GIGK ve GIKK değerleri ASHRAE Standardı ve CIBSE önerileri tarafından desteklenen Design Builder kütüphanesinden alınmıştır. Modelleme ve hesaplamalar için Design Builder programı, yıllık ısıtma ve soğutma yükü hesabında EnergyPlus veri tabanı kullanılmıştır. Çalışmada soğuk dönem, sıcak dönem ve yıl içi sonuçlar toplam olarak değerlendirilmiş olup, değişen cepheleri de (batı, doğu, kuzey, güney) çalışma kapsamına dâhil ederek, hangi pencere tipinin hangi koşul altında bina performansı açısından verimli ve verimsiz olduğu karşılaştırmalar eşliğinde ortaya konmuştur.

Pencere tiplerinin bina enerji performansına olan etkisini inceleyen bir diğer çalışma Ayçam ve Hasmaden [2] tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada mevcut ofis binalarında şeffaf kabuğa yönelik enerji etkin yenilemenin öneminden bahsedilmiştir. Çalışmada mevcut durum, farklı tür ve cam sayısına sahip cam tipleriyle karşılaştırılmış olup; belirlenen cam tercihinde bina enerji performansı için ne düzeyde iyileşme olup olmadığı incelenmiştir. Belirtilen çalışmada, İstanbul'da ısı performans açısından zayıf olan bir ofis binası seçilmiştir. Design Builder programı üzerinden modelleme ve hesaplamalar yapılmıştır. Pencere camlarının hepsi statik özellikteki camlar (tekli, çiftli, üçlü, düşük yayımlı, yansıtıcı vb.) olup, sahip olduğu U, GIKK ve GIGK değerleri enerji simülasyonunda kullanılmıştır.

Ülkemizde yapılan bir diğer çalışma Erdemli [3] tarafından işlevsel özelliğine göre dinamik cam tipi olan elektrokromik cam kullanılarak bina enerji performansına etkisi incelenmiştir. Çalışma DOE- 2.2 tabanlı e-Quest 3.65 yazılımı kullanılarak

gerçekleştirilmiştir. Farklı elektrokromik cam türlerinin; ısı transfer katsayısı (U), gölgeleme katsayısı, gün ışığı geçirgenlik katsayısı değerleri ASHRAE 90.1-2007 standardı baz alınarak belirlenmiştir. İklimsel özellikleri farklı 5 şehir için 8 katlı ofis tipi bir bina üzerinde enerji analizi yapıp, sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Yaman'ın [4] yapmış olduğu çalışmada bina cepheleri pencere duvar oranı ve pencerenin sahip olduğu özellikler dikkate alınarak, bu iki parametrenin bina ısı performansına etkisi incelenmiştir. Bina ısı performans hesaplamalarında TS 825'de yer alan hesaplama yöntemi kullanılmıştır. Bina cepheleri pencere duvar oranı %10 ve %100 aralığında %10'ar artış gösteren yüzdelerde seçilerek, toplam 10 pencere duvar oranı için inceleme yapılmıştır. Bir diğer parametre olan pencere sisteminde ise farklı termofiziksel özelliklere sahip (tek cam, çift cam, düşük yayımlı kaplamalı çift cam vb.) statik işlevli cam tipleri seçilmiştir. Pencere çerçeve ve doğramalarında farklı özelliğe sahip (ahşap, PVC, alüminyum doğrama vb.) çerçeve ve doğrama tipleri seçilmiştir. İlgili parametre içerikleri için çeşitli kombinasyonlar yapılarak, bina enerji performansına olan etkileri incelenmiştir.

Dünya çapında farklı pencere tiplerinin bina enerji performansına olan etkisinin incelendiği bir diğer çalışma, Reynisson [5] tarafından yapılan bir çalışmadır. Çalışma İsveç merkezli, farklı ülkelere ait şehirler için yapılan bir enerji simülasyon çalışmasıdır. Enerji simülasyon modelleme ve hesapları, IDA ICE yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Çalışmada dinamik işlevli camlar ile çeşitli cam kombinasyonlarının bina enerji performansına olan etkisi incelenmiştir. İki adet düşük yayımlı kaplamalı şeffaf camların arasına bir adet şeffaf cam konularak sağlanan cam kombinasyonu, iki adet düşük yayımlı kaplamalı şeffaf camın arasına yerleştirilen bir adet düşük demir oranlı cam kombinasyonu vb. Şekilde beş adet farklı özellikteki cam kombinasyonu ilgili çalışmada kullanılmıştır.

Persson'un [6] konut tipini referans çalışma alanı seçerek yapmış olduğu incelemede, dinamik işlevli cam türlerinden elektrokromik ve gazlı kromik nitelikli camlar ile kaplamasız şeffaf cam, düşük yayımlı kaplamalı cam ve bunların ikili ve üçlü kombine edilmiş camlar, DEROB programında kullanılarak bina enerji performanslarına olan etkileri incelenmiştir. Çalışma İsveç'te gerçekleşmiş olup ilgili referans bina, IEA SHCP esaslarına dayanarak oluşturulmuştur.

Yang vd. [7] tarafından Çin'de gerçekleştirilen çalışmada; Çin'in Changqing, Shanghai ve Wuhan yerleşim yeri şartlarında farklı pencere camı ve farklı pencere duvar alanı oranı için bina enerji performansı incelemesi yapılmıştır. Çalışmaya yönelik belirlenen camlar, şeffaf özellikli çift cam ve düşük yayımlı kaplamalı çift camdır. Bina konut tipi yerleşim alanı olup, pencere duvar oranları 0.1,0.2,0.3....0.9 aralıklarında seçilmiştir. İlgili çalışmada 3 farklı klima çalışma modu belirlenmiştir. İlk iki mod; pazartesi-cuma günleri arası ayrı cumartesi-pazar günleri arası ayrı olacak şekilde farklı klima çalışma saat aralıklarına sahiptir. Üçüncü mod ise klimanın, haftanın günleri fark etmeksizin 24 saat çalışmış olduğu moddur. Çalışma için kullanılan program DeST'dir. Çin'de Tusinghva Üniversitesi tarafından geliştirilmiş, yıllık-saatlik ve dinamik yönlü bir enerji simülasyon programdır. Belirtilen parametrelerce enerji simülasyonu gerçekleştirilip, bina enerji performansına ve bina iç yaşam konforuna etkisi ortaya konulmuştur.

Bhardari ve Tadepalli'nin [8] Hindistan'ın Rajasthan eyaletinin, Jaipur şehrinin iklimi şartları dâhilinde, pencere sistemlerinin binanın enerji performansına olan etkisinin incelendiği bir çalışması vardır. Bina enerji analizini gerçekleştirmek için Grasshopper'da önceden tanımlanmış bina modeli verileriyle basitleştirilmiş bir BIM çalışması yapılmıştır. İlgili bina tipi sabah 09.00, akşam 06.00 arasında faaliyet gösteren bir ofistir. Bina yapı ve içerik parametreleri için birkaç standarttan yararlanılmıştır. Duvar, çatı ve zeminin ısı transfer katsayı değeri (U) için ECBC 2017, duvar, tavan, zemin, gölgeleme elemanı yansıtma için ECBC 2017, sızıntı değeri için ASHRAE 2009, aydınlatma ve insan kaynaklı iç kazanç yükleri için NBC 2016 standartlarından yararlanılmıştır. Çalışmada 2 pencere tipi seçilmiş olup, pencerelerden birinde gölgeleme elemanı yok, diğerinde ise yumurta sandığı tipi gölgeleme elemanı mevcuttur. Gölgeleme elemanı olmayan pencere tipinin cam özellikleri yüksek performans getirisi sağlayacak ısı transfer katsayısı, GIKK ve GIGK değerlerindedir. Gölgeleme elemanına sahip diğer pencere tipinde düşük ısı performans sergiletecek ısı transfer katsayısı, GIKK ve GIGK değerleri bulunmaktadır. PDO incelemesinde, %5 artış olacak şekilde %5-%40 arası oranlar ele alınmıştır. Genel itibariyle pencere camı, pencere gölgeleme elemanı ve pencere/duvar alanlarının ilgili coğrafyada, bina enerji performansına olan etkisi analiz edilip karşılaştırılmıştır.

Liu, vd. [9] gerçekleştirmiş olduğu çalışmada; belirlenen çalışma alanı içerisinde PDO değerlerindeki artış ve azalışın toplam enerji tüketimine (kWh), ısıtma yüküne (kWh), klima için enerji tüketimine (kWh) ve iç mekan yapay aydınlatmasından kaynaklı elektrik enerjisi (kWh) tüketimine olan etkisi analiz edilmiştir. Çalışmada hem teorik sayısal hesaplama yapılmış hem de e-QUEST3-65 enerji simülasyonu programı üzerinden yıllık bazda sonuçlar elde edilmiştir. Çalışmada standart bir pencere camı ve tek çalışma bölgesi seçilerek, veriler elde edilmiştir. PDO değeri olarak toplam 8 adet oran belirlenmiştir. Bu oranlar: 0.10, 0.20, 0.30, 0.40, 0.51, 0.61, 0.71, 0.81'dir. Belirlenen PDO oranları kullanılarak, teorik sayısal hesap sonuçları ve enerji simülasyonundan veriler sağlanmıştır. Bulunuş yöntemleri farklı olan veriler kendi içinde mukayese edilip bağıl hata oranları hesaplanmıştır. Bu bağıl hatalarda, PDO değerindeki artış ve azalışa göre ne düzeyde değişim gösterdiğine bakılmıştır.

Yılmaz'ın [10] Konya ve Erzincan iklim şartları için apartman dış kısmına uygulanan ısı yalıtımının bina enerji performansına etkisini inceleyen çalışması bulunmaktadır. Bu çalışmada Konya şartları için 3 durum, Erzincan şartları için 7 durum olmak üzere toplam 10 adet durum incelemesi mevcuttur. 7 durum incelemesi Konya'nın Selçuklu ilçesine yönelik, 3 durum incelemesi Erzincan il merkezine yönelik olmuştur. Çalışmada B ve C enerji sınıfına sahip EPS, B enerji sınıfına sahip XPS ısı yalıtım malzemesi kullanılmıştır. Erzincan şartlarında ısı yalıtım etkilerinin incelendiği duvar kalınlığı 19 cm, Konya şartlarında ısı yalıtım etkilerinin incelendiği duvar kalınlığı 20 cm olarak belirlenmiştir. Bu duvarda kullanılacak EPS malzemesinin kalınlığı 4 cm, 5 cm ve 6 cm olarak 3 farklı kalınlık değerinde; XPS malzemesinin kalınlığı 4 cm ve 5 cm olarak 2 farklı kalınlıkta seçilmiştir. 10 durum için toplam ısı kaybı (kWh) ve ısıtma yükü (kWh) bulunmuş olup, standartlarda olması gereken ısıtma yükü (kWh) ile karşılaştırılmıştır. Bina enerji performansına yönelik hesaplamalar sayısal olarak yapılmış, incelenen tüm durumlar için termal kameradan görüntüler kaydedilmiştir.

Koç'un [11] yapmış olduğu çalışmada gölgeleme elemanlarının bina enerji performansına etkisi incelenmiştir. Çalışmada saçak, kafes, kafes + yatay panjur, yatay panjur ve dikey panjur olmak üzere 5 farklı sabit dış gölgeleme elemanı kullanılmıştır. Çalışma Design Builder programı üzerinden yürütülmüş olup;

gölgeleme elemanının derinlik, eğim, yönlenme, saydamlık oranı için 1485 adet senaryo incelenmiştir. Analizde bina için ısıtma enerjisi tüketimi (kWh), soğutma enerjisi tüketimi (kWh), aydınlatma enerjisi tüketimi (kWh), yıllık toplam birincil enerji tüketimi (kWh) bulunmuştur. Elde edilen bilgiler ışığında gölgeleme elemanlarının tasarımında hangi etkin önlemlerin alınması gerektiğine dair yol gösterilmiştir.

Balıkçı'nın [12] çalışması konut tipi bir binanın, cephe boşluk-doluluk oranlarının bina enerji performansına olan etkisinin incelenmesi üzerinedir. Çalışma Design Builder programı üzerinden İstanbul, Antalya ve Erzurum'a ait iklim verileri dâhilinde cephe boşluk-doluluk oranları %15, %30 ve %40 için çalışma yürütülmüştür. Modellenen binanın ısıtılması için performans katsayısı 0.93 olan sıcak su kazanlı radyatör ısıtmalı sistem tercih edilmişken, binanın soğutulması için 3.67 performans katsayılı klima sistemi ile elektrik enerjisinin kullanılması tercih edilmiştir. Model binanın yaz döneminde soğutma, kış döneminde ısıtma için veriler programa aktarılmıştır. Bu veriler ASHRAE-55, ASHRAE-62.1, ASRAE 90.1 ve ASRAE 90.2 kış ve yaz dönemi kullanıcı iç ortam konforuna yönelik alınmış esaslardır. Enerji analizi öncesi birtakım parametreler çalışmacı tarafından belirlenmiştir. Bu parametreler temel olarak kütleli ve yapısal tasarım parametreleri olarak ifade edilebilir. Kütleli tasarım parametrelerinin alt başlıkları; bina formu, bina kat sayısı, cephe doluluk oranı, bina yönelimidir. Yapısal tasarım parametrelerinin alt başlıkları; yalıtım katmanı, havalandırma boşluğu genişliği ve cephe kaplama malzemesi kalınlığıdır. İlgili parametrelerce oluşan durumlar üzerinden bina enerji performans analizi yapılmış olup, sonuçlar değerlendirilmiştir. Okumuş'un [13], bina enerji performans incelemesi yurt içindeki ve yurt dışındaki yaşlı evlerinin konfor standartları incelenerek, en iyi performans oluşturacak yüksek performanslı pencere türünün belirlenmesi üzerinedir. Enerji tüketim hesabı için DOE-2.2 tabanlı e-QUEST enerji modellemesi yazılımı, gün ışığı hesaplaması için Autodesk Ecotect Analysis ve Dektap Radiance yazılımları kullanılmıştır. Bina enerji tüketimine yönelik karşılaştırmalarda TS 825'te yer alan verilerden yararlanılmıştır. Çalışma için belirlenen mahal model binanın güneşe en fazla maruz kalan güneybatı cephesidir. Mahalin ısı performans hesaplamasında, pencerelerin ısı geçirgenlik ve gölgeleme katsayıları kullanılırken, doğal aydınlatma hesabında

görünür gün ışığı geçirgenlik katsayıları kullanılmıştır. Analiz sonucu elde edilen veriler bina yıllık tüketim enerjisi, bina yıllık gaz sarfiyatı ve karbon salınımidir. Elde edilen veriler karşılaştırılarak yaşlı evleri için performansı en yüksek cam tipi belirlenmiştir.

Yıldırım vd. [14] tarafından gerçekleştirilen çalışmanın amacı, İzmir şartlarında içinde 4 kişinin yaşadığı 100 m²'lik müstakil bir ev için uygun ısı konforların sağlandığı çalışma rejimlerinin saptanmasıdır. Çalışma, 5 farklı HVAC çalışma sistemi için enerji tüketim değerlerinin belirlenip, karşılaştırılması suretiyle yapılmıştır. Analiz, EnergyPlus bina enerji simülasyon programı kullanılarak, aylık bazda veriler elde edilmiştir. Çalışma hesaplarında, aydınlatma kaynaklı ve sıcak su kaynaklı enerji tüketimi dikkate alınmamış olup, ısıtma ve soğutma enerji tüketimi dikkate alınmıştır. Isıtma ve soğutma periyotları hafta içi ve hafta sonu farklı saatler için belirlenmiş olup, insan kaynaklı iç kazançlar için de ayrı bir periyot kabulü oluşturulmuştur. Evde ısıtma sistemi olarak doğalgaz yakıtlı kazan ve sıcak sulu radyatör sistemi, soğutma sistemi olarak klima kullanımı ön görülmüştür. Belirtilen il şartları için bulunan değerlerin karşılaştırılması yapıp, ısı konfor şartları için en uygun çalışma sistemi belirlenmiştir.

Saraç'ın [15] yürüttüğü çalışmanın amacı, Türkiye'de uygulanmakta olan 12 derslik tip okul binasının TS 825 'in belirlediği 4 ısı bölgesi için BEP-TR programı kullanılarak enerji tüketimlerini hesaplamaktır. 1. ısı bölgeden Antalya, 2.ısı bölgeden Bursa, 3. ısı bölgeden Elazığ, 4. ısı bölgeden Kars illeri için gerçekleştirilen analiz sonuçları kWh/yıl birimince toplam tüketilen enerjinin yanında ısıtma, sıhhi sıcak su, soğutma, havalandırma ve aydınlatma için enerji değerleridir. Ayrıca CO₂/m² birimince karbondioksit salınımı da hesaplanan değerler arasındadır. Mevcut durumdaki derslikler için bulunan sonuçların bina enerji performansı karşılaştırması yapılmış ve bu ısı bölgedeki dersliklere ısı performansı açısından önerilerde bulunulmuştur.

Elhuveydi ve Oral'ın [16] yürütmüş olduğu çalışmada, Bitlis ili Rahva yerleşkesinde bulunan Bitlis Eren Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi hizmet binası temel çalışma alanı seçilmiştir. Bina 2 adet bodrum kat, 1 adet zemin kat ve 3 adet normal kattan oluşmaktadır. Bina performans incelemesi 2 yöntem üzerinden gerçekleştirilmiştir.

Bunlardan ilki, enerji tüketimini belirlemek üzere birtakım sayısal hesaplar yapılmıştır. İkincisinde ise -20 °C ile +250 °C sıcaklık aralığı için çalışan termal kamera yardımıyla görüntüleme çalışmaları yapılmıştır. Bina modelinde kullanılan malzemelere ilişkin bazı atamalar yapılmıştır. Örneğin, pencereler plastik doğramalı çift cam seçilmiş, bina yapı elemanlarından açık hava temaslı ve toprak temaslı olanlar belirlenmiş, bina yüzeylerine dair alan ve U değerleri verilmiştir. Sayısal hesaplamalarda $W/^{\circ}C$ birimince toplam özgül ısı kaybı, kWh birimince yıllık ısıtma enerjisi, kWh/m^2 birimince kullanım alanı başına ısıtma enerjisi değerleri hesaplanmıştır. İlgili bina için 2017-2018 döneminde ısıtma ihtiyacının kömür yakıtından, 2018-2019 dönemi için doğalgaz yakıtından sağlandığı 2 ayrı yakıt seçimi üzerinden çalışmalar sürdürülmüştür. Çalışma sonucunda elde edilen veriler ışığında perde, tavan, döşeme, kapı, tuğla duvar, pencere ve kolon-kiriş için ısıt kayıplar bulunmuş ve karşılaştırılmıştır.

Yaka vd. [17] yürütmüş olduğu çalışmanın içeriği Türkiye'nin farklı iklimsel bölgelerinde yer alan İstanbul, Ankara, Antalya ve Erzurum illerinde inşa edilen bir binanın enerji performans kimliğinin tespit edilip, sonuçların karşılaştırılmasına yöneliktir. Bina incelemeleri, Çevre ve Şehircilik Bakanlığına ait BEP-TR programı kullanılmıştır. Binanın enerji kimliğinin belirlenmesinde; ısıtma, sıhhi sıcak su, soğutma, havalandırma, aydınlatma ve sera gazı salınımı hesaba katılarak kWh birimince yıllık nihai tüketim değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen veriler doğrultusunda İstanbul, Ankara ve Erzurum şartlarındaki binanın C sınıf, Antalya şartlarındaki binanın D sınıf enerji kimlik belgesine sahip olduğu belirlenmiştir.

3. MALZEME VE YÖNTEM

Bu tez çalışmasında Kayseri ve Osmaniye iklim şartlarında, farklı özelliklere sahip pencere camı türleri kullanılarak bina enerji performansına etkisi incelenmiştir. Tez çalışmasında EnergyPlus bina enerji simülasyon programından yararlanılmıştır.. İki farklı iklim bölgesinde yer alan Kayseri ve Osmaniye illerinde, farklı pencere tipleri kullanılarak yapılan enerji simülasyonu sonuçları OpenStudio aracılığı ile görüntülenmiştir.

3.1 Enerji Simülasyonu ve EnergyPlus

Karmaşık bir sistemin basitleştirilmiş bir modelini oluşturarak, gerçekte sistemin davranışlarını tahmin etmek ve bir fikir sahibi olmak amacıyla yapılan işleme simülasyon denir. Simülasyon; kısmen önemsiz sayılabilecekler gözardı edilerek, gerçekte olabilecekleri doğruya yakın şekilde tahmin edilmesini sağlayan bir model geliştirmektir [18].

BEP-TR yönetmeliğine göre belirlenen birçok bina tipi bulunmaktadır. Bunlar: müstakil konutlar, apartmanlar, rezidanslar, ofisler, eğitim binaları, oteller, hastane, alışveriş merkezleridir. Binanın enerji dengesinin izahında, bina seviyesinde net enerji ve sistem seviyesinde net enerji başlıkları adı altında yapılan incelemelerden yararlanılır. Binanın ısıtılması ve soğutulması için net enerji ihtiyacı, bina sistemlerinin (apartman, ofis, otel vb.) enerji dengesi için oluşturulması için bir veri oluşturur [19]. Aşağıda enerji dengesi için bilinmesi gerekenler sıralanmıştır:

- İklimlendirilen mekan ile dış ortam arasında gerçekleşen ısı transferi (iletim, taşınım)
- Havalandırma boşlukları ve çatlaklardan kaynaklı ısı geçişi,
- İklimlendirme yapılan bir bölgeye bitişik olan ve iklimlendirme yapılmayan bölge arasında iletim, taşınım ve havalandırma yoluyla ısı geçişi,
- Mekan içinde barınan kişilerden, cihazlardan (bilgisayar, televizyon vb.), aydınlatma armatürleri ve sıcak su sistemlerinden yayılan ve soğurulan ısının belirlenmesi,
- Sistemin belirli bir asgari sıcaklıkta kalması için ısıtma ve soğutma için enerji ihtiyacının belirlenmesi,

- Pencere camından doğrudan ve/veya opak bileşenlerinden dolaylı olarak kazanılan ısılarının belirlenmesi,
- Binanın ısı kütlesinin ısıyı depolaması ve depolanan ısıyı salması özelliği [19].

Günümüzde yaygın olarak kullanılan enerji simülasyon programları; ECOTECT, Energy-10, e-QUEST, EnergyPlus, Esp-r, TRNSYS'dir. Enerji simülasyonu gerçekleştirmek için izlenecek adımlar aşağıda verilmiştir:

- Problemin gereklerinin belirlenmesi,
- Beklentiyi karşılayacak simülasyon programının belirlenmesi,
- Gerçeğe olabildiğince en uygun şekilde simülasyon modelinin belirlenmesi,
- Modelin kalibrasyonu,
- İlgili koşulların seçilmesi (iklim veya şehir bilgisi, iç ortam konfor koşulları),
- Belirlenen değişkenlerin ve sabit özelliklerin, simülasyon programına girilmesi,
- Sonuçların elde edilmesi ve yorumlanması [18].

EnergyPlus, yukarıda bahsi geçen bina enerji simülasyon programlarından daha çok artıya sahiptir. Ancak halen, simüle edilecek tasarımın başında, pek çok bilgiyi varsaymak zorunda bırakan bir programdır. EnergyPlus programının sağladığı artı özellikler şu şekilde sıralanabilir:

- Bina yapı kabuğunun modellenmesi,
- Alternatif malzemeler seçilerek, bunların performans analizine dahil edilmesi,
- Bina ısıtma ve soğutma yüklerinin analizi,
- Mimari çözüm alternatiflerinin modellenmesi (pencere, gölgeleme elemanı, kapı vb.)
- Hava akış simülasyonu,
- HVAC sistem tasarımını mümkün kılması,
- Gün ışığı ve aydınlık düzeylerine ilişkin modelleme ve analizi [18].

3.2 İklim Verileri

TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standartında yapılan güncellemeler neticesinde, Türkiye'de derece-gün (DG) sistemine göre ayrılan bölge sayısı dörtten

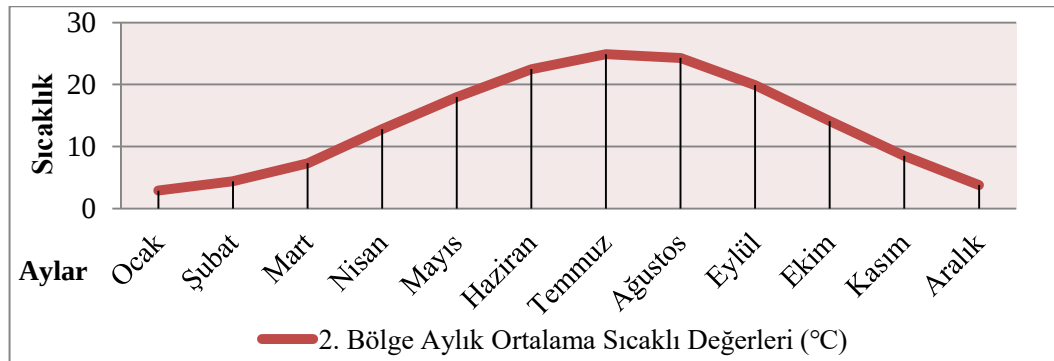
beşe yükselmiştir. Bu derece-gün (DG) sistemine göre Osmaniye 2. bölgede, Kayseri 4. bölgede yer almaktadır [20].

BEP-TR yönetmeliğine göre bir ilin hem ısıtma hem de soğutma parametreleri birlikte değerlendirilmelidir. Bu nedenle Kayseri ve Osmaniye iline ait ısıtma derece-gün ve soğutma derece gün verileri beraber incelenmelidir. Isıtma derece-gün (IDG) hesabında ısıtma dönemi eşik sıcaklığı olan 18 °C ve ile ait günlük ortalama dış sıcaklık verisi kullanılmaktadır. Soğutma derece-gün (SDG) hesabında soğutma dönemi eşik sıcaklığı olan 22 °C derece ve ile ait günlük ortalama dış sıcaklık verisi kullanılmaktadır [21].

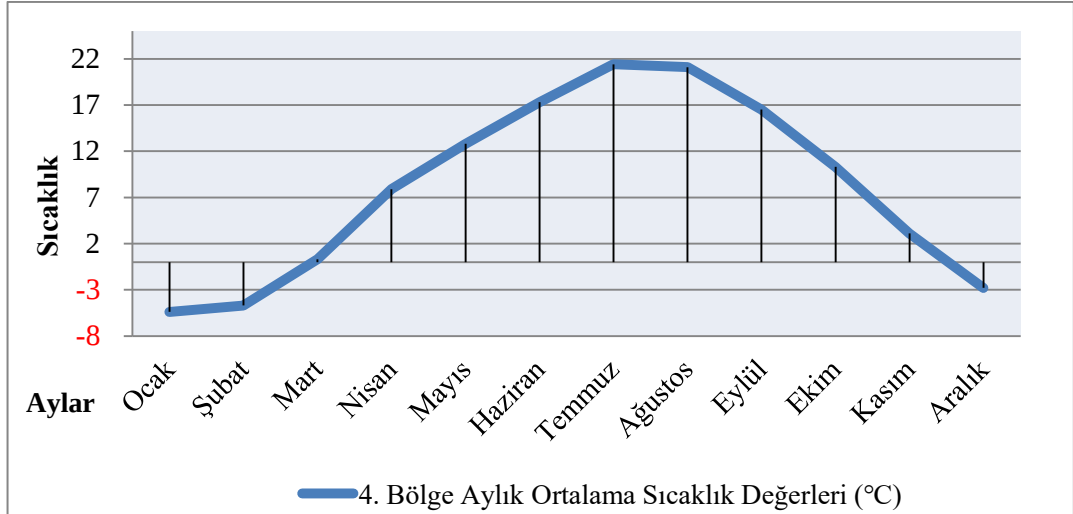
Çizelge 3.1 Kayseri ve Osmaniye illerinin IDG ve SDG değerleri [21]

İller	IDG	SDG
Kayseri	3005.3	40
Osmaniye	1103.7	584.2

IDG, 24 saatlik periyodun ne kadarının soğuk geçtiğini ölçmeye yarayan bir sistemdir. SDG ise 24 saatlik periyodun ne kadarının sıcak geçtiğini ölçmeye yarayan bir sistemdir. IDG ve SDG değerlerinin bilinmesi, binanın ısıtılması ve soğutulması için gerekli olan enerji gereksiniminin hesaplanması açısından önemlidir. Kayseri ve Osmaniye'nin bulunduğu derece-gün bölgelerinin aylara göre ortalama sıcaklık değerleri farklıdır. Şekil 3.1 ve Şekil 3.2'de ilgili iki ayrı derece-gün bölgesinin aylık ortalama sıcaklık değerleri verilmiştir. İlgili şekillerde 2. bölgedeki iller için hiçbir ayın ortalama sıcaklığı 0 °C'nin altına düşmediği görülmektedir. Buna karşılık 4. bölgedeki iller için belirtilen iki ayın ortalama sıcaklığının 0 °C'nin altına düştüğü görülmektedir.



Şekil 3.1 2. Bölgeye ait aylık ortalama sıcaklık değerleri [20]



Şekil 3.2 4. Bölgeye ait aylık ortalama sıcaklık değerleri [20]

3.3 İklim Bölgeleri ve İller

Türkiye'nin üç tarafının denizlerle çevrili olması, dağların uzanışı, yeryüzü şekillerinin çeşitlilik göstermesi farklı özellikte iklim tiplerinin doğmasına neden olmuştur. Türkiye genelinde genel olarak 4 tip iklim vardır. Bunlar: Karasal İklim, Akdeniz İklimi, Marmara (geçiş) İklimi ve Karadeniz İklimi'dir. Karasal İklim de kendi içinde Güneydoğu Anadolu Karasal İklimi, Doğu Anadolu Karasal İklimi, İç Anadolu Karasal İklimi ve Trakya Karasal İklimi olarak dörde ayrılmaktadır [22].



Şekil 3.3 Türkiye iklim haritası [23]

Şekil 3.3'te verilen grafiğe göre mavi okla gösterilen Kayseri ilinde İç Anadolu Karasal İklimi, yeşil okla gösterilen Osmaniye'de Akdeniz iklimi etkili olmaktadır. İç Anadolu Karasal İklim Bölgesi'nde yazları biraz sıcaktır, kışları soğuktur. Soğğun şiddeti Orta Anadolu'nun doğu kısmına doğru artmaktadır. Kayseri gibi Ankara, Konya, Nevşehir ve Sivas illeri de bu iklim bölgesi içindedir. Akdeniz İklim Bölgesi'nde yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı geçmektedir. Yüksek kesimlerde kışlar karlı ve geçmektedir. Osmaniye gibi Antalya, Mersin, Adana ve Kilis illeri de bu iklim bölgesi içindedir [22].

3.4 Enerji Simülasyonunda Kullanılan Meteoroloji Verileri

Enerji simülasyonunda Osmaniye ve Kayseri için EnergyPlus'ın sunduğu tipik meteorolojik yıl verileri (TMY) ve enlem, boylam vb. özellikler içeren veriler kullanılmıştır. İller için enerji simülasyon programının kullandığı birtakım coğrafi veriler Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2 Kayseri ve Osmaniye için belirlenmiş birtakım coğrafi veriler

	Enlem (°)	Boylam (°)	Rakım (m)	Zaman Dilimi
Kayseri	38.8166	35.4333	1054	2
Osmaniye	37.1	36.25	94	3

3.4.1 TMY (Tipik Meteorolojik Yıl) Sistematığı

TMY, bina enerji simülasyonunda yıllık enerji ihtiyacının belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Yurtiçinde ve yurtdışında, TMY konusunda pek çok çalışma bulunmaktadır. TMY genel olarak bölgenin iklim özelliklerini iyi şekilde temsil eden bir veri bütününün oluşturulması amacıyla geliştirilmiştir. Bu yöntem farklı yıllar içerisinde, uzun dönemdeki aylık iklim özelliklerini en iyi gösteren ayların belirlenip, en iyi ayların birleştirilmesi esasına dayanan bir yöntemdir [24].

Literatürde, TMY hesabında kullanılan çeşitli AK (ağırlık katsayıları) vardır. Türkiye'de yürütülen bir TMY çalışmasında, TMY hesabında kullanılan AK değerleri ve parametre isimleri Çizelge 3.3'te verilmiştir [24].

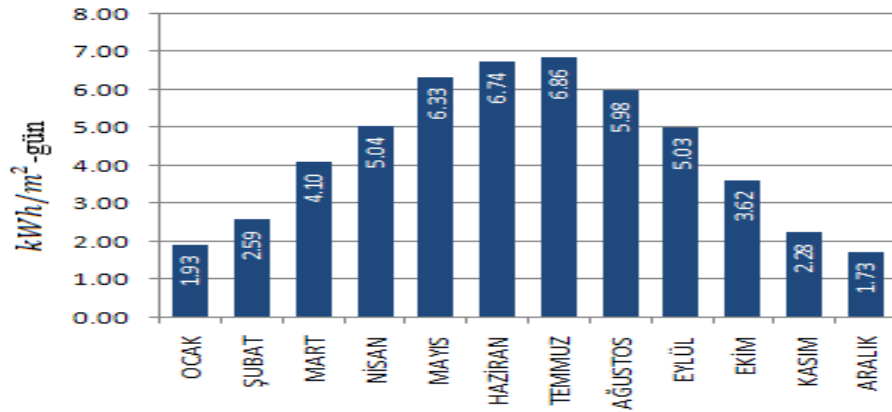
Çizelge 3.3 TMY hesabında kullanılan parametre isimleri ve AK değerleri [24]

Parametreler	AK
Maksimum kuru termometre sıcaklığı	5/100
Minimum kuru termometre sıcaklığı	5/100
Ortalama kuru termometre sıcaklığı	30/100
Maksimum rüzgâr hızı	5/100
Ortalama rüzgâr hızı	5/100
Toplam güneş ışıması	40/100
Bağıl nem	10/100

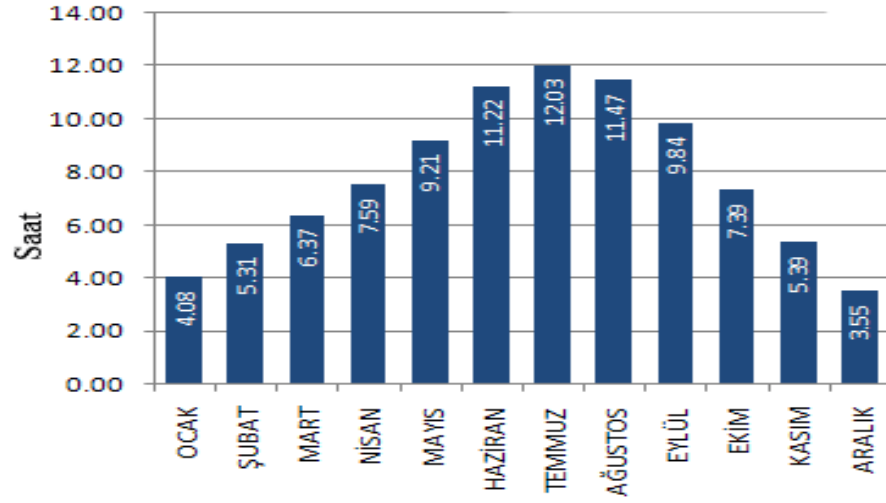
TMY hesabında kullanılan meteorolojik veriler DMİ'den (Devlet Meteoroloji İşleri) alınmaktadır. İlgili parametreler için AK değerleri kullanılarak, 12 ay için farklı yıllar kullanılarak en iyi ay belirlenmektedir [24].

3.5 Kayseri ve Osmaniye İllerinin Güneş Enerjisi Potansiyeli

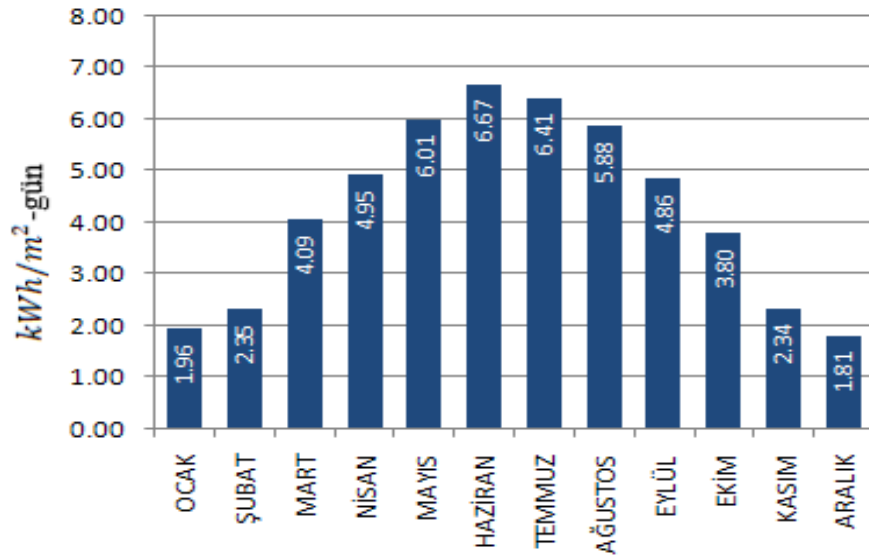
Şekil 3.5 ve Şekil 3.7'de verilen aylara göre güneşlenme süreleri karşılaştırıldığında; Osmaniye için ölçüm verilerinin, nerdeyse tüm aylarda Kayseri için ölçüm verilerinin ilerisinde olduğu görülmektedir. Yıllık güneşlenme süreleri farkı 222 dakika'dır. Şekil 3.4 ve Şekil 3.6'da verilen grafiğe göre ocak, aralık, kasım ve ekim ayları hariç, Kayseri şartlarında aylara göre günlük kürsel güneş ışıması değeri Osmaniye şartlarındaki verilere kıyasla daha yüksektir. Belirtilen ayların dışında kalan aylar içinse durum tam tersidir [25].



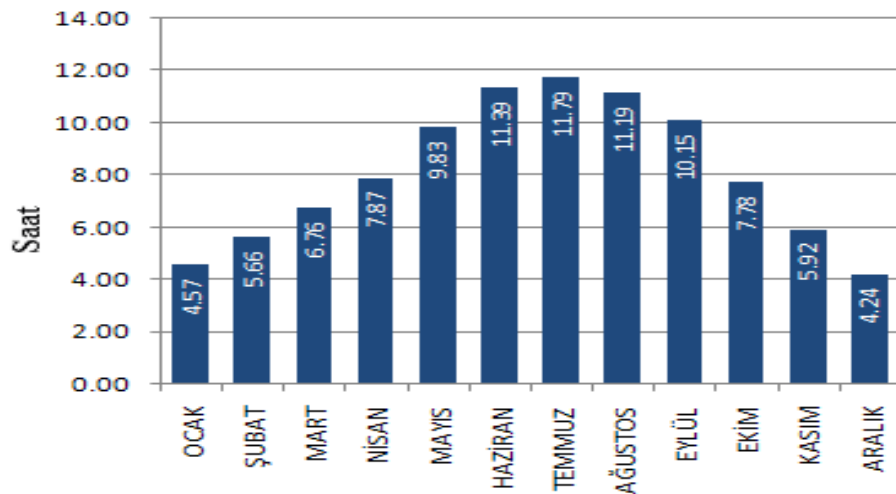
Şekil 3.4 Kayseri şartlarında aylara göre kürsel ışıma değerleri (kWh/m²-gün) [25]



Şekil 3.5 Kayseri şartları için aylara göre saat cinsinden güneşlenme süreleri [25]



Şekil 3.6 Osmaniye şartları için aylara göre küresel ışıınım değerleri [25]



Şekil 3.7 Osmaniye şartları için aylara göre saat cinsinden güneşlenme süreleri [25]

3.6 Isıl Denge Metodu

Dünya genelinde var olan bina enerji performansı belirleme metodları; ya ulusal mevzuatın velirlediği standartlar ya da sektörel ve akademik inceleme, çalışmalar neticesinde oluşturulan ASHRAE ve CIBSE vb. gibi yaklaşımlarla geliştirilmektedir. TS 825 ısıl denge metodunda, ısıtma ve soğutma yükleri toplam olarak yıllık bazda hesap edildiğinden bu yöntem statik bir metottur. CIBSE ve ASHRAE yaklaşımıyla ısıtma ve soğutma yükleri saatlik olarak bulunur. CIBSE yaklaşımında iç kazançlar, ışıınım-taşıınım olarak belirli oranlarda (2/3 ışıınım ve 1/3 taşıınım) incelenmektedir. Bu durum, CIBSE yönteminin önemli bir dezavantajı olan soğutma yükerinde yüksek, ısıtma yüklerinde düşük tahminlerin yapılmasına yol açmaktadır [26].

3.6.1 Ashrae Isıl Denge Metodu

Ashrae Isıl Denge Metodu, güneşten sağlanan kazançların ve iç kazançların detaylı bir şekilde hesaplanması, iç yüzey sıcaklıklarının ayrı ayrı tanımlanması, doğal havalandırma, gölgelendirme, HVAC ekipmanları ve ısıl kütlenin dahil edilmesi ile gerçeğe en yakın sonuçlar veren bir ısıl denge metodu olmuştur. [26]. Bu ısıl denge metodu gereğince geliştirilen denklemler, Denklem 3.1, Denklem 3.2, Denklem 3.3 ve Denklem 3.4'te verilmiştir. Ashrae ısıl denge metodu direnç şeması Şekil 3.8'de gösterilmiştir.

Duvar-dış yüzey için ısıl denge denklemi:

$$Q_{güneş} + Q_{uzun\ dalga} + Q_{dış\ taşıınım} - Q_{iletim,dış} = 0, \quad (3.1)$$

Denklem 3.1'de güneşten sağlanan kazanç ile uzun dalga ışıınım enerjisi kazancı ayrı şekilde yer almıştır. Binanın dış tarafındaki duvar ile dış yüzey arasında gerçekleşen ısıl dengede; güneşten sağlanan iki ayrı kazanç ($Q_{güneş}$ ve $Q_{uzun\ dalga}$) dış ortamdan taşıınım yoluyla sağlanan kazanç ($Q_{dış\ taşıınım}$) ve iletim yoluyla dış ortama verilen ısı enerjisi ($Q_{iletim,dış}$) sifıra eşitlenerek bir ısıl denge denklemi elde edilmiştir.

Duvar için ısıl denge denklemi:

$$Q_{iletim,dış} - Q_{depo,yüzey} - Q_{iletim,iç} = 0, \quad (3.2)$$

Duvara dışardan iletimle sağlanan ısı enerjisini ($Q_{iletim,dış}$), duvarda ısı aktarımı esnasında depolanan ısı enerjisini ($Q_{depo,yüzey}$), duvardan iletimle iç ortama transfer edilen ısı enerjisini ($Q_{iletim,iç}$) sıfıra eşitleyerek bir ısıl denge denklemi elde edilmiştir.

Duvar ile iç yüzey arasındaki ısıl denge denklemi:

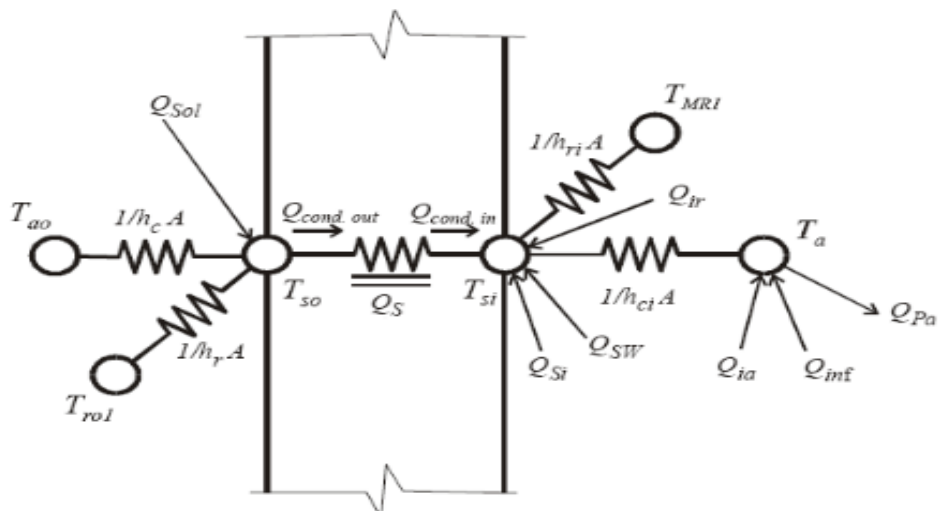
$$Q_{bileşen,iç} + Q_{ışınım,yansım} + Q_{aydınlatma} + Q_{uzun dalga,yansım} - Q_{taşınım,iç} + Q_{iletim,iç} = 0, \quad (3.3)$$

Denklem 3.3'te gösterildiği gibi iç yüzeyin ısıl dengesi; iç bileşenlerin ışınım kazancı ($Q_{bileşen,iç}$), yansım sonucu gerçekleşen güneş kazancı ($Q_{ışınım,yansım}$ ve $Q_{uzun dalga,yansım}$), aydınlatmadan sağlanan kazanç ($Q_{aydınlatma}$), iletim yoluyla sağlanan kazanç ($Q_{iletim,iç}$), taşınım yoluyla kaybedilen ısıl enerjisi ($Q_{taşınım,iç}$) dikkate alınarak oluşturulmuştur.

İç ortamda hava için ısıl denge denklemi:

$$Q_{taşınım,iç} + Q_{hava,iç} + Q_{sızıntı} + Q_{HVAC} = 0, \quad (3.4)$$

Denklem 3.4 'te verilen iç ortamda hava için oluşturulan ısıl denge denkleminde; iç ortama taşınım ile ısı transferi ($Q_{taşınım,iç}$), iç ortam havadan kaynaklı ısıl yük ($Q_{hava,iç}$), sızdırıcı yüzeylerden sağlanan ısı enerjisi ($Q_{sızıntı}$) ve HVAC kaynaklı sistem ısı enerjisi (Q_{HVAC}) katkıları vardır [26].



Şekil 3.8 Ashrae Isıl Denge Metodu Direnç Şeması [26]

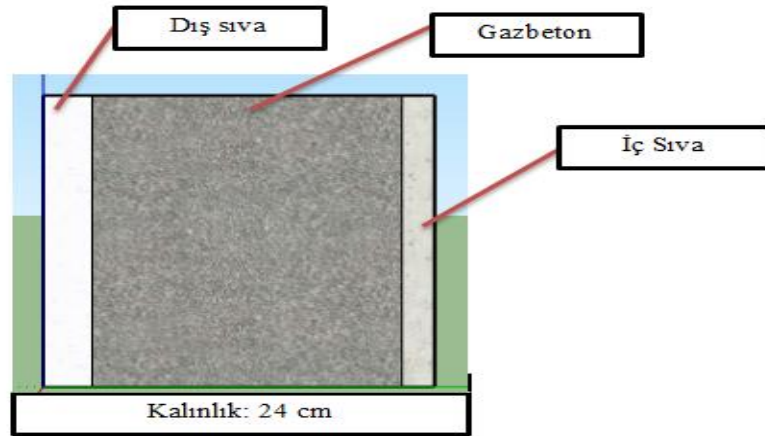
Ashrae Isıl Denge Metodunda, verilen dört denklem eş zamanlı olarak çözümlenmelidir. Hem eş zamanlı hem de saatlik hesaplama gerekliliğinden bu metodun uygulanması özel yazılım kullanmayı zorunlu kılmaktadır [26].

3.7 Bina Modeli

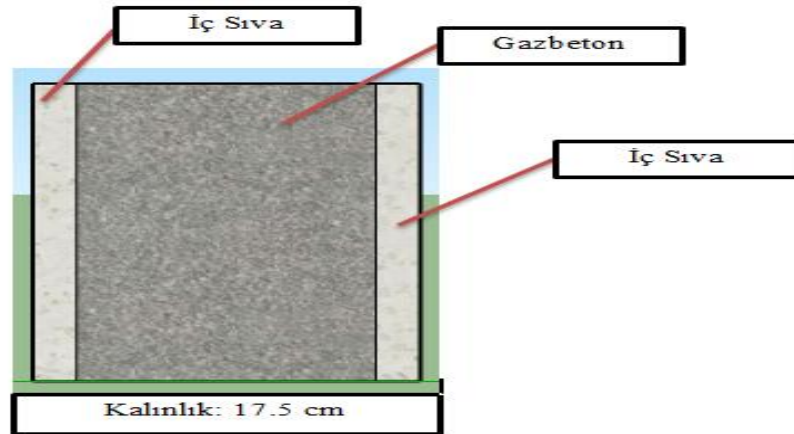
Çalışmada kullanılan bina, TOKİ (Toplu Konut İdaresi) tarafından Türkiye genelinde inşaa edilen konut projelerinden biri olarak seçilmiştir. Bina türü 6 katlı bir apartman olup, her bir katın yüksekliği 2.90 metredir. Her bir katta 4 adet daire vardır. Bodrum katı, yerden 2 metre yüksekliğe kadar toprak temaslıdır.

Bina kabuğunda kullanılan bileşenler ve bu bileşenleri oluşturan malzemelerin özelliklerinin belirlenmesinde TS 825 standardından yararlanılmıştır.

Bina kabuğu bileşenleri; dış duvar, çatı döşemesi, temel döşemesi, bodrum kat tavanı, iç duvar, ara kat döşeme olarak ayrılmaktadır.

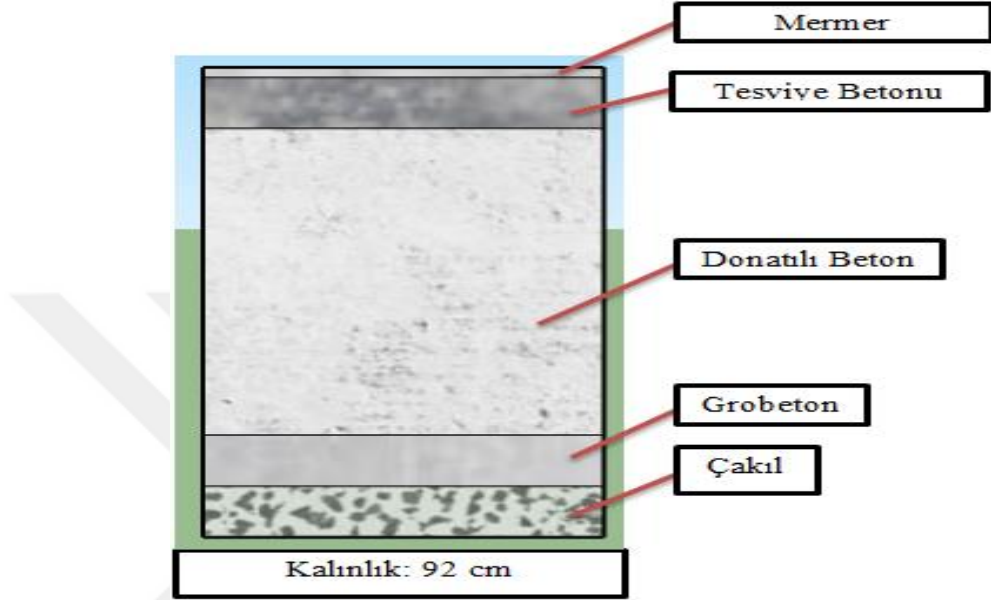


Şekil 3.9 Bina dış duvarını oluşturan malzemeler



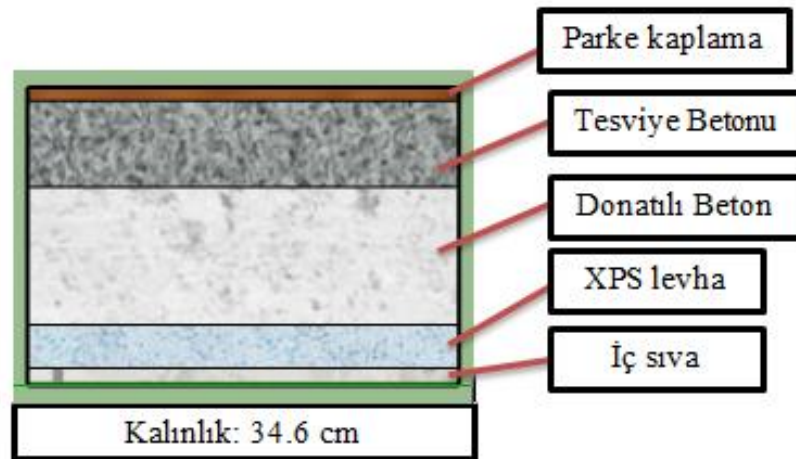
Şekil 3.10 Bina iç duvarını oluşturan malzemeler

Şekil 3.9’da gösterilen dış duvarın; dışarı bakan yüzeyinde dış sıva, orta kısmında gaz beton, diğer yüzeyinde iç sıva tabakası bulunmaktadır. Toplam kalınlığı 24 cm’dir. Şekil 3.10’da gösterilen iç duvarın ortasında gaz beton, ön ve arka yüzeyine temas eden kısmında iç sıva tabakası bulunmaktadır. Toplam iç duvar kalınlığı 17.5 cm’dir.



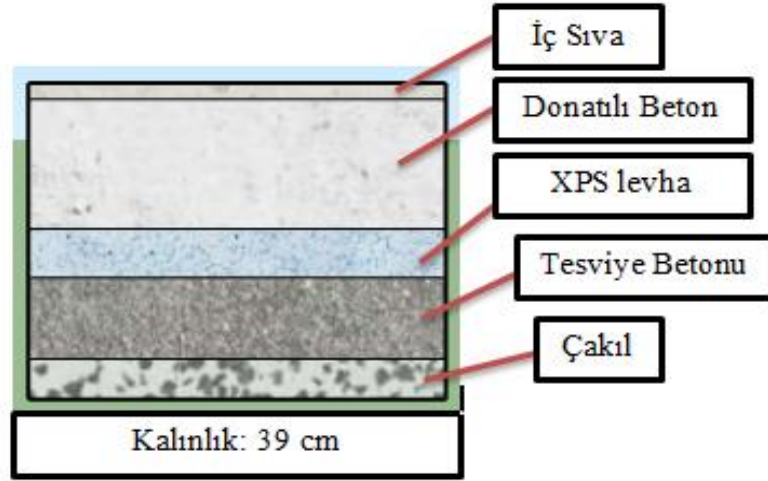
Şekil 3.11 Bina temel döşemesini oluşturan malzemeler

Şekil 3.11’de gösterilen temel döşemesi; çakıl, grobeton, donatılı beton, tesviye betonu ve mermer olarak beş ayrı tabakadan oluşmaktadır. Bina yapı kabuğunun en kalın tabakasıdır. Grobeton ve tesviye betonunun ısı iletkenlik değeri aynıdır. Donatılı beton, çelik teller ve beton karışımı olduğu için ısı iletkenlik değeri grobeton ve tesviye betonuna göre daha yüksektir.



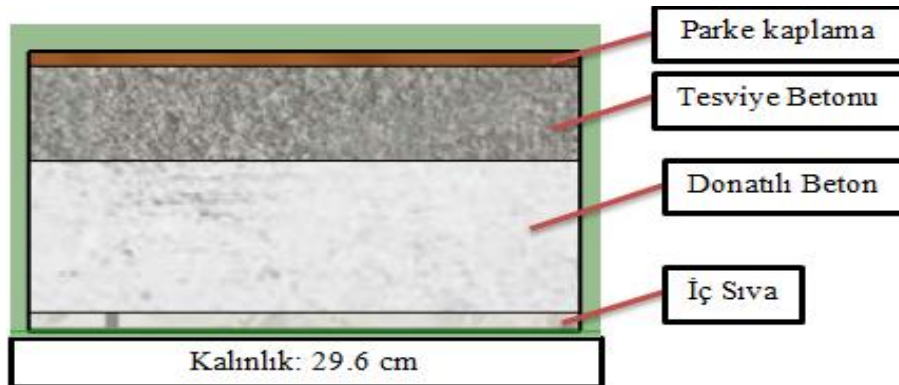
Şekil 3.12 Bina bodrum kat tavanını oluşturan malzemeler

Şekil 3.12’de gösterilen bodrum kat tavan döşemesi; iç sıva, XPS levha, donatılı beton, tesviye beton ve parke kaplamadan oluşmaktadır. Bodrum kattaki mahallerde iklimlendirme yapılmadığı için zemin katın tabanından kaynaklı ısı kaybını azaltmak adına, bodrum kat tavanına yalıtım uygulanmıştır.



Şekil 3.13 Bina çatı döşemesini oluşturan malzemeler

Şekil 3.13’te gösterilen çatı döşemesi; iç sıva, donatılı beton, XPS levha, tesviye betonu ve çakıldan oluşmaktadır. Bodrum kat tavan yalıtımında olduğu gibi çatı döşemesinde de iyi bir ısı yalıtım özelliği olan XPS levha kullanılmıştır. Böylelikle çatı kaynaklı dışarıya olan ısı kaybının olabildiğince önüne geçilmeye çalışılmıştır. Çatı açık hava temaslı olduğu için kullanılan XPS levhanın kalınlığının, bodrum kat tavanı döşemesinde kullanılan XPS levhanın kalınlığından daha fazla olması tercih edilmiştir. İçinde ısıl direnç oluşturacak diğer malzemeler ile birlikte ısı transfer katsayısı (U), diğer bina yapı bileşenlerine kıyasla en düşük olan katman, bina çatı döşemesidir.



Şekil 3.14 Bina ara kat döşemesini oluşturan malzemeler

Şekil 3.14'te gösterilen bina ara kat döşemesi; iç sıva, donatılı beton, tesviye betonu, parke kaplamadan oluşmaktadır. Bodrum kat hariç, iklimlendirilen mahaller arasında kalan bir döşeme olduğu için bu tabakada ısı yalıtım malzemesi kullanılması tercih edilmemiş olup, ısı transfer katsayı değerinin de diğer bina yapı bileşenleri arasında en yüksek olduğu tabakadır.

3.8 Bina Bileşenleri ve Özellikleri

Bina bileşenlerini oluşturan malzemelerin isimleri ve özellikleri Çizelge 3.4 ve Çizelge 3.9 aralığında verilmiştir.

Çizelge 3.4 Dış duvarı oluşturan malzemeler ve özellikleri [27]

Bileşen Adı	Malzeme	Kalınlık (m)	Isıl İletkenlik (W/m.K)	Özgül Isı (J/kg.K)	Yoğunluk (kg/m ³)	U (W/m ² K)
Dış Duvar	Dış Sıva	0.03	1.6	840	2000	0.60
	Gazbeton	0.19	0.13	1000	400	
	İç Sıva	0.02	1.0	840	1800	

Çizelge 3.5 Çatı döşemesini oluşturan malzemeler ve özellikleri [27]

Bileşen Adı	Malzeme	Kalınlık (m)	Isıl İletkenlik (W/m.K)	Özgül Isı (J/kg.K)	Yoğunluk (kg/m ³)	U (W/m ² K)
Çatı Döşemesi	Çakıl	0.05	0.7	840	1800	0.42
	Tesviye Betonu	0.10	1.65	1000	2200	
	XPS Levha	0.06	0.03	1500	25	
	Donatılı Beton	0.16	2.5	1000	2400	
	İç Sıva	0.02	1.0	840	1800	

Çizelge 3.6 Temel döşemesini oluşturan malzemeler ve özellikleri [27]

Bileşen Adı	Malzeme	Kalınlık (m)	Isıl İletkenlik (W/m.K)	Özgül Isı (J/kg.K)	Yoğunluk (kg/m ³)	U (W/m ² K)
Temel Döşemesi	Çakıl	0.10	0.7	840	1800	1.47
	Grobeton	0.10	1.65	1000	2200	
	Donatılı Beton	0.60	2.5	1000	2400	
	Tesviye Betonu	0.10	1.65	1000	2200	
	Mermer	0.02	3.5	802	2800	

Çizelge 3.7 Bodrum kat tavanını oluşturan malzemeler ve özellikleri [27]

Bileşen Adı	Malzeme	Kalınlık (m)	Isıl İletkenlik (W/m.K)	Özgül Isı (J/kg.K)	Yoğunluk (kg/m ³)	U (W/m ² K)
Bodrum Kat Tavanı	Parke Kaplama	0.016	0.20	1255	800	0.45
	Tesviye Betonu	0.10	1.65	1000	2200	
	Donatılı Beton	0.16	2.5	1000	2400	
	XPS Levha	0.05	0.03	1500	25	
	İç Sıva	0.02	1.0	840	1800	

Çizelge 3.8 İç duvarı oluşturan malzemeler ve özellikleri [27]

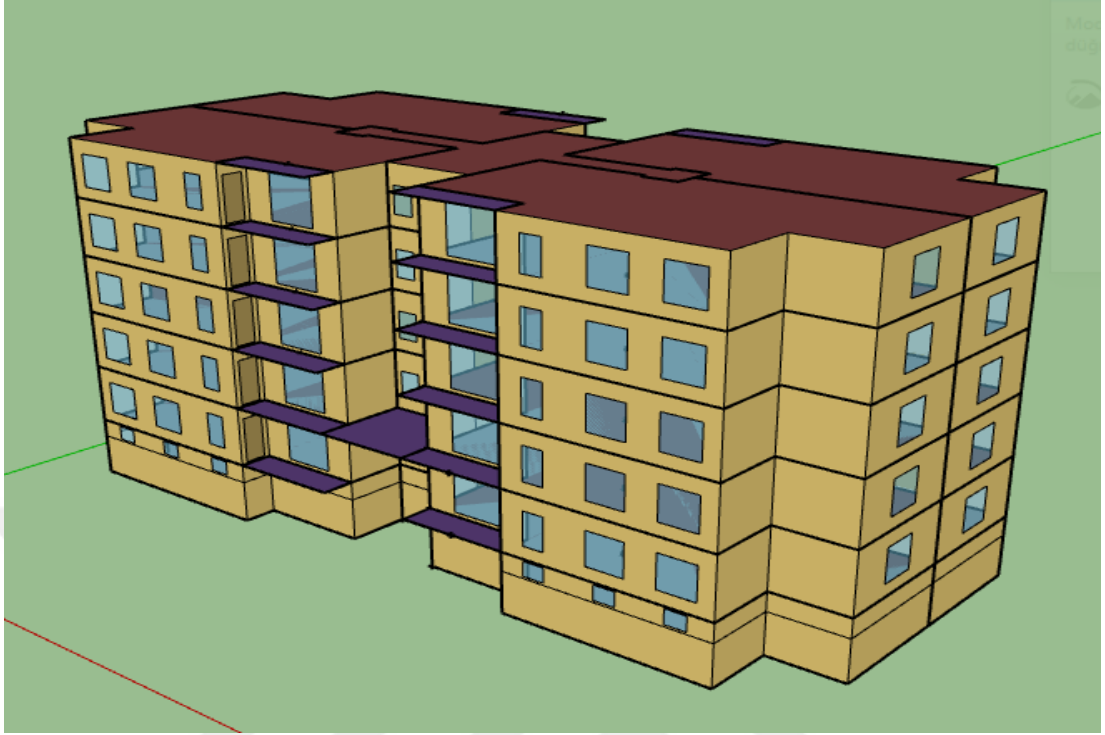
Bileşen Adı	Malzeme	Kalınlık (m)	Isıl İletkenlik (W/m.K)	Özgül Isı (J/kg.K)	Yoğunluk (kg/m ³)	U (W/m ² K)
İç Duvar	İç Sıva	0.02	1.0	840	1800	0.80
	Gazbeton	0.135	0.13	1000	400	
	İç Sıva	0.02	1.0	840	1800	

Çizelge 3.9 Ara kat döşemeyi oluşturan malzemeler ve özellikleri [27]

Bileşen Adı	Malzeme	Kalınlık (m)	Isıl İletkenlik (W/m.K)	Özgül Isı (J/kg.K)	Yoğunluk (kg/m ³)	U (W/m ² K)
Ara kat Döşeme	Parke Kaplama	0.016	0.20	1255	800	2.53
	Tesviye Betonu	0.10	1.65	1000	2200	
	Donatılı Beton	0.16	2.5	1000	2400	
	İç Sıva	0.02	1.0	840	1800	

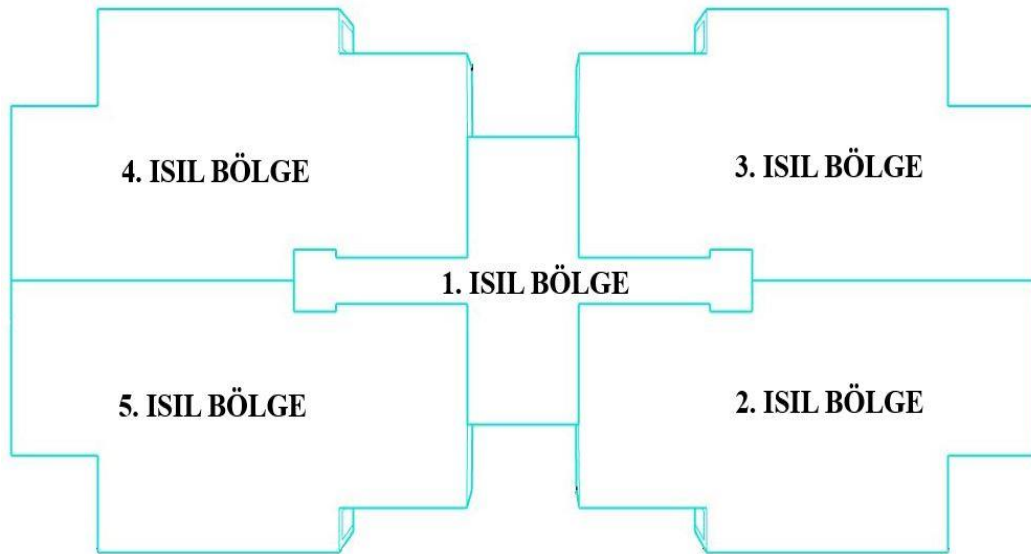
Binanın temelinde ısı yalıtımı uygulanmamıştır. Zemin kattan itibaren iklimlendirilmeye başlanılan daire döşemelerine bodrum katın tavanından yalıtım uygulanmıştır. Bina çatısı modeli düz teras çatı modeli olarak belirlenmiştir. Çatı döşemesi ve bodrum kat tavanında eşit kalınlıkta donatılı beton kullanılmışken, temel döşemesinde daha fazla kalınlıkta donatılı beton kullanılmıştır. Bina iç ve dış duvarlarında farklı kalınlıklarda gazbeton kullanılmıştır.

3.9 Bina Modelinin Tasarımı

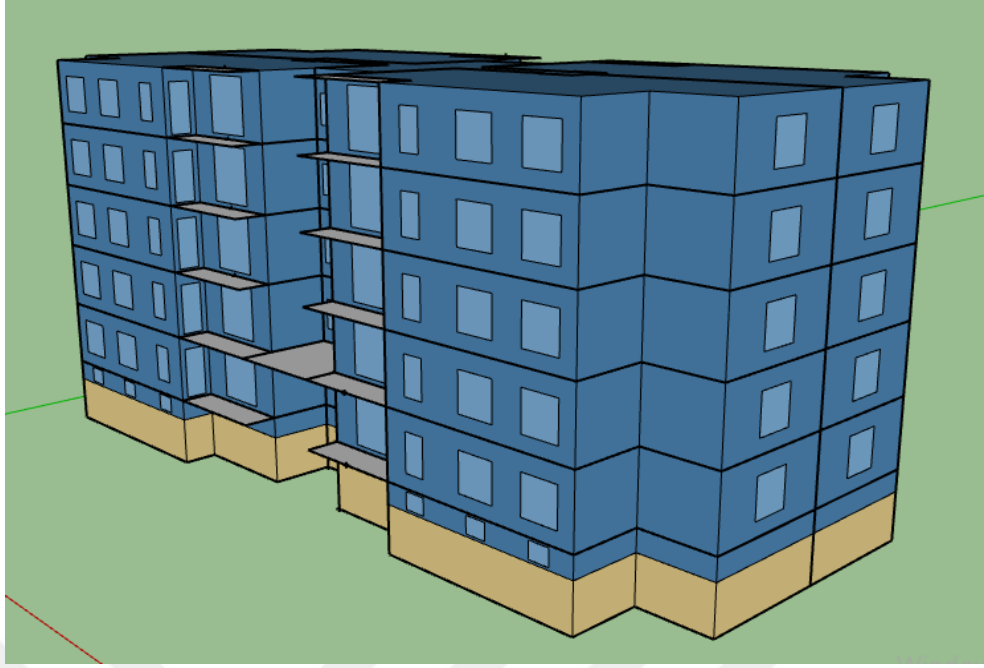


Şekil 3.15 Modellemesi yapılan binanın perspektif görünüşü

Her bir apartman katında 5 adet ısıl bölge vardır. Isıl bölgelere numara verirken başlangıç olarak kat hollerine ilk numara verilmiştir. Sonraki sıralama saatin tersi yönünde devam ettirilmiştir. Zemin kat tek ısıl bölge seçilip, tüm apartman dahilinde toplamda 26 ısıl bölge belirlenmiştir. Şekil 3.16’da verilen şematik gösterimde ısıl bölgelerin numaralandırma sistemi gösterilmiştir.

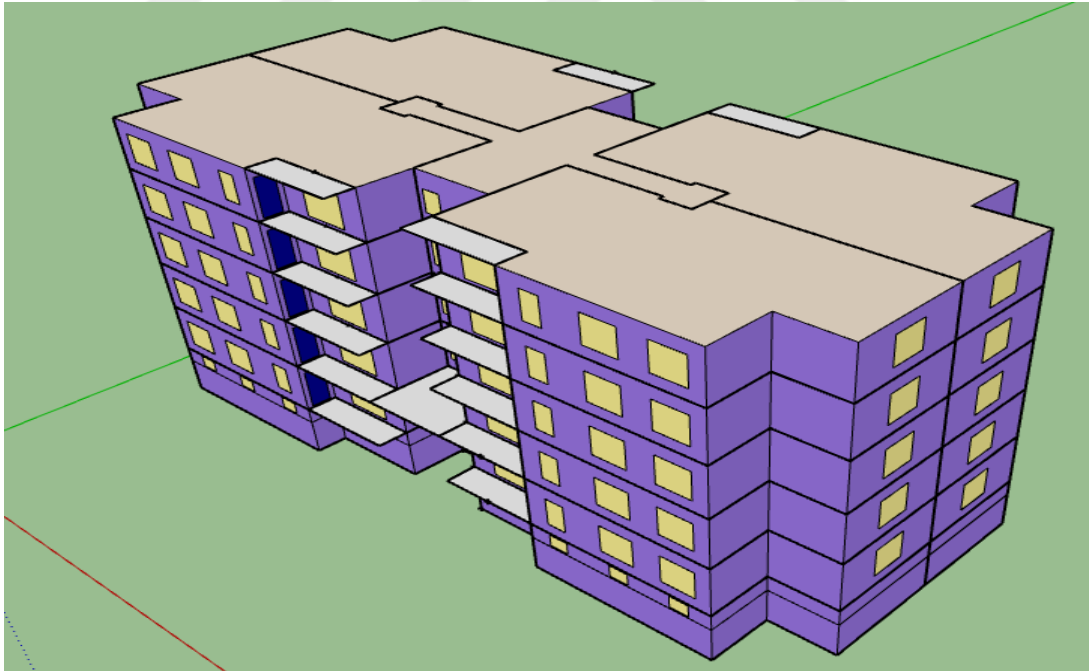


Şekil 3.16 Apartmana ait ısıl bölgelerin şematik gösterimi



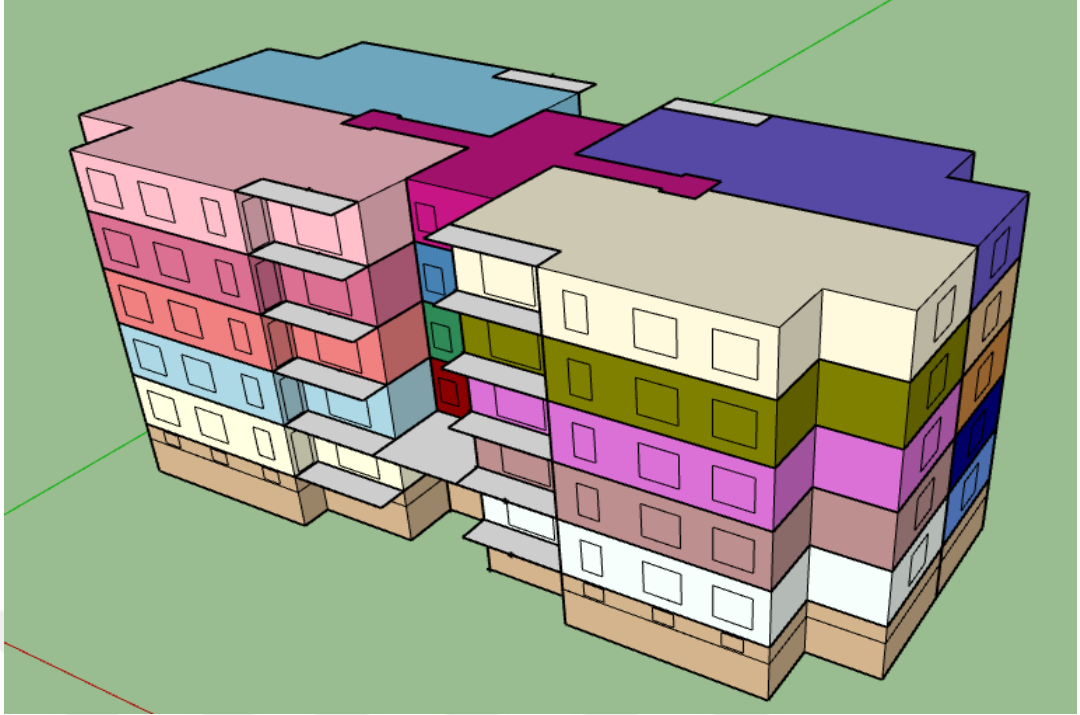
Şekil 3.17 Apartman katlarının sınır koşullarını gösteren renklendirme

Şekil 3.17’de açık sarı renkte olan kısım toprak temaslı yüzeyleri, koyu mavi renkte olan kısım dış hava temaslı olan yüzeyleri belirtmektedir.

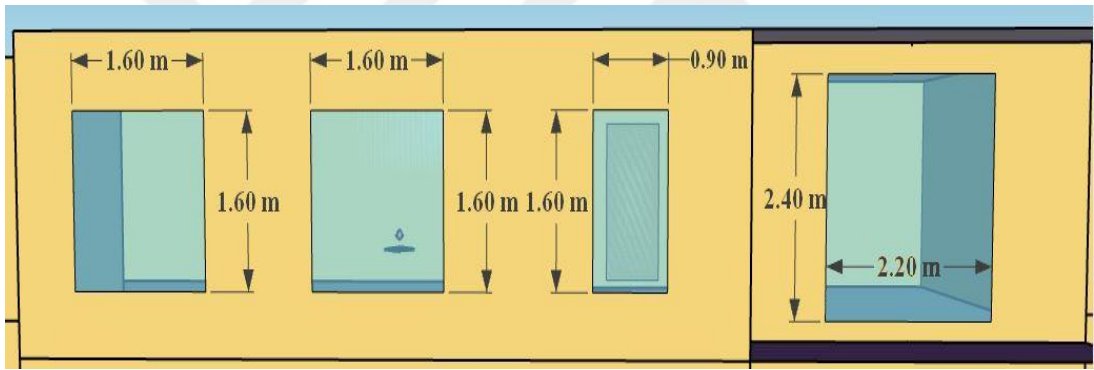


Şekil 3.18 Bina yapı türlerini gösteren renklendirme

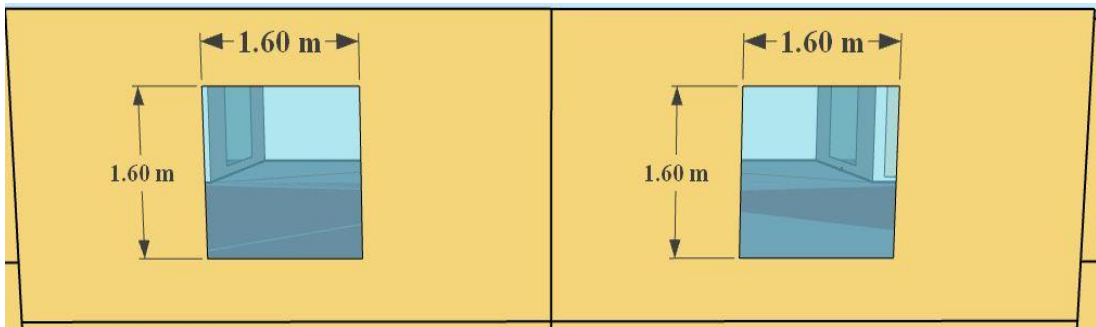
Şekil 3.18’de krem renkte olanlar apartman pencerelerini, beyaz renkte olanlar gölgelikleri, koyu mavi renkte olanlar kapıları, eflatun renkte olanlar da bina duvarlarını belirtmektedir.



Şekil 3.19 Binanın renklendirme yapılararak ısı bölgelere ayrılmış gösterimi



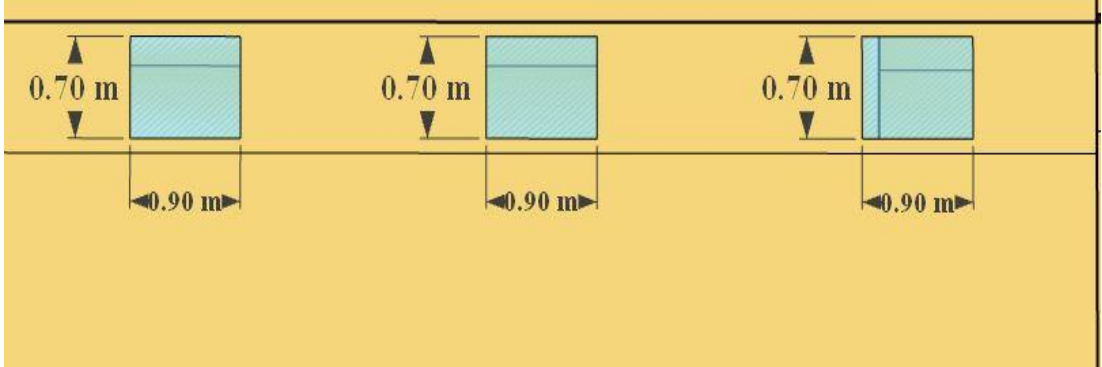
Şekil 3.20 Bina ön cephesinden bir dairenin pencereleri



Şekil 3.21 Bina yan cephedeki pencereler

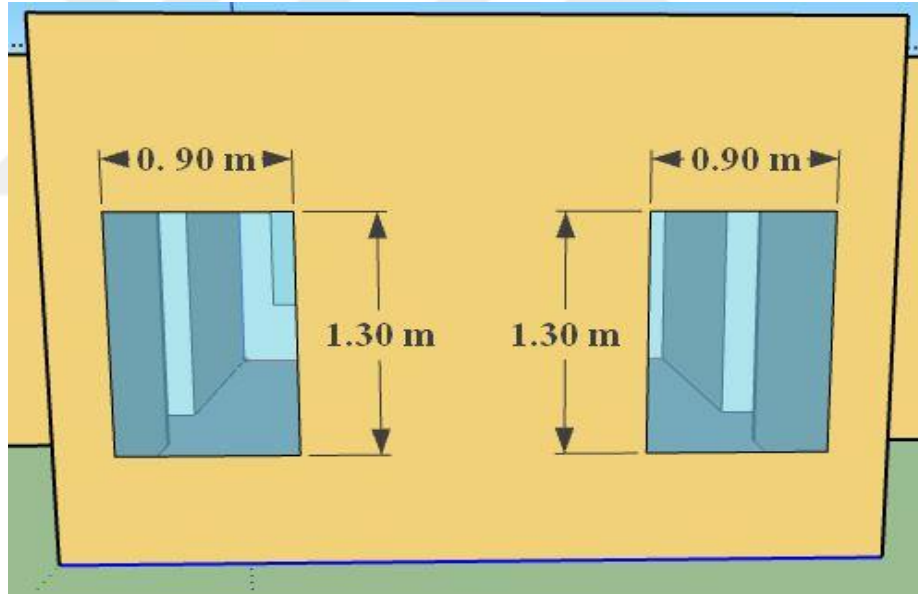
Binanın bodrum kat hariç tüm dairelerinde pencere boyutları Şekil 3.20 ve Şekil 3.21’de belirtildiği gibi seçilmiştir. Bodrum katta 0.90 m yükseklikteki bir alan içerisine pencereler yerleştirilmiştir. Bodrum katın yan cephelerinde pencere yoktur.

Sadece ön ve arka cephesine pencereler konumlandırılmıştır. Bodrum kattaki tüm pencereler özdeştir.



Şekil 3.22 Bodrum kat pencereleri

Binanın kat hollerinde ön ve arka cephe olmak üzere ikişer adet özdeş pencere bulunur. Bodrum katta bulunan kat holünde ve birinci katın ön cephesinde pencerelere yer verilmemiştir.

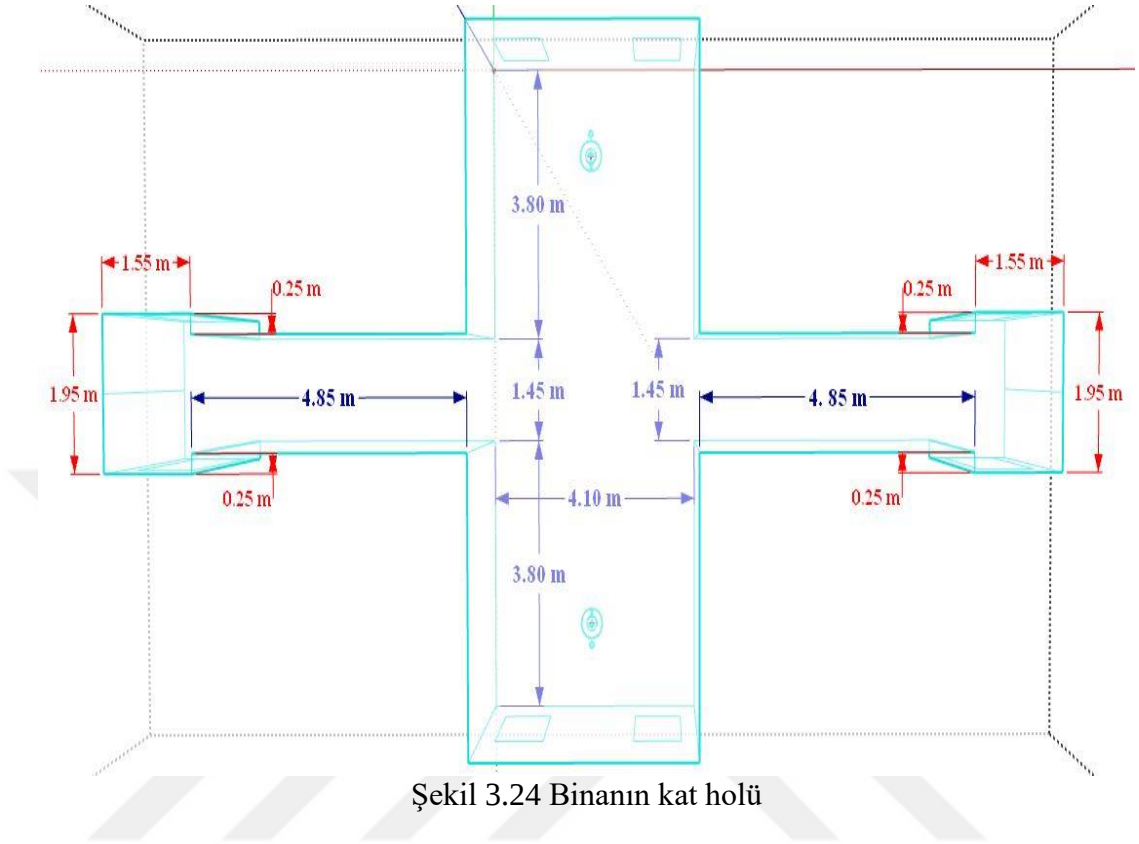


Şekil 3.23 Bina kat hollerinde bulunan pencereler

6 katlı binada 6 adet kat holü bulunmakta olup hepsi özdeştir. Her kat holünde 4 adet daire vardır ve her bir kat holünde toplam 4 adet özdeş pencere bulunmaktadır. 2 pencere ön cephede, geriye kalan 2 pencere ise arka cephede yer almaktadır.

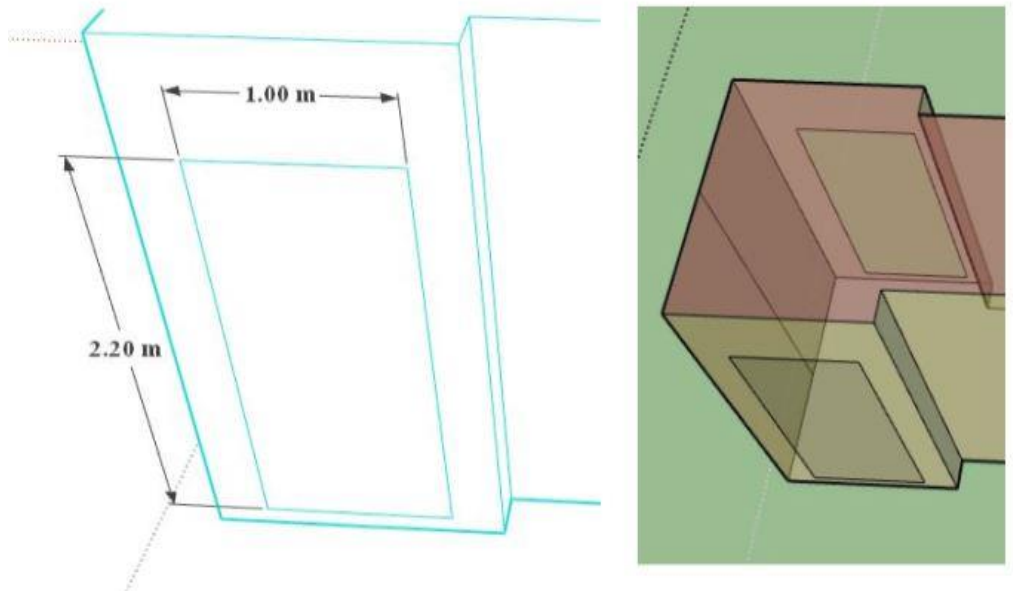
Bina genelinde uygulanan pencere konumları hem dikey hem de yatay eksene göre simetrik olup, boyut olarak birbirinden farklıdır. Toprak temaslı olan bodrum katı

için uygulanan pencerelerin alanı diğer yüzeylere uygulanan pencere alanlarından daha azdır.



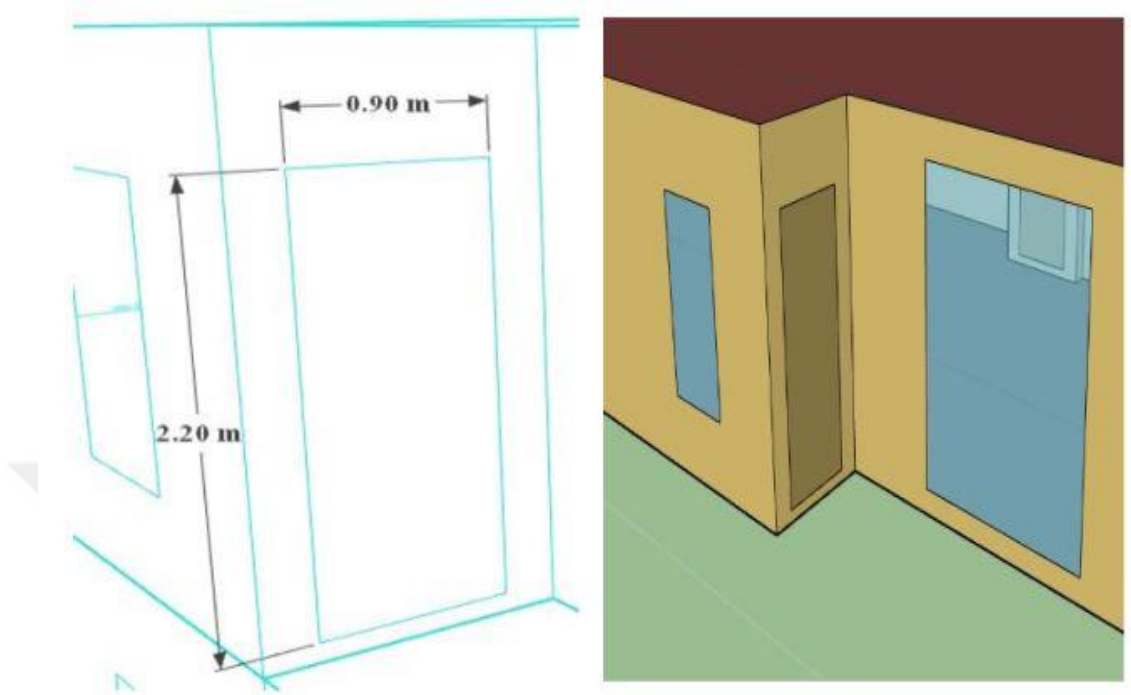
Şekil 3.24 Bina kat holü

Daire girişlerinde, balkon girişlerinde ve bina girişlerinde kapı sistemleri şekillerde gösterildiği gibi belirlenmiştir. Her iki dairenin giriş kapıları birbirini göreceks karşılıklı olarak hizalanmıştır. Bina genelinde toplam 24 daire kapısı bulunmaktadır.



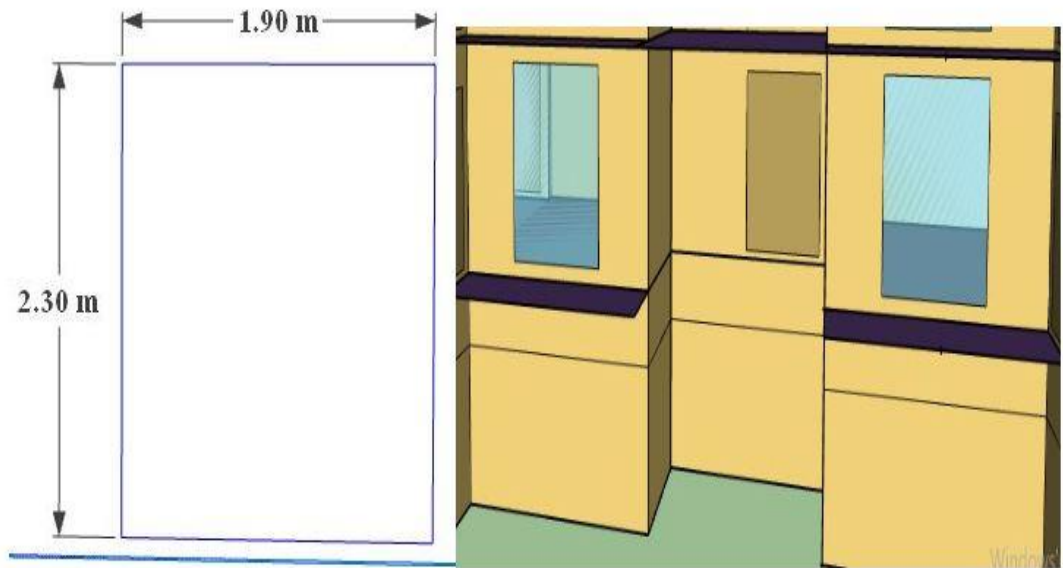
Şekil 3.25 Bina daire kapısı (iç kapı)

Binanın iç, balkon ve giriş kapıları özdeş olup, kalınlığı 0.1 m, ısıl iletkenlik değeri 3.5 W/m.K ve özgül ısı değeri 1000 J/kg.K olarak belirlenmiştir.



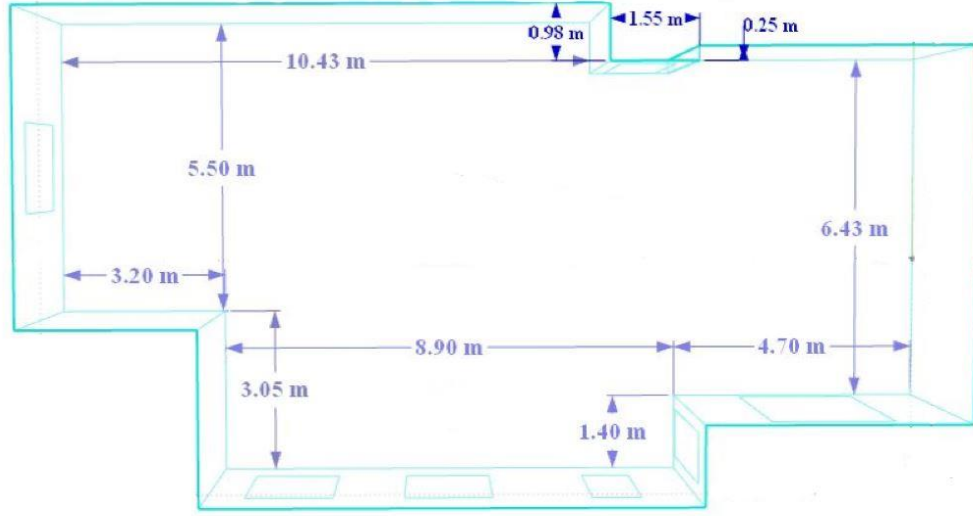
Şekil 3.26 Bina dairelerinin balkon kapısı

Bodrum kat hariç tüm bina dairelerinde bir adet balkona açılan kapı bulunmaktadır. Bina genelinde 20 adet balkon kapısı bulunmaktadır. Binaya giriş tek bir kapıdan sağlanmaktadır ve giriş kapısı ön cepheye, kat holünün bulunduğu düzlem üzerine konumlandırılmıştır.

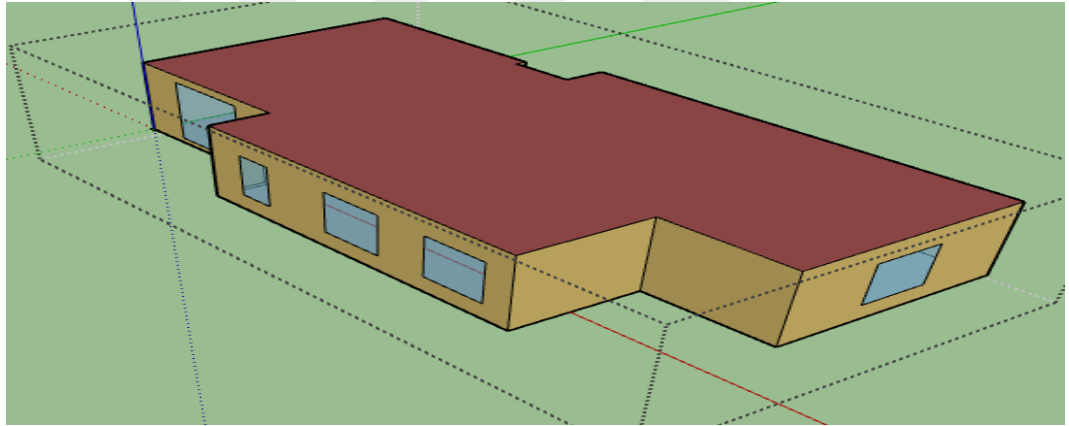


Şekil 3.27 Bina giriş kapısı (dış kapı)

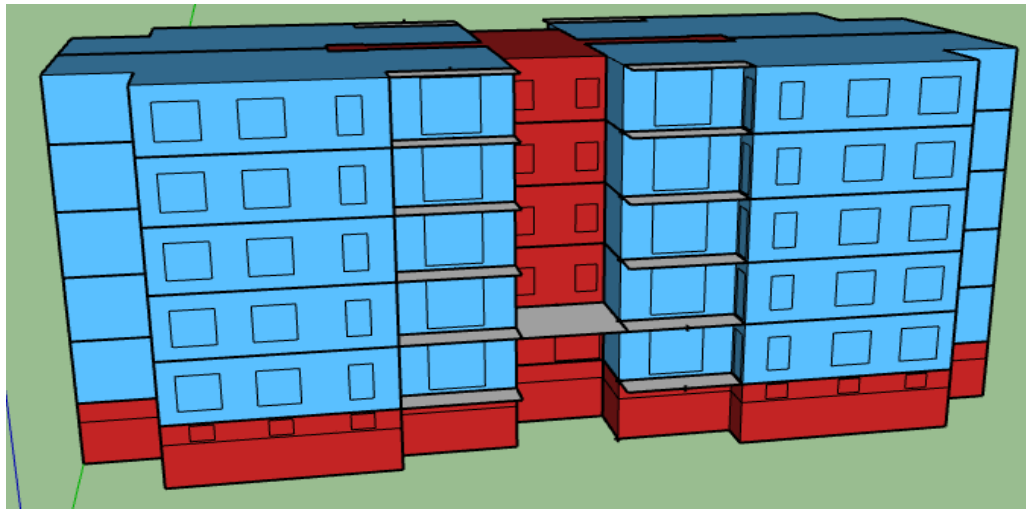
Birim daire içinde bulunan mahaller; mutfak, salon, oturma odası, yatak odası, banyo, tuvalet ve koridordur. Her bir daire alanı, balkon kısmı hariç 122.42 m²'dir.



Şekil 3.28 Bina dairesinin iç ayrıntıları



Şekil 3.29 Bina dairesinin perspektif görünüşü

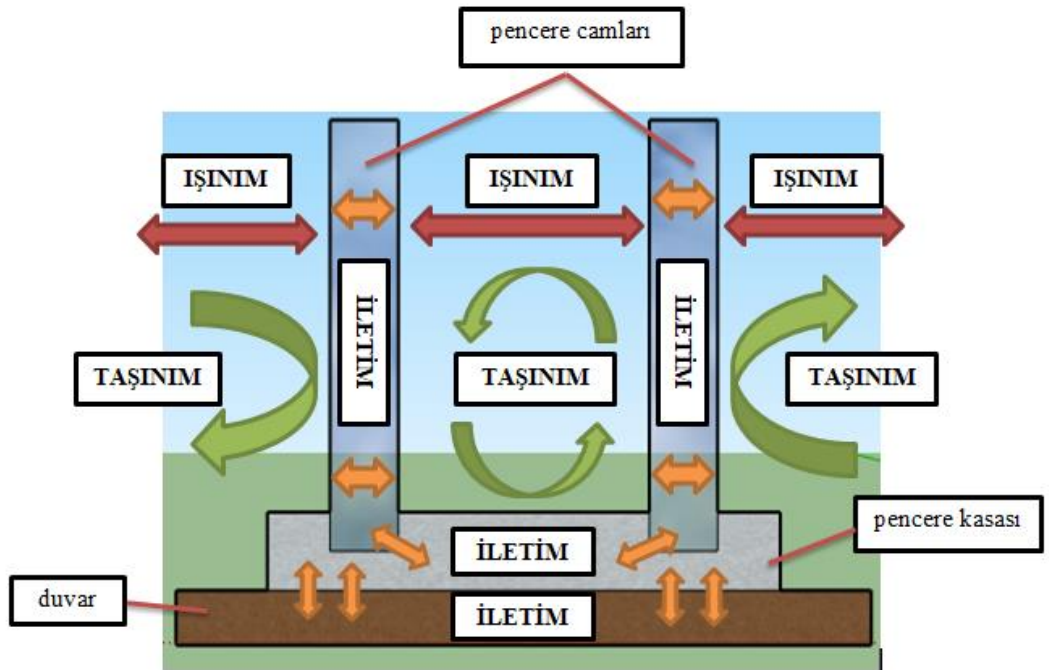


Şekil 3.30 Bina modeli üzerinde iklimlendirilen ve iklimlendirilmeyen bölgeler

Şekil 3.30’da iklimlendirilen bölgeler mavi renkte, iklimlendirilmeyen bölgeler kırmızı renkte gösterilmiştir.

3.10 Pencere Sistemlerinde Isı Transferi

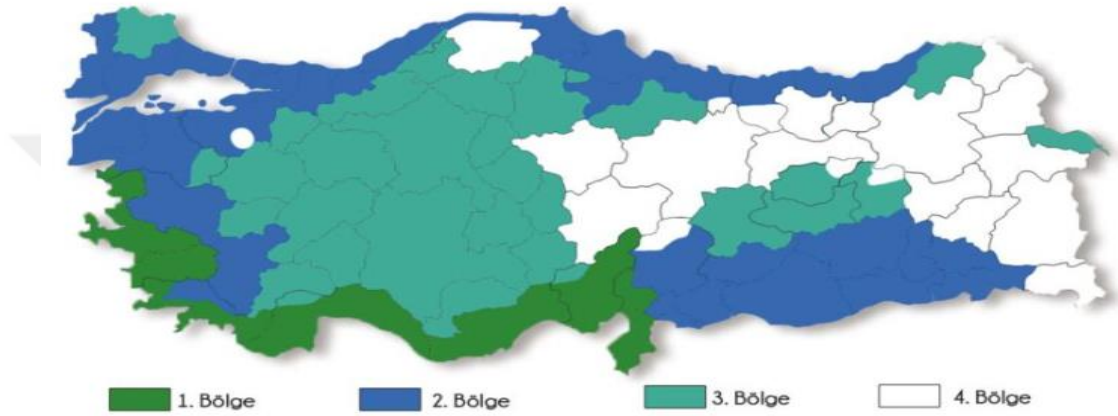
Bir pencere sisteminde ısı transferi, ısı transferinin gerçekleşebileceği tüm transfer yollarıyla gerçekleşir. Taşınım (konveksiyon) ile ısı transferi; pencere eğer birden fazla camla katmanlı bir şekilde üretilmiş ise camlar arası boşluk ile camların yüzeyleri arasında gerçekleşir. Camlar arasında kalan boşlukta hava, argon, vb. akışkan tipleri bulunabilmektedir. İletim ile ısı transferi; birden fazla katmana sahip pencere sisteminde boşluk çitasının iç ve dış yüzeyleri arasında ve belirli bir kalınlığa sahip pencere camlarının iç ve dış yüzeyleri arası gerçekleşir. Ayrıca duvara oturtulan pencere kasasının iç ve dış yüzeyleri arasında ve de pencere kasası ile temaslı olduğu duvar yüzeyleri arasında iletim yolu ile ısı transferi gerçekleşir. Son olarak ışıınım yolu ile ısı transferi; 3500 nm boyundan yüksek dalga boylarından gerçekleşen uzundalga ışıma ile 780-2500 nm arasında gerçekleşen kırsadalga ışıma ile gerçekleşir. Kırsadalga ışıınımlar doğrudan pencere üzerine etkili olur. Uzundalga ışıınım ile ısı transferi; pencere camları, pencere çerçeveleri ve bina iç ortamındaki çeşitli objelere çarpıp belli bir kısmı absorbe edilen ısı enerjisinin sonrasında iç ortamdan dış ortama verilmesiyle sağlanmış olur [28].



Şekil 3.31 Pencerde gerçekleşen ısı transfer türleri [28]

Şekil 3.31’de bir pencere sisteminde gerçekleşen ısı transfer türlerinin şemasına yer verilmiştir. Turuncu oklar iletimle ısı transferini, yeşil oklar taşınım ile ısı transferini, kırmızı oklar ışıyım ile ısı transferini temsil etmektedir.

Genel olarak Türk mimarisinde kullanılan bir pencerenin yaklaşık olarak %20’si çerçeve gibi saydam olmayan bir yapıdan ve %80’i camdan oluşmaktadır. Bu orandan yola çıkarak pencerenin ısı transfer katsayısının (U), camın ısı geçirgenlik katsayısına yakın olacağı söylenebilir [29].



Şekil 3.32 TS 825’e göre yapı bileşenlerinin 4 ayrı bölge için belirlenmiş ısı transfer katsayı (U) değerleri [30]

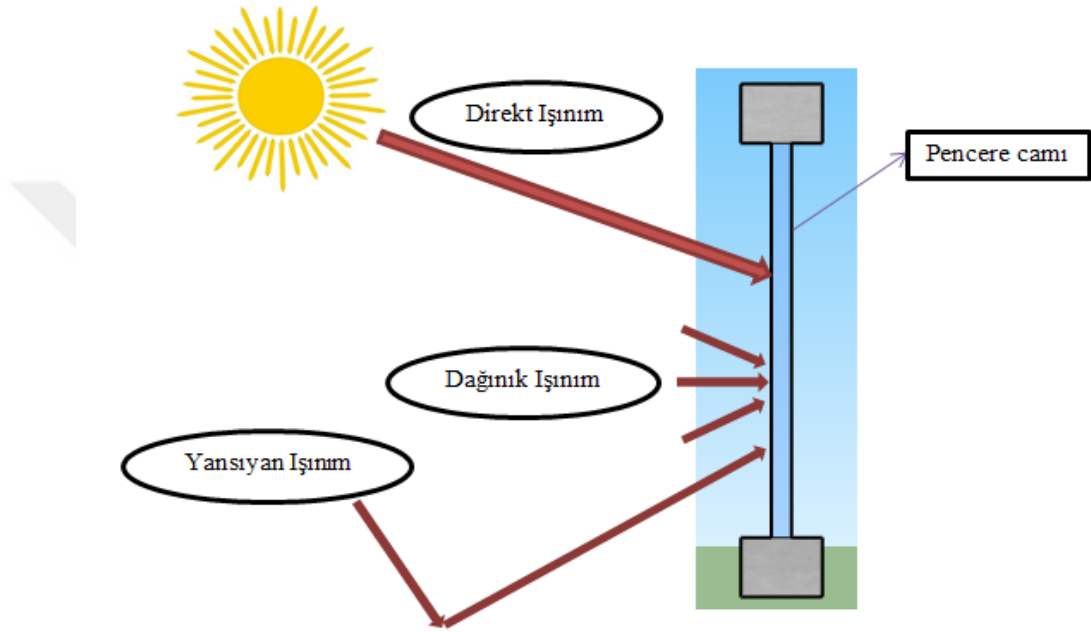
Çizelge 3.10 Bölgelere göre yapı bileşenlerinin U (W/m²K) değerleri [30]

	U_{duvar}	U_{tavan}	U_{taban}	$U_{pencere}$
1. Bölge	0.70	0.45	0.70	2.4
2. Bölge	0.60	0.40	0.60	2.4
3. Bölge	0.50	0.30	0.45	2.4
4. Bölge	0.40	0.25	0.40	2.4

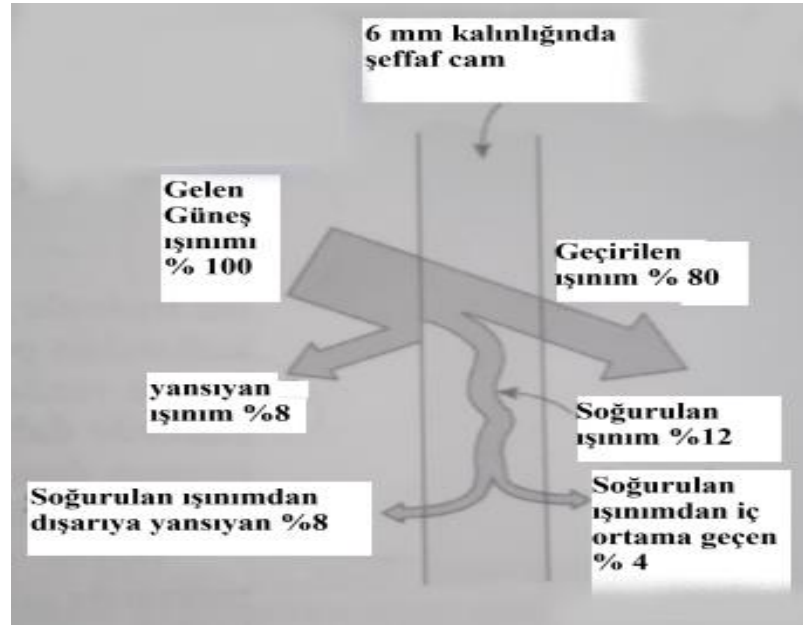
Çizelge 3.10’da TS 825’e göre 4 bölge için binanın duvar, tavan, taban ve pencerelerine yönelik U değerleri verilmiştir. Bina pencereleri için belirlenen U değerlerinin tüm bölgeler için eşit ve 2.4 değerinde olduğu görülmektedir. Ayrıca iklimsel koşulların genel olarak sert olduğu 4. bölge için belirtilen tüm U değerlerinin, diğer bölgelerin U değerlerine kıyasla daha düşük olduğu görülmektedir.

3.11 Pencere Yüzeyine Ulaşan Güneş Işınları

Güneş ışınlarının atmosfer ortamındaki gaz ve toz bulutu gibi bileşenlerce saçılmadan düz bir yol takip ederek yeryüzüne ulaşan kısmına direkt (doğrudan) ışıınım denir. Düz bir yol takip etmeyip, atmosferdeki gaz ve toz bulutu gibi bileşenlerce etrafa dağılan kısmına dağınık (yayılı) ışıınım denir [32].



Şekil 3.33 Pencere cam yüzeyine ulaşan direkt, dağınık ve yansıyan ışıınımlar [32]



Şekil 3.34 Güneşten gelen ışıınımların şeffaf cam karşısında davranışı [32]

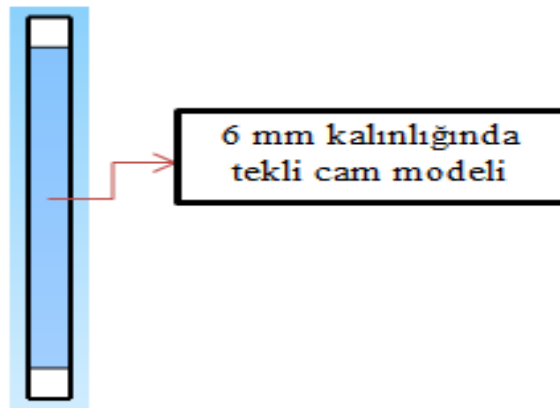
Şekil 3.34'te güneşten şeffaf cam yüzeyine ulaşan ışınların iç ortama iletilme, yansımaya, soğrulma oranları verilmiştir. Camın GIGK ve GIKK değerlerinin değişmesiyle belirtilen oran değerlerinde değişme yaşanacaktır.

3.12 Bina Enerji Simülasyonunda Kullanılan Pencere Camı Tipleri ve Özellikleri

Bu tez çalışmasında kullanılan 22 farklı pencere camı tipinin hepsi yıl boyunca termofiziksel özellikleri değişmeyen statik işlevli camlardır. Kendi içlerinde tek cam, çift cam, düşük yayımlı çift cam, üçlü cam olarak ayrılmaktadır. Çift ve üçlü cam tipleri içerisinde, camlar arasında dolgu akışkanı kullanılan ve dolgu akışı kullanılmayan (vakumlu) cam tipleri bulunmaktadır. Camların ısı transfer katsayısı (U), güneş ısı kazanım katsayısı (GIKK) ve gün ışığı geçirgenlik katsayısı (GIGK) değerleri Çizelge 3.11 ile Çizelge 3.19 aralığında bulunan çizelgelerde yer almaktadır. Enerji simülasyonu öncesinde, her bir analiz için verilen bu üç sayısal değer girilerek çıktılar elde edilmiştir.

Çizelge 3.11 C-1, C-2 ve C-3 cam tiplerinin özellikleri [2]

Cam Tipi	Cam Özelliği	U (W/m^2K)	GIKK	GIGK
C-1	Şeffaf 6 mm	5.778	0.819	0.88
C-2	Gri 6 mm	5.778	0.602	0.43
C-3	Yeşil 6 mm	5.778	0.623	0.74

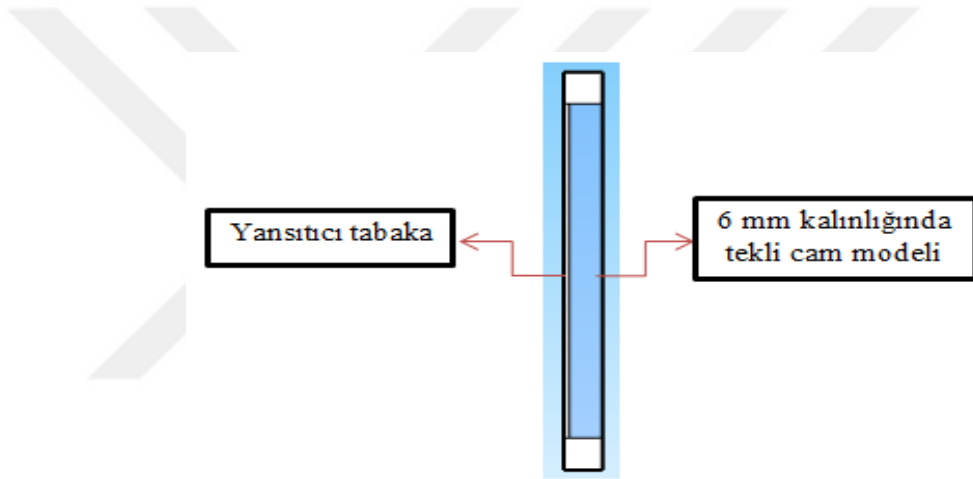


Şekil 3.35 C-1, C-2 ve C-3 cam tiplerinin temsili gösterimi

Çizelge 3.12 C-4 ve C-5 cam tiplerinin özellikleri [2]

Cam Kategorisi	Cam Tipi	Cam Özelliği	U (W/m^2K)	GIKK	GIGK
Tek Cam	C-4	Yansıtıcı 6 mm	4.975	0.321	0.20
	C-5	Renkli Yansıtıcı 6 mm	4.851	0.304	0.1

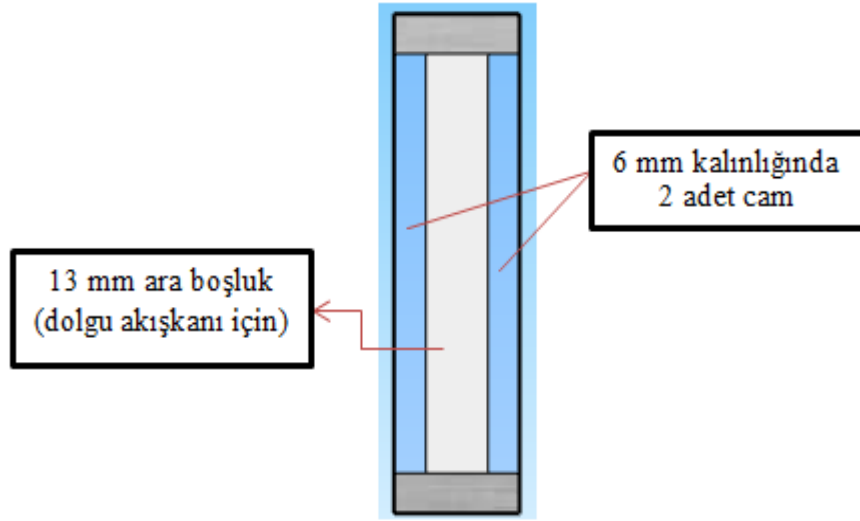
Tek cam kategorisinde 5 adet farklı özelliklere sahip cam tipleri yer almaktadır. Tek cam grubundaki camlar 6 mm kalınlıktadır. Bu grupta şeffaf, farklı renklerde ve güneş ışığını yansıtıcı özellikte cam çeşitleri bulunmaktadır.



Şekil 3.36 C-4 ve C-5 cam tiplerinin temsili gösterimi

Çizelge 3.13 C-6, C-7, C-8 ve C-9 cam tiplerinin özellikleri [2]

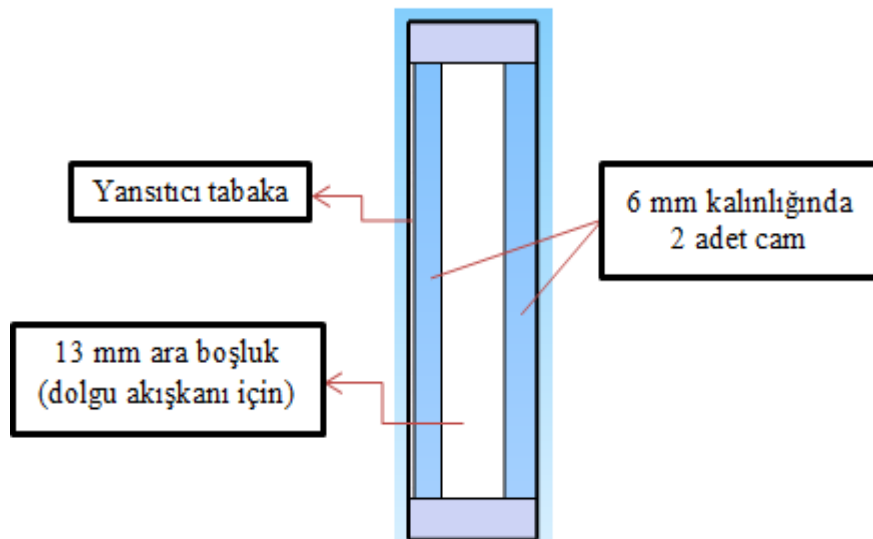
Cam Kategorisi	Cam Tipi	Cam Özelliği	Ara Dolgu Akışkanı	U (W/m^2K)	GIKK	GIGK
Çift Cam	C-6	Şeffaf 6 mm/13 mm	Hava	2.665	0.703	0.784
	C-7	Şeffaf 6 mm/13 mm	Argon	2.511	0.704	0.781
	C-8	Gri 6 mm/13 mm	Hava	2.665	0.478	0.381
	C-9	Yeşil 6 mm/13 mm	Hava	2.665	0.501	0.664



Şekil 3.37 C-6, C-7, C-8 ve C-9 cam tiplerinin temsili gösterimi

Çizelge 3.14 C-10 ve C-11 cam tiplerinin özellikleri [2]

Cam Kategorisi	Cam Tipi	Cam Özelliği	Ara Dolgu Akışkanı	$U (W/m^2K)$	GIKK	GIGK
Çift Cam	C-10	Yansıtıcı 6 mm/13 mm	Hava	2.216	0.137	0.072
	C-11	Renkli Yansıtıcı 6 mm/13 mm	-	2.369	0.204	0.1

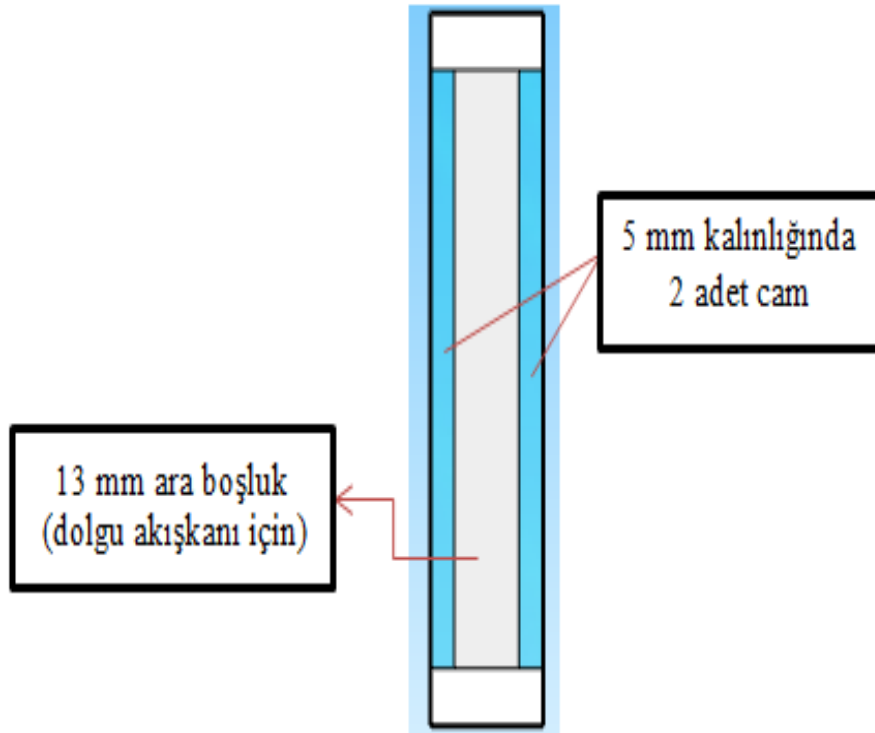


Şekil 3.38 C-10 ve C-11 cam tiplerinin temsili gösterimi

Çizelge 3.15 C-12 ve C-13 cam tiplerinin özellikleri [2]

Cam Kategorisi	Cam Tipi	Cam Özelliği	Ara Dolgu Akışkanı	U (W/m^2K)	GİKK	GIGK
Çift Cam	C-12	Şeffaf, düşük demir oranlı 5 mm/13 mm	-	2.682	0.818	0.834
	C-13	Şeffaf, düşük demir oranlı 5 mm/13 mm	Argon	2.526	0.818	0.834

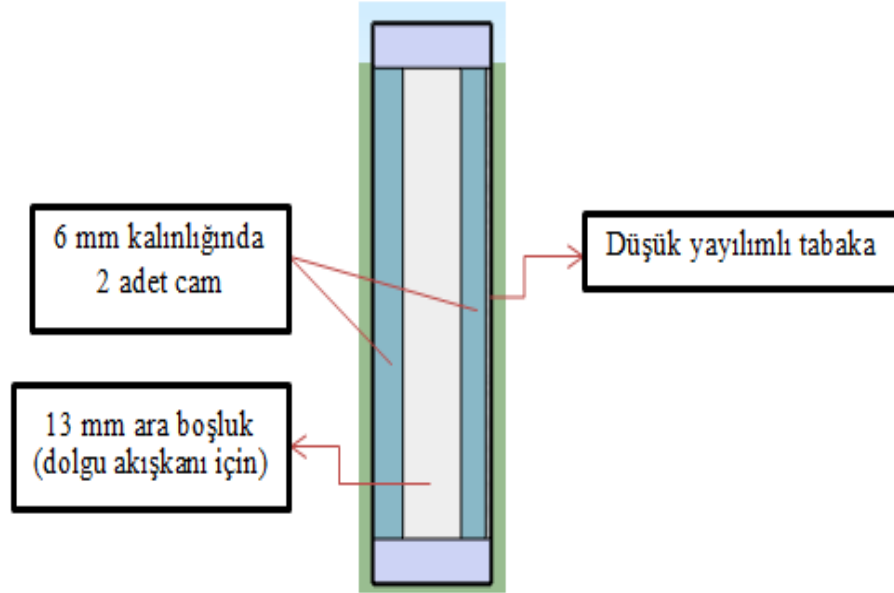
Çift cam kategorisinde 8 adet cam tipi bulunmaktadır. Bu cam tipleri içerisinde şeffaf, yansıtıcı, düşük demir oranlı özellikli ve gri, yeşil renge sahip pek çok cam tipi bulunmaktadır. Cam tipleri arasında dolgu akışkanı hava veya argon gazları olduğu gibi dolgu akışkanı bulunmayan tipler de mevcuttur. Düşük yayımlı cam tipleri 5 mm cam kalınlığına sahipken, bu kategorideki diğer cam tipleri 6 mm kalınlıktadır. Camlar arası mesafe tüm cam tiplerinde sabit olup, 13 mm'dir.



Şekil 3.39 C-12 ve C-13 cam tiplerinin temsili gösterimi

Çizelge 3.16 C-14, C-15 ve C-16 cam tipinin özellikleri [2]

Cam Kategorisi	Cam Tipi	Cam Özelliği	Ara Dolgu Akışkanı	U (W/m^2K)	GIKK	GIGK
Düşük Yayımlı Çift Cam	C-14	Şeffaf 6 mm/13 mm	-	2.682	0.818	0.834
	C-15	Şeffaf 6 mm/13 mm	Argon	2.526	0.818	0.834
	C-16	Renkli 6 mm/13 mm	Hava	1.761	0.380	0.444

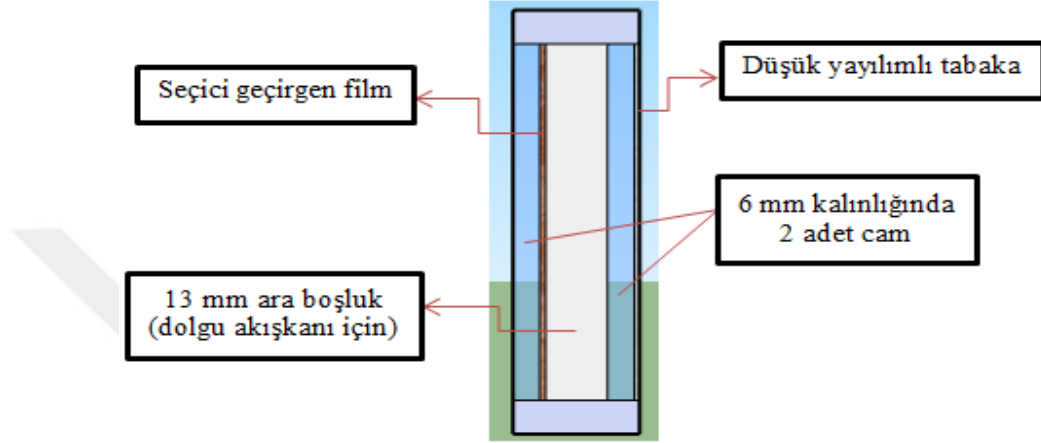


Şekil 3.40 C-14, C-15 ve C-16 cam tiplerinin temsili gösterimi

Çizelge 3.17 C-17 ve C-18 cam tipinin özellikleri [2]

Cam Kategorisi	Cam Tipi	Cam Özelliği	Ara Dolgu Akışkanı	U (W/m^2K)	GIKK	GIGK
Düşük Yayımlı Çift Cam	C-17	Seçici Geçirgen 6 mm/13 mm	-	1.628	0.421	0.682
	C-18	Seçici Geçirgen 6 mm/13 mm	Argon	1.338	0.419	0.682

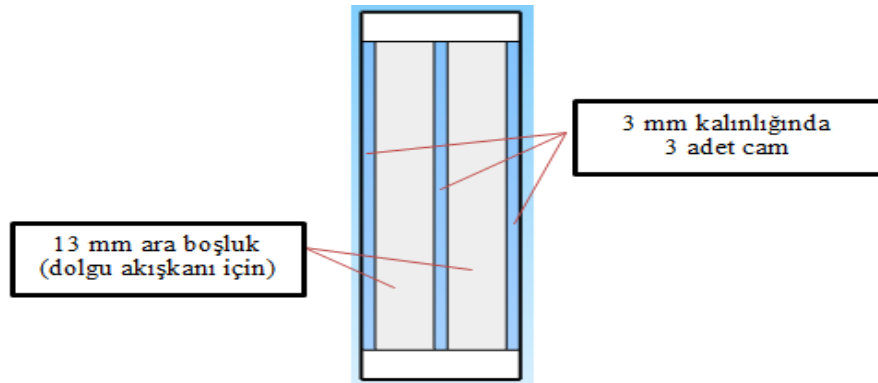
Bu kategoride 5 adet cam tipi bulunmaktadır. Bu cam tiplerinin bulunduğu kategori düşük yayılım özellikli cam tipleri içerip şeffaf, renkli ve ilave olarak seçici geçirgen filme sahip cam tipleri barındırmaktadır. Bir üst cam kategorisinde olduğu gibi bu kategori de vakumlu veya argon, hava dolgu akışkanına sahip cam tipleri içermektedir. Cam kalınlıkları tüm cam tiplerinde 5 mm'dir. Camlar arası mesafe de 13 mm'dir.



Şekil 3.41 C-17 ve C-18 cam tiplerinin temsili gösterimi

Çizelge 3.18 C-19 ve C-20 cam tipinin özellikleri [2]

Cam Kategorisi	Cam Tipi	Cam Özelliği	Ara Dolgu Akışkanı	U (W/m^2K)	GIKK	GIGK
Üçlü Cam	C-19	Şeffaf 3 mm/13 mm	Hava	1.757	0.684	0.738
	C-20	Şeffaf 3 mm/13 mm	Argon	1.620	0.685	0.738

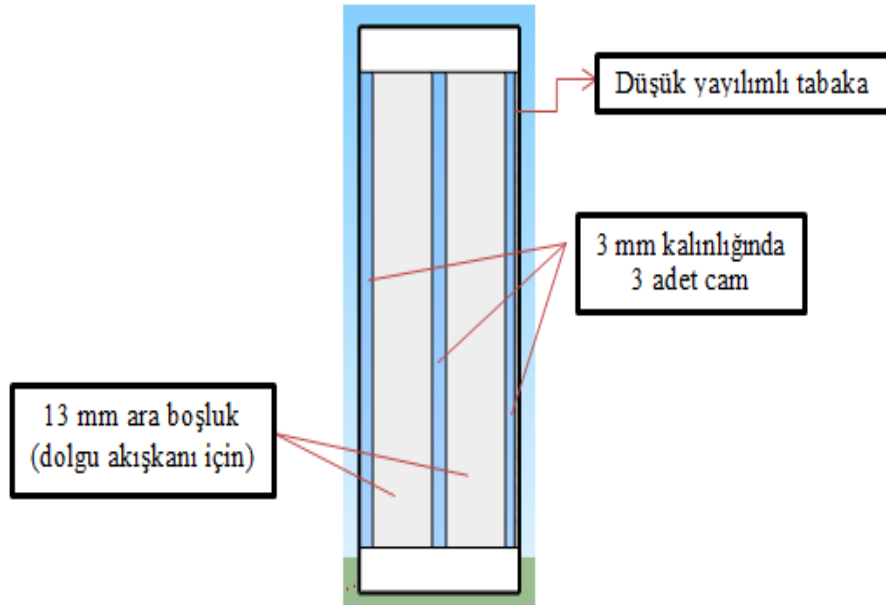


Şekil 3.42 C-19 ve C-20 cam tiplerinin temsili gösterimi

Çizelge 3.19 C-21 ve C-22 cam tiplerinin özellikleri [2]

Cam Kategorisi	Cam Tipi	Cam Özelliği	Ara Dolgu Akışkanı	U (W/m^2K)	GIKK	GIGK
Üçlü Cam	C-21	Şeffaf, Düşük yayımlı 3 mm/13 mm	-	0.982	0.474	0.661
	C-22	Bronz, Düşük yayımlı 3 mm/13 mm	-	1.190	0.154	0.169

Bu kategoride 4 adet cam tipi bulunmaktadır. Kategorideki cam tiplerinin hepsi 3 adet cama sahip olup, şeffaf veya düşük yayımlı cam tipleri içermektedir. 2 cam tipi vakumlu, diğer cam tipleri hava veya argon gazı dolgudur. Cam tiplerinin cam kalınlıkları 3 mm olup, camlar arası mesafe 13 mm'dir.



Şekil 3.43 C-21 ve C-22 cam tiplerinin temsili gösterimi

3.13 İç Kazançlar

İç kazançlar, çeşitli iç ısı kaynaklarından kazanılan ısıdır. Buna göre iç kazanç hesabında aşağıda sıralanan ısı kaynakları dâhil edilir:

- Metabolik aktiviteye bağlı olarak insanlardan kaynaklı ısı kazançları,
- Teknolojik cihazlardan (televizyon, telefon, amaşıır makinası vb.) kaynaklı ısı kazançları,
- Daire ve kat hollerinde bulunun aydınlatma armatürlerinden kaynaklı ısı kazançları [31].

İnsanlardan ve cihazlardan kaynaklı iç kazançlar, seçilen konut tipine göre farklılık göstermektedir. İç kazanç hesapları, bina modelimiz olan apartman modeline göre yapılmıştır. Bu çalışmada, iç kazançları hesaplama metodu BEP-TR ulusal hesap yönteminde belirtilen esaslar uygulanmıştır. Bina dairesinin insanlardan kaynaklı iç ısı kazancını hesaplayabilmek için mutfak ve salonun mahallerinin alanının bilinmesi gerekmekte olup, bu mahallerdeki iç ısı kazançları birlikte hesap edilebilmektedir. Dairenin mutfak ve salon mahalleri dışında kalan mahallerinin iç ısı kazancı ayrı hesaplanmaktadır [31].

Cihazlardan kaynaklı iç ısı kazançları da insandan kaynaklı iç ısı kazançlarında olduğu gibi salon ve mutfak için ayrı, diğer kalan mahaller için ayrı iç ısı kazanç hesabı yapılmaktadır. Her iki iç ısı kazancı W/m^2 cinsinden verilmektedir. İnsan ve cihaz kaynaklı iç ısı kazancı günün farklı zaman aralıklarına göre belirlenmektedir. Bu kazanç hem hafta sonu hem de hafta içi günleri için ortak olup, bunun için herhangi bir ayırım yapılmamaktadır. Çizelge 3.21’de insan ve cihaz kaynaklı iç ısı kazanç hesabı için 24 saati üç kısma ayırarak ilgili mahaller için bir hesap çizelgesi bulunmaktadır [31].

Binanın termostat ayarları 20°C ve 26°C değerleri için yapılmıştır. İklimlendirilen ısııl bölgelerin iç sıcaklığı 20°C altına düştüğü zaman ısıtma yapılması belirlenmiştir. İklimlendirilen ısııl bölgenin, iç sıcaklığı 26°C’nin üstüne çıktığı zaman soğutma yapılması belirlenmiştir.

3.13.1 İnsanlar ve Cihazlardan Kaynaklı İç Kazançlar

Binadaki her bir mahalın adları ve mahal alanları Çizelge 3.20’de verilmiştir. Mahalde belirtilen yatak odası alanı, ebeveyn yatak odası ile genç/çocuk yatak odası alanlarının toplamını ifade etmektedir. Yine mahalde belirtilen banyo, ebeveyn

banyo ile klasik banyo alanlarının toplamını ifade etmektedir. Mutfak ve salon mahallerinin toplam alanı 42.42 m^2 , geriye kalan mahallerin toplam alanı 80 m^2 'dir.

Çizelge 3.20 Mahal adları ve mahal alanları

Mahal Adı	Mahal Alanı (m^2)
Mutfak	13.42
Salon	29
Oturma Odası	20
Yatak Odası	29.5
Banyo	12.5
Tuvalet	5.5
Koridor	12.5
Kat Holü	57.21

Çizelge 3.21 İnsanlar ve cihazlardan kaynaklı iç kazanç katsayı değerleri [31]

Saatler	Mutfak + Salon (W/m^2)			Diğer Alanlar (W/m^2)		
	İnsan	Cihaz	Toplam	İnsan	Cihaz	Toplam
07:00-17:00	2.8	5.2	8	1	0	1
17:00-23:00	2.8	17.2	20	1	0	1
23:00-07:00	2	0	2	1	5	6

Çizelge 3.21'de insan ve cihaz için tanımlanan ısı akısı değerleri verilmiştir. Bu ısı akısı değerleri mutfak ve salon için ayrı, diğer alanlar için ayrı değerdedir. İnsan ve cihaz kaynaklı iç kazanç değerleri, bir günü üç ayrı zaman dilimine bölerek incelenmiştir. Mutfak ve salon için belirlenen toplam ısı akısı değeri $30 \text{ W}/\text{m}^2$, diğer alanlar için $8 \text{ W}/\text{m}^2$ olarak BEP-TR bina enerji performans yönetmeliği esasları gereğince belirlenmiştir.

Çizelge 3.22 İnsanlardan kaynaklı iç ısı kazancı hesap tablosu

S A A T	Mutfak + Salon için Isı Akısı (W/m^2)	Mutfak + Salon Mahal Alanı (m^2)	Mutfak + Salon için Isıl Güç (W)	Diğer Alanlar için Isı Akısı (W/m^2)	Diğer Mahallerin Toplam Alanı (m^2)	Diğer Mahaller için Isıl Güç (W)
07:00- 17:00	2.8	42.42	118.77	1	80	80
17:00- 23:00	2.8		118.77	1		80
23:00- 07:00	2		84.84	1		80

Çizelge 3.23 Belirtilen saat aralıklarında mahallerdeki insan kaynaklı toplam ısı güç ve saat aralıklarına göre oransal dağılımı

Saatler	Toplam Isıl Güç (W)	Oran
07:00 - 17:00	198.77	1
17:00 - 23:00	198.77	1
23:00 - 07:00	164.84	0.829

Çizelge 3.22’de verilen mutfak ile salon mahalleri için toplam ısı güç; BEP-TR ulusal hesaplama yönteminde insan kaynaklı ısı kazançların üç saat dilimi için belirlenen ısı akılarıyla, mutfak ve salon mahal alanlarının çarpımı sonucu elde edilmiştir. Diğer mahallerin toplam ısı gücü, belirtilen ısı akıları ile diğer mahal alanlarının çarpılması sonucu elde edilmiştir. Çizelge 3.23’te saat aralıklarına göre insan kaynaklı toplam ısı güç değerleri verilmiştir. Çizelgenin en sağ tarafında yer

alan oranlar, ilgili toplam ısıl güç değerlerinin en yüksek değer olan 198.77 W değerine bölünmesiyle elde edilmiştir.

Çizelge 3.24 Cihazlardan kaynaklı iç kazanç hesap tablosu

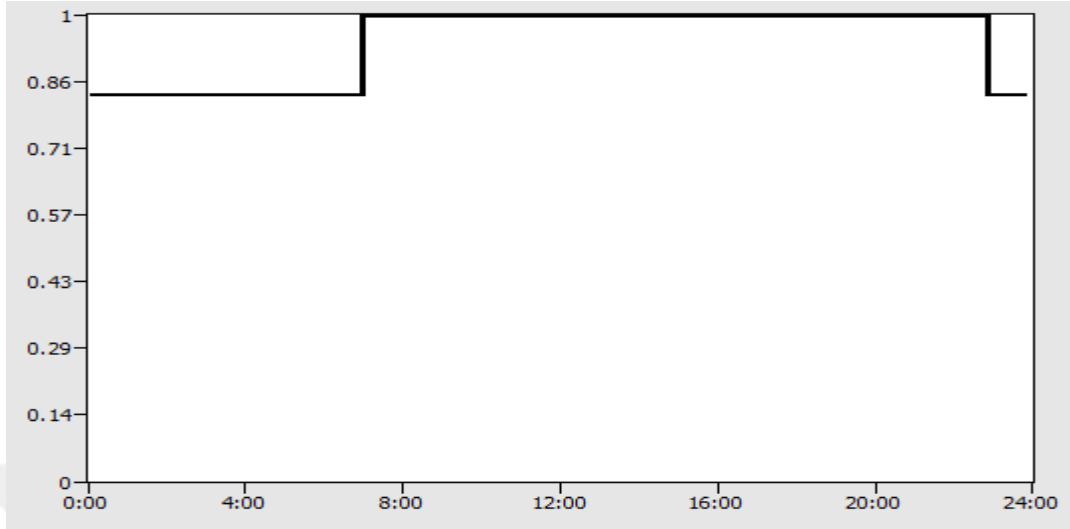
S A A T	Mutfak + Salon için Isı Akısı (W/m^2)	Mutfak + Salon Mahal Alanı (m^2)	Mutfak + Salon için Isıl Güç (W)	Diğer Alanlar için Isı Akısı (W/m^2)	Diğer Mahallerin Toplam Alanı (m^2)	Diğer Mahaller için Isıl Güç (W)
07:00-17:00	5.2	42.42	220.58	0	80	0
17:00-23:00	17.2		729.62	0		0
23:00-07:00	0		0	5		400

Çizelge 3.25 Belirtilen saat aralıklarında cihazlardan kaynaklı toplam ısıl güç ve saat aralıklarına göre oransal dağılımı

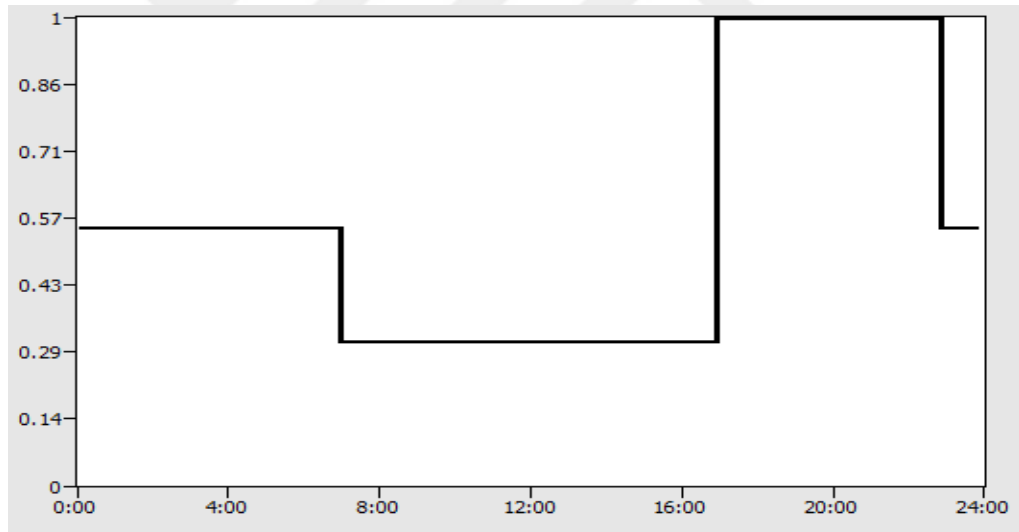
Saatler	Toplam Isıl Güç (W)	Oran
07:00-17:00	220.58	0.302
17:00-23:00	729.62	1
23:00-07:00	400	0.548

Çizelge 3.24'te mutfak ve salon mahalleri için toplam ısıl güç; BEP-TR ulusal hesaplama yönteminde cihaz kaynaklı ısıl kazançların üç saat dilimi için belirlenen ısı akılarıyla, mutfak ve salon mahal alanlarının çarpılması sonucu elde edilmiştir. Diğer mahallerin toplam ısıl gücü, belirtilen ısı akılarıyla diğer mahal alanlarının çarpılması sonucu elde edilmiştir. Çizelge 3.25'te saat aralıklarına göre cihaz kaynaklı toplam ısıl güç değerleri verilmiştir. Çizelgenin en sağ tarafında yer alan

oranlar, ilgili ısıl güç değerlerinin en yüksek değer olan 729.62 W değerine bölünmesiyle elde edilmiştir.



Şekil 3.44 EnergyPlus üzerinde insan kaynaklı iç kazancın saat aralıklarına göre çizilmiş grafiği

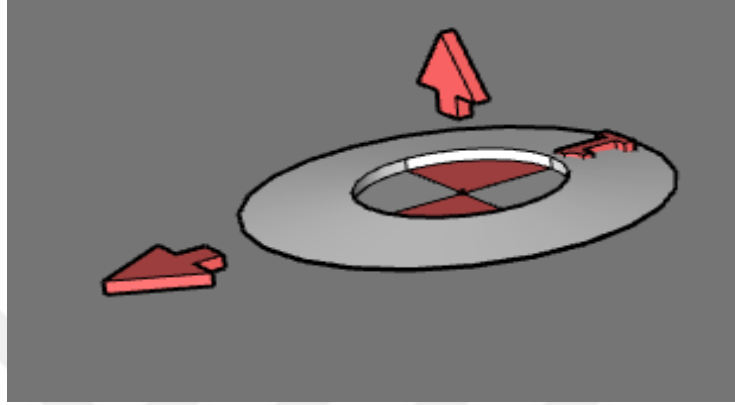


Şekil 3.45 EnergyPlus üzerinde cihaz kaynaklı iç kazancın saat aralıklarına göre çizilmiş grafiği

3.13.2 Yapay Aydınlatma Kaynaklı İç Kazanç

Gün ışığının yetersiz kaldığı zamanlarda aydınlatma, aydınlatma armatürleri tarafından yapay olarak sağlanması gerekmektedir. BEP-TR ulusal hesaplama yöntemine göre mahallerde istenilen aydınlık düzeyinin % 60 veya daha fazlasının pencere sistemleri gibi binanın saydam bileşenleri aracılığı ile güneş ışığından

sağlanmaması durumunda aydınlatma armatürleri tarafından aydınlatılması gerekmektedir. Binada, aydınlatma armatürlerine gerek olduğu zamanlarda EnergyPlus programında dâhil olan Gün Işığı Kontrol Sensörleri'ni her bina dairesine ve her kat holüne ikişer tane olmak üzere yerleştirilmiştir. Bu sayede doğal aydınlatmanın % 60'ın altına düşmesiyle, aydınlatma sistemi aktif olacaktır.



Şekil 3.46 Güneş ışığını kontrol eden daire ve kat hollerine yerleştirilen sensör

Bodrum katın kat holünde Gün Işığı Kontrol Sensörü bulunmamaktadır. Bodrum kat hariç diğer tüm katların kat hollerinde biri ön cepheye bakan, diğeri de arka cepheye bakan iki adet sensör bulunmaktadır. Bodrum kat daireleri olmak üzere diğer tüm kat dairelerinde birer adet sensör bulunmaktadır.

Bina aydınlatma ihtiyacı ve aydınlatma armatürlerinin belirlenmesi için BEP-TR ulusal hesaplama yönteminde denklem ve çizelgeler mevcuttur. Yapay aydınlatmaya ilişkin hesap ve seçimler bahsi geçen yöntemden yararlanılarak yapılmıştır. $E_{hesaplanan,yapay}$ hesabı bina içi ve bina dışı tüm mahal alanları için yapılmıştır.

Aydınlatma armatürlerinden kaynaklanan yapay aydınlatma düzeyi, BEP-TR ulusal hesaplama yöntemine göre aşağıda yer alan denklem ile hesap edilir.

$$E_{hesaplanan,yapay} = (F_h \cdot F_c \cdot p \cdot \eta \cdot \text{lamba sayısl.} \cdot \Phi_{lamba}) / A_{zon} \quad (3.5)$$

Denklem 3.5'te F_h , bina tavan yüksekliğine göre yükseklik çarpanını; F_c , sabit aydınlık faktörünü; p , net yansıtma kat sayısını; η , armatür tipine göre verim; Φ_{lamba} , bir lambanın ışık akısını; A_{zon} , aydınlatılan mahal alanını sembolize etmektedir [31]. Lamba sayısı binanın ilgili bina mahali için gerekli aydınlatma ihtiyacına göre değişkenlik göstermektedir.

Çizelge 3.26 Tavan yüksekliğine göre yükseklik çarpanı değerleri [31]

Yükseklik (h)	Yükseklik çarpanı (F_h)
2.5 m	1
3 m	0.96
3.5 m	0.95
4 m	0.9
4.5 m	0.87
5 m	0.83
> 5 m	0.7

Bina modelimizin tavan yüksekliği 2.90 metre olduğu için F_h değeri Çizelge 3.26'daki verilerden en yakın değer olan 0.96 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3.27 Sabit aydınlık faktörü (F_c) için kullanılan tablo [31]

Armatür Tipi	T	N	K
A	0.86	0.83	0.79
B	0.89	0.87	0.85
C	0.88	0.85	0.80
D	0.90	0.89	0.86
E	0.80	0.76	0.71

Çizelge 3.27'de verilen K,N,T harfleri bakım faktörleridir. Ortamın kirlilik durumuna göre K (kirli), N (normal) ve T (temiz)'den biri tercih edilir. Armatür tipi olarak verilen; A, çıplak armatürü; B, açık reflektörü; C, kapalı reflektörü; D, toz korumalı IP5X; E, endirekt armatürü sembolize etmektedir [31].

Kat holü ve bina dairelerinin armatür tipleri farklı seçilmiştir. Kat holü için C tipi, bina daireleri için B tipi armatür seçilmiştir. Bina daireleri için ortamın kirlilik faktörü T (Temiz) olarak, kat holleri için ise N (normal) olarak seçim yapılmıştır. Bu seçime göre Çizelge 3.27'den yararlanılarak; bina mahalleri için F_c değeri 0.89, kat holleri için F_c değeri 0.85 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3.28 Armatür tipine göre verim (η) değerleri [31]

Armatür Tipi	Verim (η)
A	0.95
B	0.80
C	0.70
D	0.60
E	0.40

Çizelge 3.28'deki verilerden yararlanarak bina dairelerinde kullanılan B tipi armatürün verimi (η) 0.80, kat hollerinde kullanılan C tipi armatürün verimi (η) 0.70 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3.29 Yüzeylerin net yansıtma katsayıları için oluşturulmuş tablo [31]

Tavan Yansıtma Katsayısı (pT)	Duvar Yansıtma Katsayısı (pD)	Zemin Yansıtma Katsayısı (pZ)	Net Yansıtma Katsayısı (p)
0.7	0.5	0.7	0.877
0.7	0.5	0.3	0.728
0.7	0.3	0.5	0.728
0.7	0.3	0.3	0.684
0.5	0.5	0.7	0.794
0.5	0.7	0.7	0.877

Çizelge 3.29'dan yararlanılarak BEP-TR ulusal hesaplama yöntemine göre tavan, duvar, zemin yansıtma katsayılarına bakılarak yapay aydınlık düzeyi hesabı için kullanılan net yansıtma katsayısı (p) belirlenmektedir. İlgili Çizelgeden tavan yansıtma katsayısı (pT) 0.7; duvar yansıtma katsayısı (pD) 0.5; zemin yansıtma katsayısı (pZ) 0.3 değerlerinde seçilmiştir. Yapılan bu seçime göre net yansıtma katsayısı (p) 0.728 olarak belirlenmiştir.

BEP-TR ulusal hesaplama yöntemi dâhilinde Çizelge 3.30'da konut için verilen mahal haricinde listede bulunmayan salon ve koridor hacim türleri de vardır. Bu hacim türleri için istenen aydınlık düzeyi bilgisi yer almamaktadır. Bundan dolayı

salon ve koridor hacim türleri için istenen aydınlık düzeyi ($E_{istenen(lx)}$), oturma odası, banyo ve tuvalet hacim türleri için çizelgede karşılık gelen değer olan 100 lx olması tercih edilmiştir.

Çizelge 3.30 Bina tipolojisine ve hacim türlerine bağlı olarak istenen aydınlık düzeyleri [31]

Tipoloji	Hacim Türü	$E_{istenen} (lx)$
Konut	Yatak odası	50
Konut	Mutfak	300
Konut	Oturma odası	100
Konut	Banyo	100
Konut	Tuvalet	100

Çizelge 3.31 Kompakt floresan lamba tipi için güç ve ışık akısı çizelgesi [31]

Lamba Tipi	Güç (W)	Işık Akısı (lm)
Kompakt Floresan	5	230
	8	395
	9	420
	10	530
	11	600
	12	630
	14	810
	15	860
	16	890
	18	1100
	20	1200
	23	1440
	25	1750

Binanın tüm mahallerinde yapay aydınlatma için Çizelge 3.31’de verilen kompakt floresan lambalar tercih edilmiştir. Aydınlatma ihtiyacına göre farklı güç ve ışık

akısına sahip lambalar BEP-TR ulusal hesap yöntemine göre belirlenmiştir. Denklem 3.6'da, istenen ve hesaplanan aydınlatma düzeylerinin yeterli bir aydınlatma sağlayıp sağlamayacağını ortaya koyan bir denklem verilmiştir.

$$E_{istenen} \times 1.10 < E_{hesaplanan} \text{ veya } E_{hesaplanan} < E_{istenen} \times 0.9 \longrightarrow \text{Uyarı} \quad (3.6)$$

Çizelgelerden edinilen ve tercih edilen veriler Denklem 3.6'da yerine koyularak, yapay aydınlatma düzeyleri lx biriminde hesaplandı.

$$E_{hesaplanan,yapay}(mutfak) = (0.96 \times 0.89 \times 0.728 \times 4 \times 1750)/13.42 = 324.44 \text{ lx},$$

$$E_{hesaplanan,yapay}(salon) = (0.96 \times 0.89 \times 0.728 \times 3 \times 1440)/29 = 92.65 \text{ lx},$$

$$E_{hesaplanan,yapay}(oturma o.) = (0.96 \times 0.89 \times 0.728 \times 2 \times 1750)/20 = 108.85 \text{ lx},$$

$$E_{hesaplanan,yapay}(yatak odası) = (0.96 \times 0.89 \times 0.728 \times 2 \times 1200)/29.5 = 50.6 \text{ lx},$$

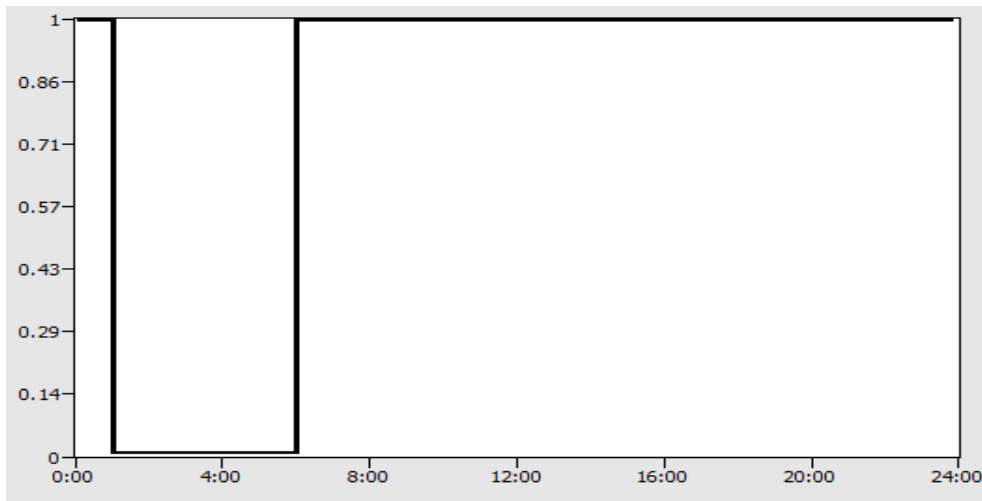
$$E_{hesaplanan,yapay}(banyo) = (0.96 \times 0.89 \times 0.728 \times 2 \times 1200)/12.5 = 119.4 \text{ lx},$$

$$E_{hesaplanan,yapay}(tuvalet) = (0.96 \times 0.89 \times 0.728 \times 1 \times 860)/5.5 = 97.25 \text{ lx},$$

$$E_{hesaplanan,yapay}(koridor) = (0.96 \times 0.89 \times 0.728 \times 2 \times 1200)/12.5 = 119.4 \text{ lx},$$

$$E_{hesaplanan,yapay}(kat holü) = (0.96 \times 0.85 \times 0.728 \times 6 \times 1750)/57.21 = 109 \text{ lx},$$

Hesaplanan aydınlık düzeyleri, Denklem 3.6'da yer alan eşitsizlik üzerinden kontrol edilerek her mahal için yeterli aydınlık düzeyinin sağlandığı görülmüştür.



Şekil 3.47 EnerjiPlus üzerinde, aydınlatma armatürlerinin hangi saat aralıklarında çalışıp çalışmadığını gösteren grafik

Şekil 3.47’de verilen grafik, aydınlatma armatürlerinden gelen iç kazancın 01:00-06:00 saat aralığı hariç diğer saat dilimlerinde sağlandığı göstermektedir.

Çizelge 3.32 Bina mahallerine yönelik yapay aydınlatma hesabı

Mahal	İstenen Aydınlık Düzeyi (lx)	Alan (m^2)	Gereken Işık Akısı (lm)	Kullanılan Kompakt Floresan Lamba					
				Güç (W)	Işık Akısı (lm)	Aydınlatma Yoğunluğu (lm/W)	Adet	Toplam Işık Akısı (lm)	Toplam Güç (W)
Mutfak	300	13.42	4026	25	1750	70	4	7000	100
Salon	100	29	2900	23	1440	62.6	3	4320	69
Oturma Odası	100	20	2000	25	1750	70	2	3500	50
Yatak Odası	50	29.5	1475	20	1200	60	2	2400	40
Banyo	100	12.5	1250	25	1200	48	2	2400	50
Tuvalet	100	5.5	550	15	860	57.3	1	860	15
Koridor	100	12.5	1250	20	1200	60	2	2400	40
Kat Holü	100	87.21	5721	25	1750	70	6	10500	150

Daire mahalleri için toplam güç = 364 W,

Kat holü mahali için toplam güç = 150 W,

Daire ve kat holü mahalleri için ortalama güç, Çizelge 3.32’de en sağda daire ve kat holü mahalleri için verilen güç değerlerinin (W) toplanıp, daire mahal alanına (m^2) bölünmesiyle W/m^2 birimince elde edilmiştir.

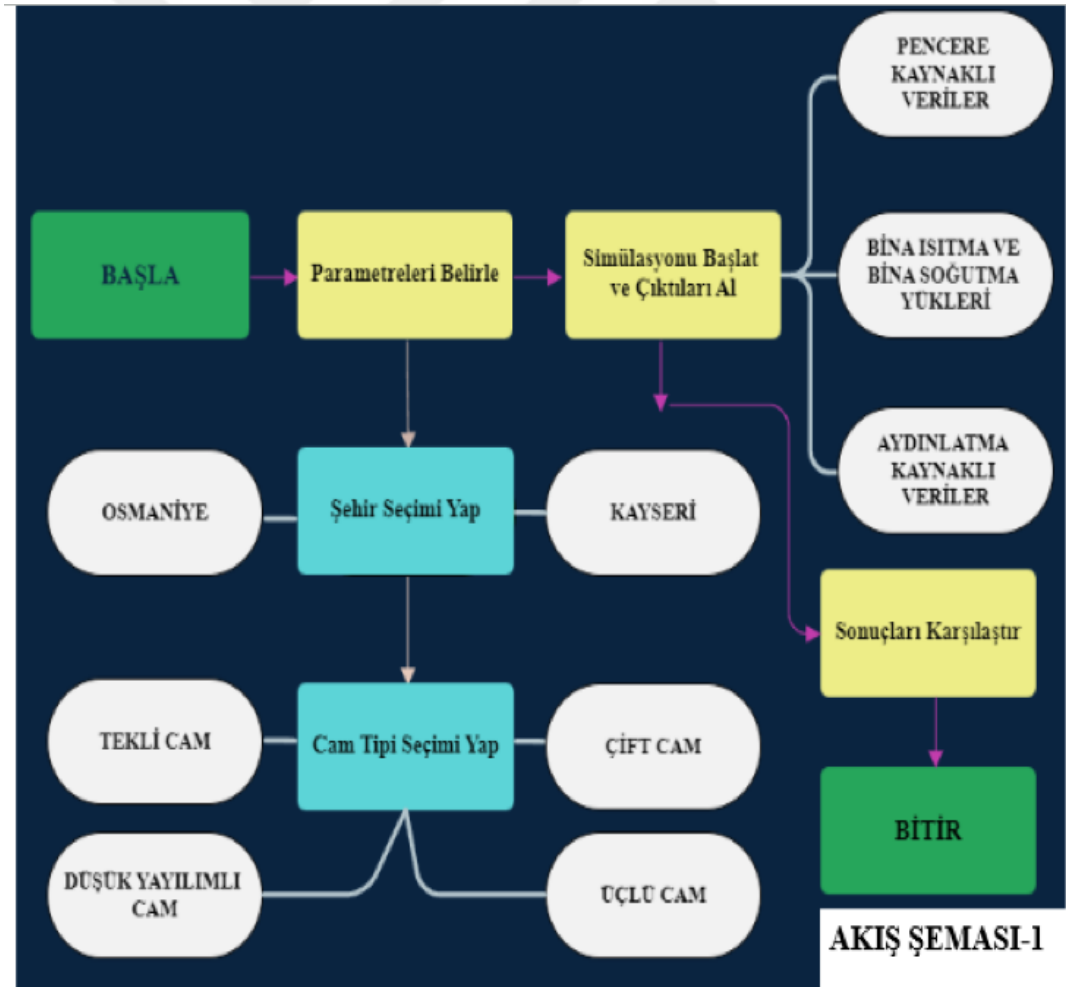
$$\begin{aligned} \text{Daire mahalleri için ortalama güç} &= 364 / 122.42 \\ &= 2.97 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Kat holü mahali için ortalama güç, yine Çizelge 3.32’de en sağda kat holü için verilen güç değeri, kat holü mahal alanına bölünerek aşağıdaki gibi bulundu.

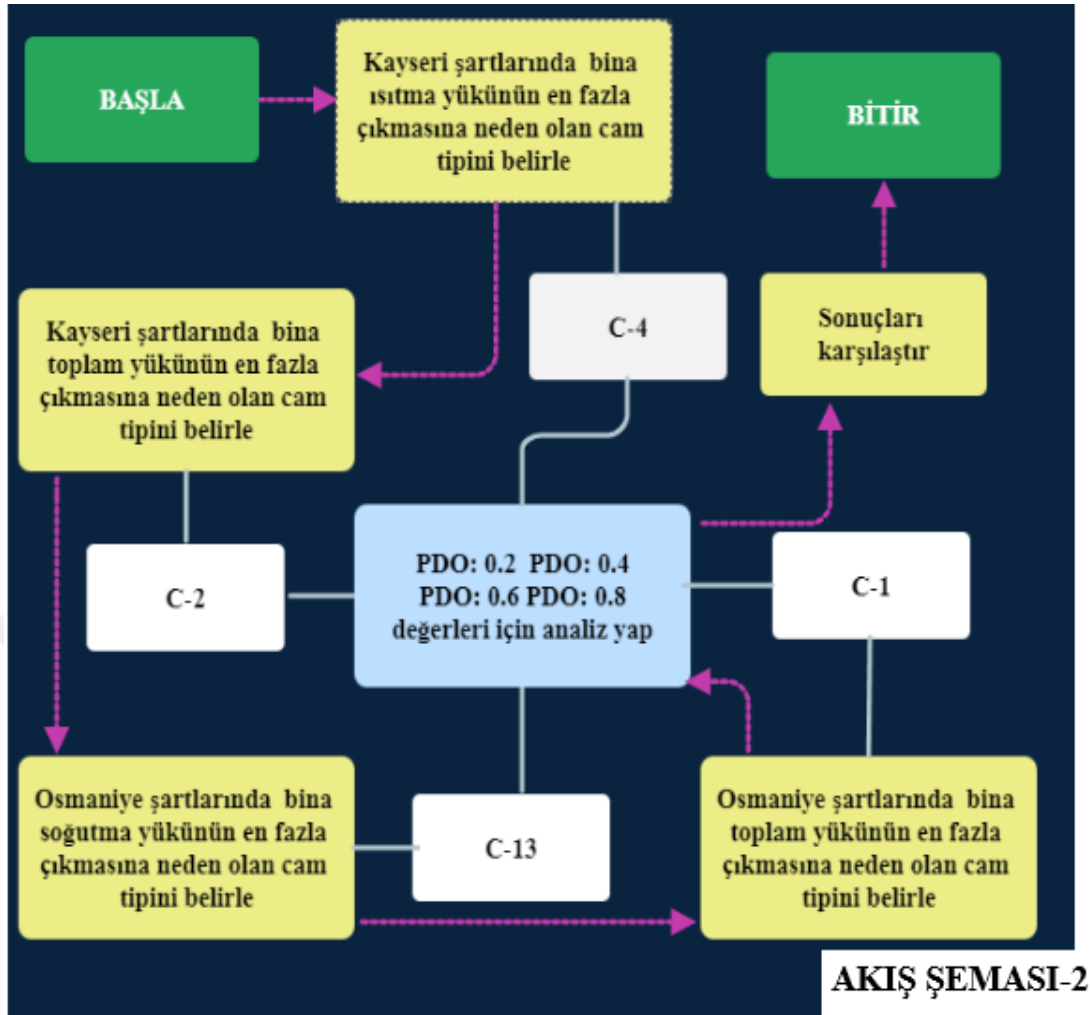
$$\begin{aligned} \text{Kat holü mahali için ortalama güç} &= 150 / 57.21 \\ &= 2.62 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

3.14 Çalışmanın İşlem Adımları

Bu çalışmada Kayseri ve Osmaniye iklim şartlarında farklı pencere camı tiplerinin ve pencere duvar oranı değişikliğinin bina enerji performansına olan etkisini incelemek için baştan sona kadar gereken işlem adımları takip edilmiştir. Bu işlem adımlarına yönelik 2 ayrı akış şeması düzenlenmiştir.



Şekil 3.48 Çalışmanın birinci akış şeması



Şekil 3.49 Çalışmanın ikinci akış şeması

Şekil 3.48’de Kayseri ve Osmaniye şartlarında, 4 farklı kategorideki 22 farklı cam tipi için yapılan incelemenin akış şeması verilmiştir. Şekil 3.49’da Osmaniye ve Kayseri şartlarında bina enerji performansı açısından en olumsuz sonuçların elde edildiği 4 adet cam tipine yönelik pencere duvar oranı (PDO) incelemesinin akış şeması verilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR

Bu bölümde EnergyPlus programında gerçekleştirilen 8760 saatlik analizlerin sonuçlarına yer verilecektir. Osmaniye için ayrı, Kayseri için ayrı TMY dosyaları seçilerek bulgular elde edilmiştir. EnergyPlus ile yapılan enerji simülasyonu sonrası, OpenStudio'dan her bir analiz için elde edilen veri başlıkları şöyledir:

- Bina Isıtma Yüğü
- Bina Soğutma Yüğü
- Pencere Kaynaklı Toplam İletilen Güneş Enerjisi
- Pencere Kaynaklı Direkt (Doğrudan) İletilen Güneş Enerjisi
- Pencere Kaynaklı Yayıllı İletilen Güneş Enerjisi
- Pencere Kaynaklı Toplam Kazanılan Isı Enerjisi
- Pencere Kaynaklı Toplam Kaybedilen Isı Enerjisi
- Aydınlatma Kaynaklı Elektrik Enerjisi (koridor hariç)

Pencere kaynaklı ısı kazanç, güneşten yeryüzüne ulaşan güneş ışınlarının; pencere yüzeyinde tutulma, pencere vasıtasıyla iç ortama dâhil olma ve iç ortamda pencere kaynaklı bir kayba uğramadan kalabilme oranlarına dayalı bir kazançtır.

Pencere kaynaklı ısı kayıp, güneşten yeryüzüne ulaşan güneş ışınlarının; pencere yüzeyinde tutulmadan yansımaya ve iç ortamdan dış ortama pencere vasıtasıyla gerçekleşen ısı transferine dayalı bir kayıptır.

Pencere kaynaklı toplam iletilen güneş enerjisi, dağınık ve direkt olarak pencere yüzeyinden iç ortama geçen ışınım düzeyini belirtmektedir.

Aydınlatma kaynaklı elektrik enerjisi, doğal aydınlatmanın yeterli olmadığı durumlarda yapay aydınlatma armatürleri için harcama elektrik enerjisini ifade etmektedir.

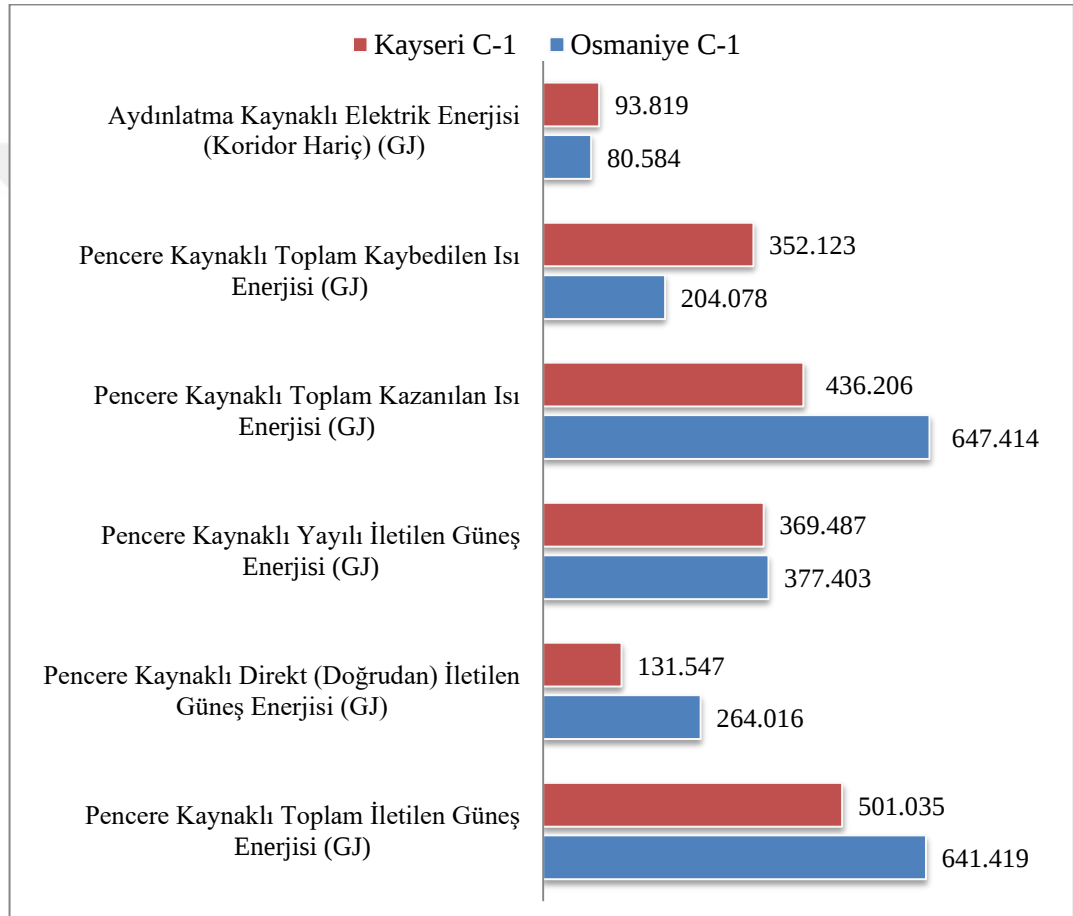
Osmaniye ve Kayseri şartlarında 22 farklı pencere camı kullanılarak elde edilen simülasyon sonuçları incelenerek;

1- Kayseri şartlarında bina ısıtma ve bina toplam yükünün en fazla çıkmasına neden olan cam tipini belirleyip, bu cam tipini yeniden kullanarak 4 farklı pencere duvar

oranı (PDO) değeri için tekrar enerji simülasyonu gerçekleştirerek, ilgili bulgulara ulaşılmıştır.

2- Osmaniye şartlarında bina soğutma ve bina toplam yükünün en fazla çıkmasına neden olan cam tipini belirleyip, bu cam tipini yeniden kullanarak 4 farklı pencere-duvar oranı (PDO) değeri için tekrar enerji simülasyonu gerçekleştirerek, ilgili bulgulara ulaşılmıştır.

4.1 Kayseri ve Osmaniye Şartlarında 22 Cam Tipinin Karşılaştırılması



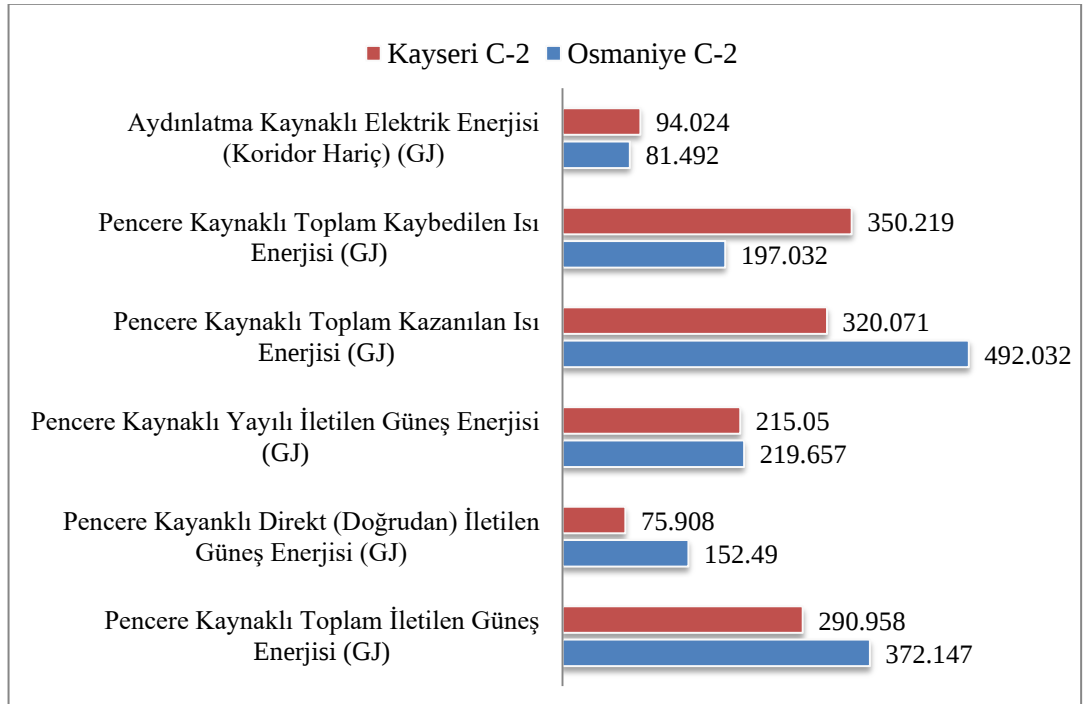
Şekil 4.1 Kayseri ve Osmaniye illeri için C-1 cam tipi kullanılarak elde edilen pencere ve aydınlatma kaynaklı veriler

Şekil 4.1’de verilen grafikte, pencere kaynaklı güneş enerjisi değerleri her iki il için de oldukça yüksek seviyedir. Bu seviyede değerlerin elde edilmesinde camların GIKK ve GIGK değerlerinin, 1’e çok yakın olmasının etkisi olduğu söylenebilir. Pencere kaynaklı güneş enerjisi değerleri bakımından Kayseri ili, Osmaniye iline göre daha düşük seviyededir.

C-1 cam tipinin U değeri, TS 825 normunda pencereler için belirlenen U değerinden çok yukarda olmasından dolayı, her iki ilde pencere kaynaklı ısı enerjisi kaybının oldukça yüksek çıktığı ilgili grafikte görülmektedir. Bununla birlikte C-1 cam tipinin sahip olduğu yüksek GIKK ve GIGK değerleri sayesinde pencere kaynaklı toplam kazanılan ısı enerjisi değerleri her iki il için yüksek seviyelere ulaşmıştır. İlgili grafikte Osmaniye şartlarında pencere kaynaklı ısı kazancın daha fazla, pencere kaynaklı ısı kaybın ise Kayseri şartlarında daha fazla olduğu görülmektedir.

İlgili grafikte, Osmaniye şartlarında pencere kaynaklı ısı kazanç değerinin pencere kaynaklı ısı kayıp değerinden fazla çıktığı görülmektedir. Bu durumun meydana gelmesinde Osmaniye iklim şartlarının ve cam tipinin GIGK ve GIKK değerlerinin 1 değerine yakın olmasının etkisi bulunmaktadır.

C-1 cam tipinin GIGK değeri, 22 cam tipi içerisinde en yüksek değere sahiptir. Cam tipinin bu özelliği her iki il için de yapay aydınlatma kaynaklı enerji gereksinimini en aşağı seviyeye indirmiştir. Şekil 4.1'de aydınlatma kaynaklı enerji gereksinimi bakımından Kayseri, Osmaniye'ye göre daha üst seviyede yer aldığı görülmektedir.

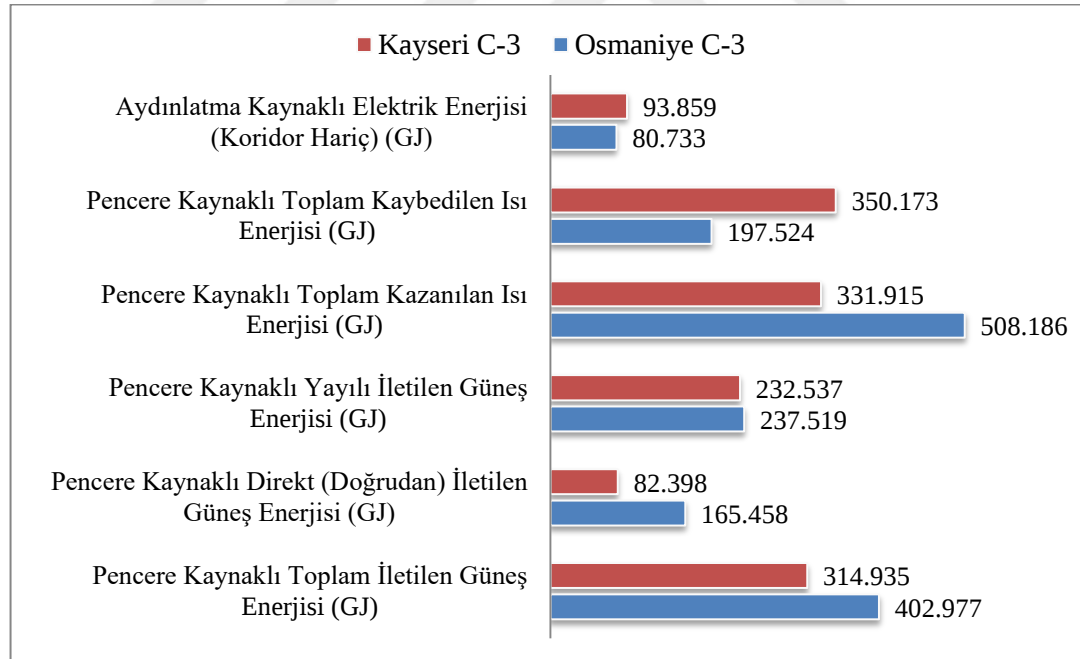


Şekil 4.2 Kayseri ve Osmaniye illeri için C-2 cam tipi kullanılarak elde edilen pencere ve aydınlatma kaynaklı veriler

C-2 cam tipinin, renginin gri olması görünür bölgedeki güneş ışınlam ve güneş ısısından sağlanan kazanç düzeyini düşürmüştür. Bu nedenle C-1 cam tipine kıyasla pencere kaynaklı güneş enerjisi değerlerinin, iki il için de daha düşük seviyelerde çıkmasına neden olmuştur. Şekil 4.2’de pencere kaynaklı güneş enerjisi (direkt, yayılı ve toplam) değerlerinin, Osmaniye şartlarında daha fazla çıktığı görülmektedir.

C-1 ve C-2 pencere tiplerinin ısı transfer katsayı değerleri aynı olsa bile güneş enerjisi geçirgenlik düzeylerinin farklı oluşu pencere kaynaklı toplam kazanç-kayıp değerlerinin farklı değerlere ulaşmasında etkili olmuştur. Şekil 4.2’de pencere kaynaklı toplam kazanılan ısı enerjisi değerinin Osmaniye şartlarında daha fazla, pencere kaynaklı toplam kaybedilen ısı enerjisi değerinin Kayseri şartlarında daha fazla olduğu görülmektedir.

C-2 cam tipinin güneş ışınlamı geçirgenlik kabiliyetinin C-1 cam tipine göre daha az olması C-2 cam tipi için aydınlatma kaynaklı enerji gereksinim düzeyinin artış göstermesine neden olduğu ilgili grafik verilerince anlaşılmaktadır.



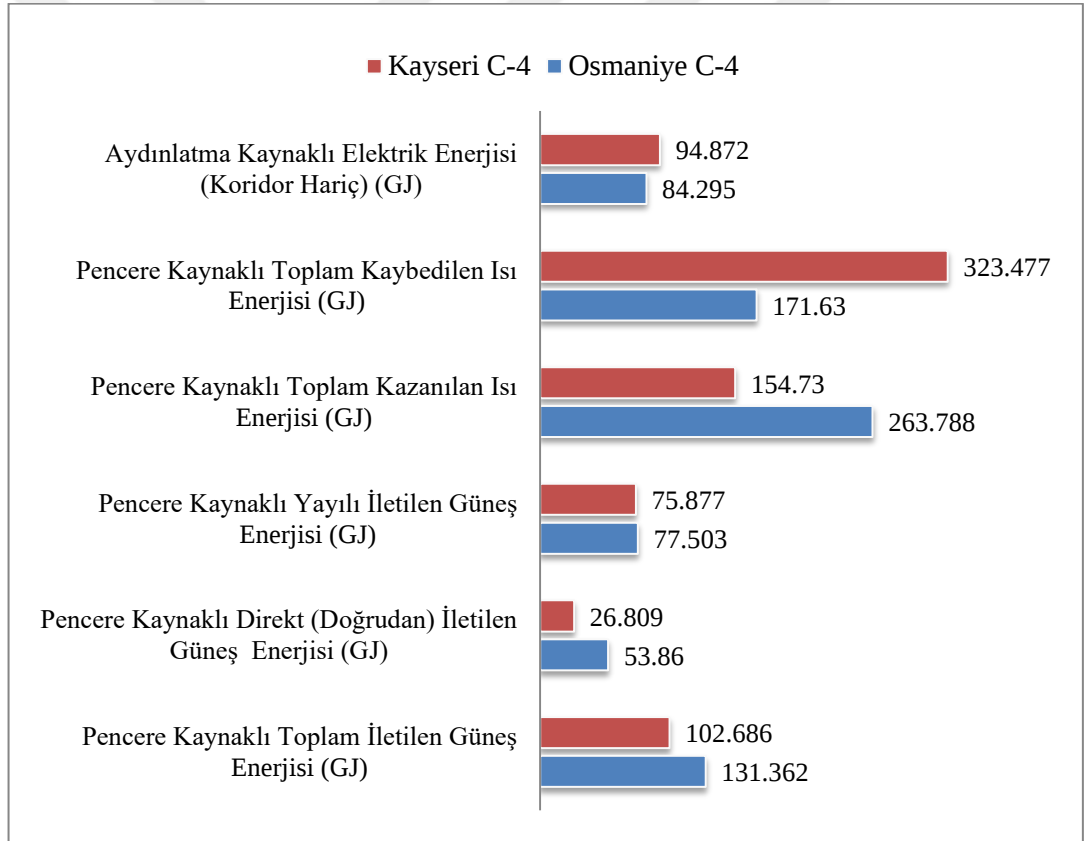
Şekil 4.3 Kayseri ve Osmaniye illeri için C-3 cam tipi kullanılarak elde edilen pencere ve aydınlatma kaynaklı veriler

C-3 cam tipinin GIKK ve GIGK değerlerinin C-1 ve C-2 cam tipinin bahsi geçen değerlerin arasında olması, pencere kaynaklı güneş enerjisi değerlerinin her iki il için

C-1 ve C-2 cam tiplerinin arasında yer alacak sayısal değerlerde çıkmasını sağlamıştır. Şekil 4.3'te pencere kaynaklı iletilen güneş enerjisi (direkt, yayılı ve toplam) değerlerinin Osmaniye şartlarında daha fazla çıktığı görülmektedir.

İlgili grafikte C-3 cam tipi için pencere kaynaklı kazanılan ısı enerjisi değeri Osmaniye şartlarında daha fazla çıkarken; pencere kaynaklı ısı kayıp değeri Kayseri şartlarında daha fazla çıkmıştır.

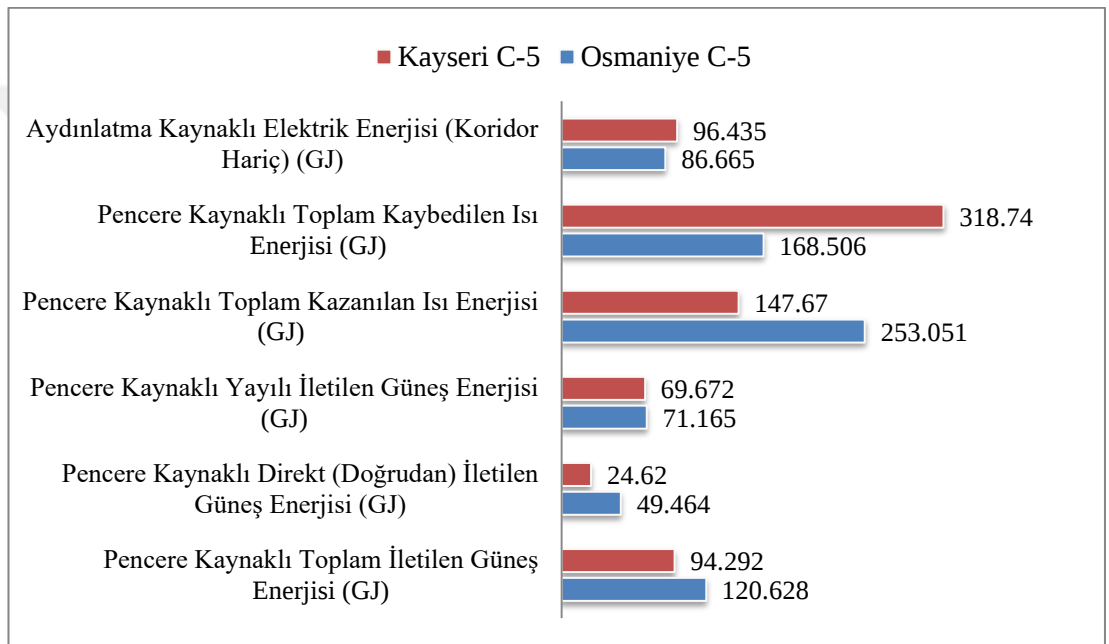
C-3 cam tipinin GIGK'si C-1 cam tipine göre daha düşük, C-2 cam tipine göre daha yüksektir. Bu nedenle yapay aydınlatma kaynaklı enerji gereksinimi değeri yine bu iki cam tipinin arasında yer almıştır. İlgili grafikte yapay aydınlatma kaynaklı enerji gereksiniminin Kayseri şartlarında daha fazla olduğu görülmektedir.



Şekil 4.4 Kayseri ve Osmaniye illeri için C-4 cam tipi kullanılarak elde edilen pencere ve aydınlatma kaynaklı veriler

C-4 cam tipinin GIGK ve GIKK değeri, önceki cam tiplerinin (C-1, C-2 ve C-3) bahsi geçen 2 katsayı değerinden aşağı seviyededir. Bu nedenle C-4 cam tipinin pencere kaynaklı güneş enerjisi değeri her iki il içinde daha aşağı düzeyde çıkmıştır.

C-4 cam tipinin, önceki cam tipleriyle (C-1, C-2 ve C-3) U değeri kıyaslandığında biraz daha düşük değere sahip olduğu görülmektedir. C-4 cam tipinin bu özelliği pencere kaynaklı ısı kazanç değerine katkı sağlasa da sahip olduğu düşük GIKK ve GIGK değerlerinden ötürü her iki il için de pencere kaynaklı ısı kazanç değerinin daha aşağı değerlerde çıkmasına neden olmuştur. Şekil 4.4'te Osmaniye şartlarında pencere kaynaklı toplam ısı kazanç değeri daha yüksek çıkarken, Kayseri şartlarında pencere kaynaklı ısı kayıp değeri daha yüksek çıkmıştır. Aydınlatma kaynaklı elektrik enerjisi değerleri karşılaştırıldığında, Kayseri ilinde yapay aydınlatma kaynaklı enerji gereksiniminin daha yüksek bir seviyede olduğu görülmektedir.

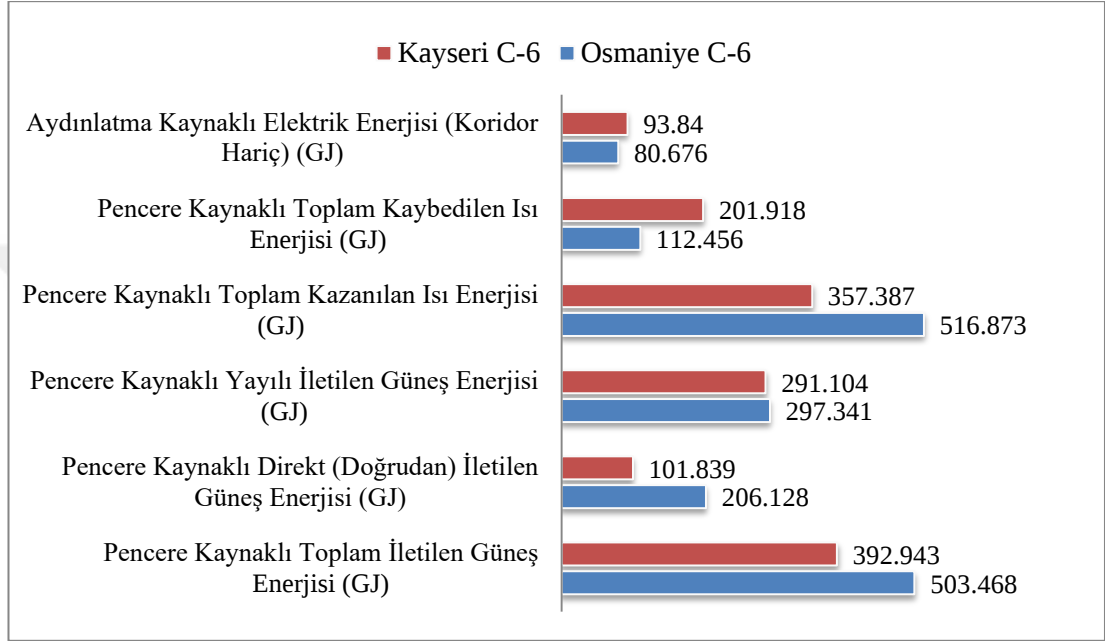


Şekil 4.5 Kayseri ve Osmaniye illeri için C-5 cam tipi kullanılarak elde edilen pencere ve aydınlatma kaynaklı veriler

C-4 ve C-5 cam tiplerinin her ikisi de güneş ışınlarını büyük oranda yansıtıcı özellikte olsalar da C-5 cam tipinin renkli olmasından kaynaklı GIKK ve GIGK değerleri daha düşüktür. Bu nedenle C-5 cam tipinin pencere kaynaklı iletilen güneş enerjisi değerleri biraz daha düşük seviyede çıkmıştır. Şekil 4.5'te Kayseri şartlarında pencere kaynaklı iletilen güneş enerjisi değerlerinin, Osmaniye'ye kıyasla daha düşük seviyede çıktığı görülmektedir.

C-5 cam tipinin U değeri, C-4 cam tipinin U değerinden daha düşüktür. Bu durum C-5 cam tipi için pencere kaynaklı ısı kaybın, C-4 cam tipine kıyasla biraz daha

azalmasına neden olmuştur. Şekil 4.5'te pencere kaynaklı ısıl kazanç Osmaniye ilinde daha fazlayken, pencere kaynaklı ısıl kayıp değeri Kayseri ilinde daha fazla olduğu görülmektedir. Yapay aydınlatma için gereken enerji değeri Kayseri ili için çok daha fazla çıkmıştır. C-5 pencere tipinin, görünür bölgedeki güneş ışınlarını geçirme kabiliyetinin oldukça kötü olması, Kayseri ve Osmaniye şartlarında yapay aydınlatma enerji gereksiniminin çok yüksek değerlere ulaşmasına neden olmuştur.



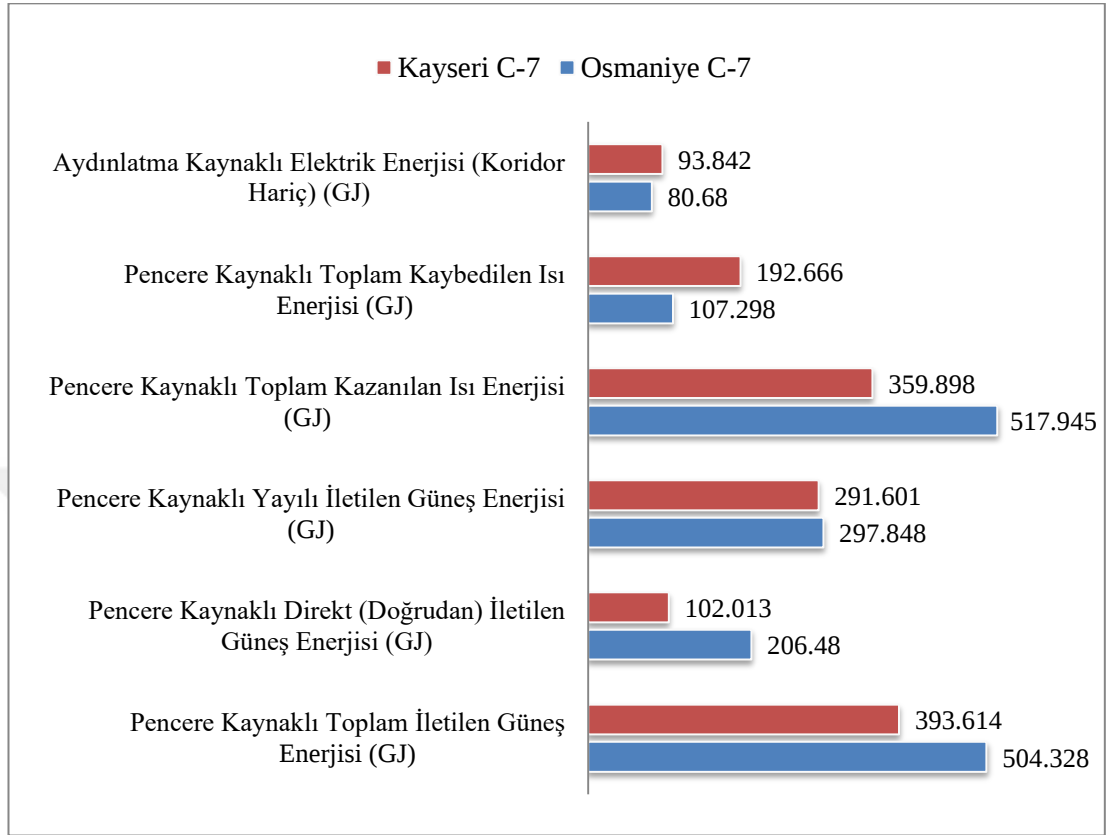
Şekil 4.6 Kayseri ve Osmaniye illeri için C-6 cam tipi kullanılarak elde edilen pencere ve aydınlatma kaynaklı veriler

C-6 cam tipinin C-1 cam tipi kadar olmasa da GIGK ve GIKK değerleri yüksek seviyededir. Bu nedenle Kayseri ve Osmaniye şartlarında pencere kaynaklı iletilen güneş enerjisi değerleri yüksek seviyede çıkmıştır. Şekil 4.6'da Osmaniye şartlarında pencere kaynaklı güneş enerjisi değerlerinin daha yüksek çıktığı görülmektedir.

C-6 cam tipinin U değerinin, C-1 cam tipinden oldukça aşağı değerde olması her iki il şartlarında pencere kaynaklı ısıl kaybın daha azalmasını sağlamıştır. Şekil 4.6'da pencere kaynaklı ısıl kazancın Osmaniye şartlarında daha fazla, pencere kaynaklı ısıl kaybın ise Kayseri şartlarında daha fazla olduğu görülmektedir.

C-6 cam tipi şeffaf ve kaplamasız özellikte olduğu için Kayseri ve Osmaniye şartlarında bina içinde iyi bir doğal aydınlatmanın olmasını sağladığı önceki cam

tipleriyle kıyaslandığında açıkça görülmektedir. Şekil 4.6’da yapay aydınlatma kaynaklı enerji gereksiniminin Kayseri şartlarında daha fazla olduğu görülmektedir.

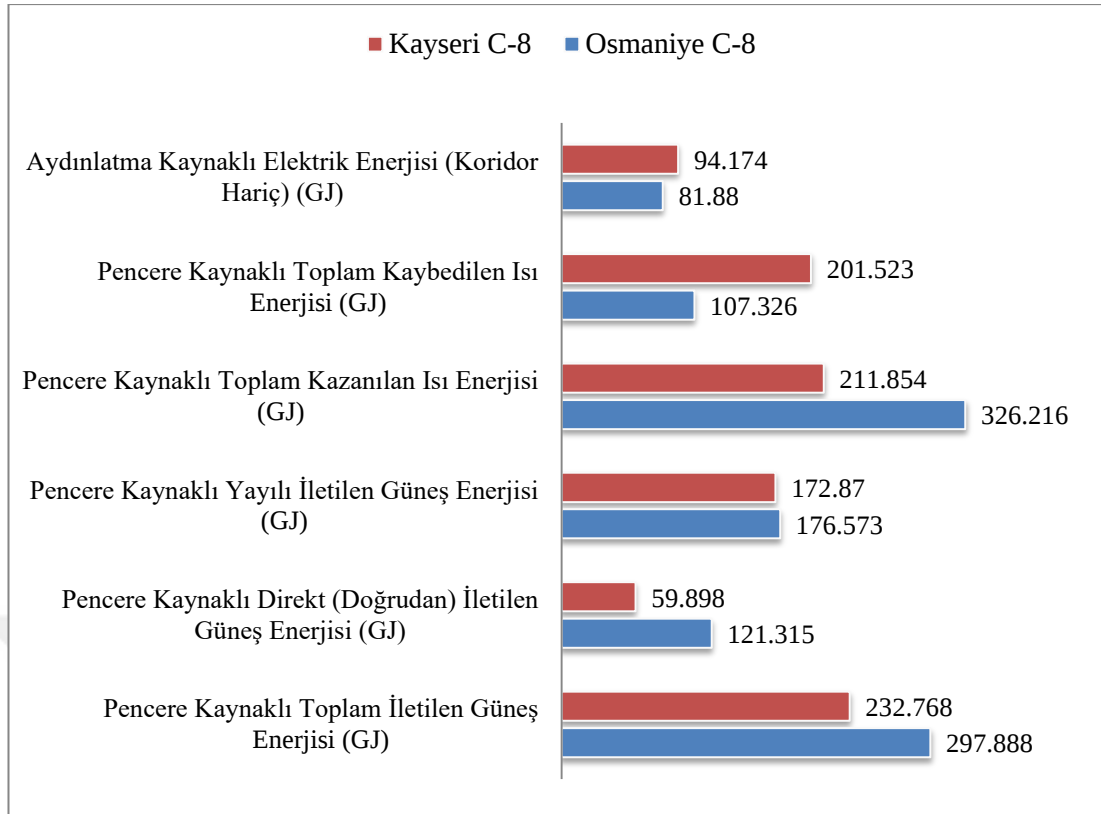


Şekil 4.7 Kayseri ve Osmaniye illeri için C-7 cam tipi kullanılarak elde edilen pencere ve aydınlatma kaynaklı veriler

C-7 cam tipi C-6 cam tipi gibi şeffaf ve kaplamasız özellikte olduğu için GIKK ve GIGK değerleri göreceli olarak yüksektir. Bu nedenle her iki ilde pencere kaynaklı iletilen güneş enerjisi değerleri birbirlerine çok yakın seviyededir.

Şekil 4.7’de pencere kaynaklı iletilen güneş enerjisi değerleri (direkt, yayıllı ve toplam) Osmaniye şartlarında daha fazla çıktığı görülmektedir.

C-7 cam tipinde ara dolgu akışanı olarak argon kullanılması pencere kaynaklı ısı kaybını, bir önceki cam tipine kıyasla daha da azaltmış olduğu görülmektedir. Şekil 4.7’de pencere kaynaklı ısı kazancın Osmaniye şartlarında daha fazla, pencere kaynaklı ısı kaybın Kayseri şartlarında daha fazla çıktığı görülmektedir. Aynı şekilde, yapay aydınlatma kaynaklı enerji gereksiniminin Kayseri şartlarında daha fazla çıktığı görülmektedir.

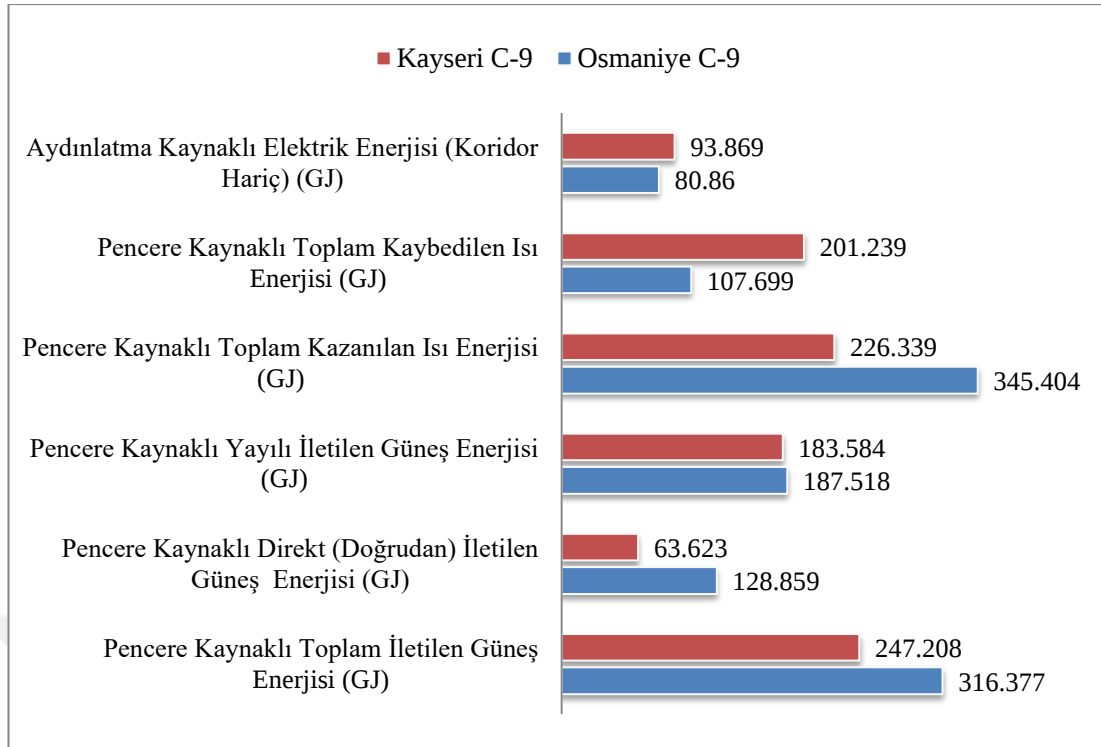


Şekil 4.8 Kayseri ve Osmaniye illeri için C-8 cam tipi kullanılarak elde edilen pencere ve aydınlatma kaynaklı veriler

Şekil 4.6, 4.7, 4.8’de verilen grafikler incelendiğinde; C-8 cam tipi için pencere kaynaklı iletilen güneş enerjisi değerlerinin, C-6 ve C-7 cam tipleri için bulunan bahsi geçen değerlerin gerisinde olduğu görülmektedir. Bu farklılığın oluşmasında pencere tipinin renkli olması etkili olduğu görülmektedir. Şekil 4.8’de Osmaniye şartlarında pencere kaynaklı iletilen güneş enerjisinin daha fazla çıktığı görülmektedir.

C-8 cam tipi için pencere kaynaklı ısı kazancının, C-6 ve C-7 cam tipleri için elde edilen ısı kazancının gerisinde olduğu görülmektedir. Bu durumun oluşmasında cam tipinin saydamlık derecesinin daha düşük olması etkili olmuştur. Şekil 4.8’de pencere kaynaklı ısı kazancının Osmaniye şartlarında daha yüksek, pencere kaynaklı ısı kaybının Kayseri şartlarında daha yüksek olduğu görülmektedir.

C-8 cam tipinin saydamlık derecesinin düşük olması, yapay aydınlatma gereksinimini de olumsuz etkilemiştir. Şekil 4.8’de Kayseri ilindeki yapay aydınlatma kaynaklı enerji gereksiniminin daha fazla olduğu görülmektedir.

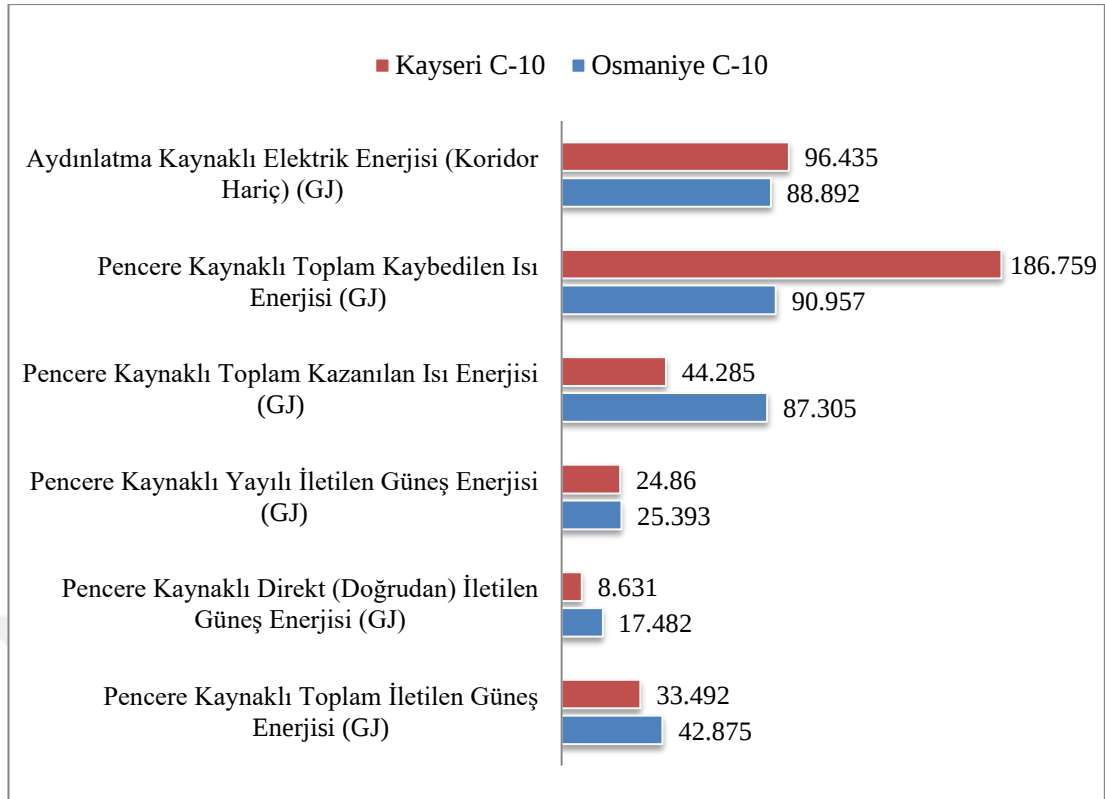


Şekil 4.9 Kayseri ve Osmaniye illeri için C-9 cam tipi kullanılarak elde edilen pencere ve aydınlatma kaynaklı veriler

C-9 cam tipinin GIGK ve GIKK değerleri, C-7 ve C-8 cam tiplerinin GIGK ve GIKK değerleri arasında yer almaktadır. Bu nedenle C-9 cam tipi için pencere kaynaklı iletilen güneş enerjisi değerleri de bu iki cam tipi arasında yer almıştır. Şekil 4.9'da pencere kaynaklı iletilen güneş enerjisinin Osmaniye şartlarında daha fazla çıktığı görülmektedir.

C-9 cam tipi için pencere kaynaklı ısı kazancı, C-7 ve C-8 cam tipleri için bulunan ilgili değerler arasında bir değerde çıkmıştır. Bu durumun oluşmasında yine GIGK ve GIKK değerlerinin etkisi bulunmaktadır. Şekil 4.9 pencere kaynaklı ısı kaybın Kayseri şartlarında daha fazla çıktığı görülmektedir.

C-9 cam tipinin GIGK değeri C-6 ve C-7 cam tiplerinin GIGK değerlerinden aşağı, C-8 cam tipinin GIGK değerinden yukarı seviyededir. Bu nedenle C-9 cam tipi için yapay aydınlatma kaynaklı enerji gereksinim değeri, C-6 ve C-7 tiplerine kıyasla daha yukarı seviyede; C-8 cam tipine kıyasla daha aşağı seviyede bulunmaktadır. Şekil 4.9'da yapay aydınlatma kaynaklı enerji gereksinimi Kayseri şartlarında daha fazla çıktığı görülmektedir.

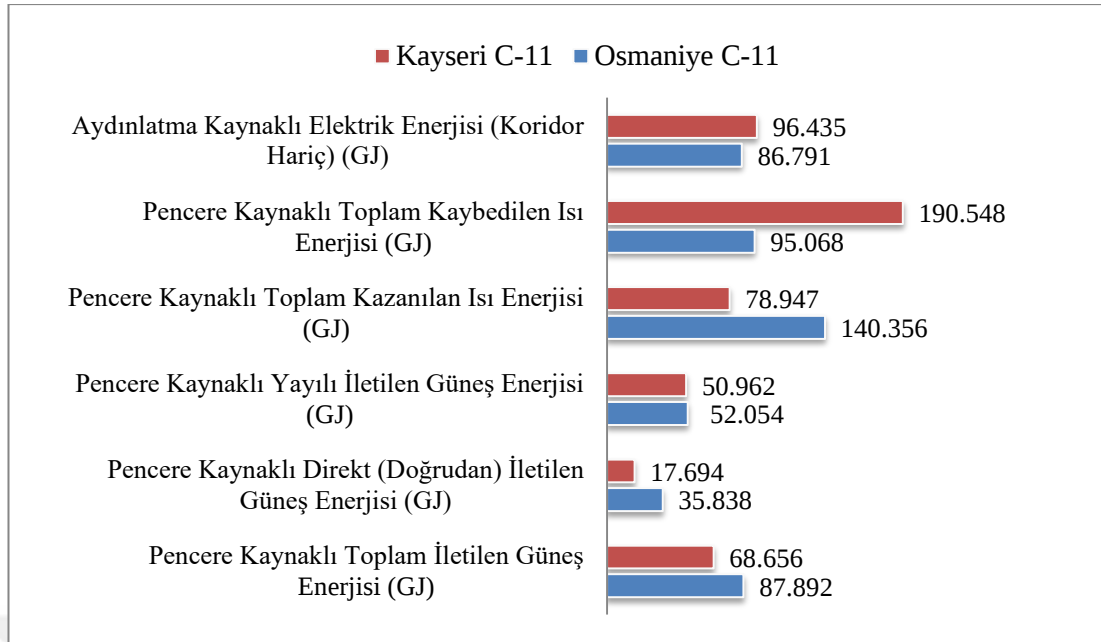


Şekil 4.10 Kayseri ve Osmaniye illeri için C-10 cam tipi kullanılarak elde edilen pencere ve aydınlatma kaynaklı veriler

C- 10 cam tipi yansıtıcı özellikli olduğundan her iki il şartlarında pencere kaynaklı iletilen güneş enerjisi değeri, kıyasla C-6, C-7, C-8 ve C-9 cam tiplerinin gerisinde çıkmıştır. Şekil 4.10'da pencere kaynaklı iletilen güneş enerjisi değeri Osmaniye şartlarında daha fazla çıkmıştır.

C-10 cam tipinin GIGK, GIKK ve U değerlerinin C-6 ve C-9 aralığındaki cam tiplerinin ilgili değerlerinden düşük düzeydedir. Bu durum pencere kaynaklı ısı kazanç ve pencere kaynaklı ısı kaybın daha aşağı seviyelerde görünmesine neden olmuştur. Şekil 4.10'da verilen grafikte, pencere kaynaklı ısı kazanç Osmaniye şartlarında daha fazla iken pencere kaynaklı ısı kayıp Kayseri şartlarında daha fazla çıkmıştır.

22 cam tipi içerisinde GIGK değeri en düşük cam tipi C-10 olduğundan her iki il şartlarında yapay aydınlatma kaynaklı enerji gereksinimi en yüksek değere ulaşmıştır. Şekil 4.10'da verilen grafikte yapay aydınlatma kaynaklı enerji gereksinimi Kayseri şartlarında daha fazla çıkmıştır.

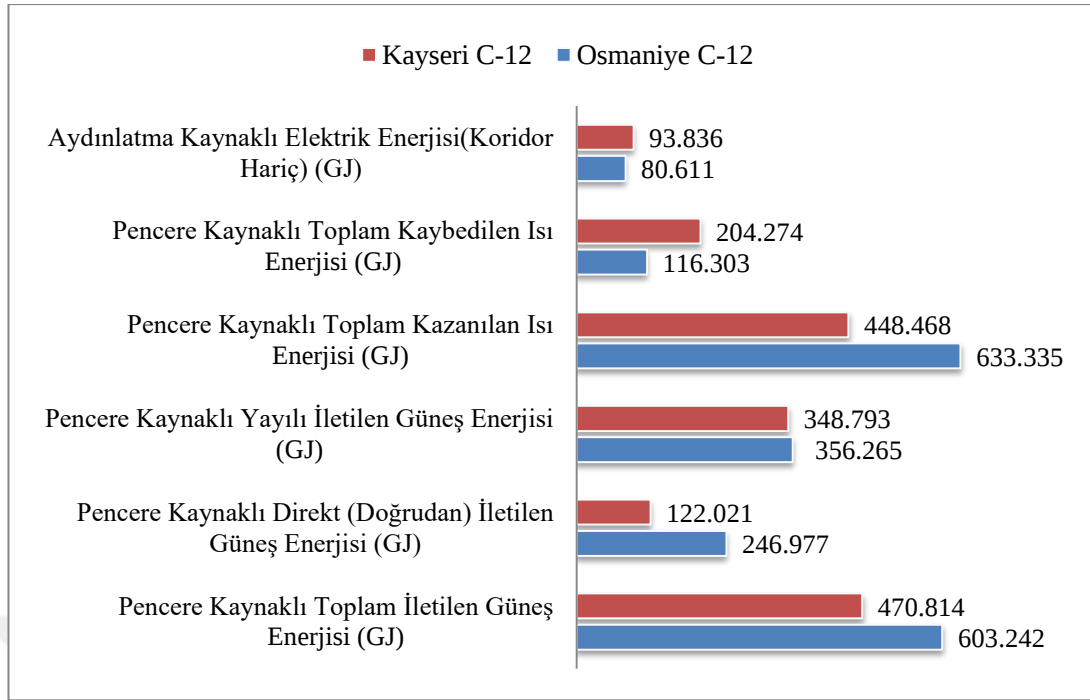


Şekil 4.11 Kayseri ve Osmaniye illeri için C-11 cam tipi kullanılarak elde edilen pencere ve aydınlatma kaynaklı veriler

C-11 cam tipi de C-10 cam tipi gibi yansıtıcı özellikte bir cam olduğu için her iki il şartlarında, pencere kaynaklı iletilen güneş enerjisi değeri oldukça düşük çıkmıştır. Şekil 4.11’de verilen grafikte pencere kaynaklı iletilen güneş enerjisi değeri Osmaniye şartlarında daha yüksek seviyedir.

C-11 cam tipinde camlar arasında herhangi bir dolgu akışkanı kullanılmamış olup, bu durum camın U değerinin C-10 cam tipi için bahsi geçen değerden daha yukarı seviyede olmasında etkili olmuştur. C-11 cam tipinin oldukça düşük GIGK ve GIKK değerlerine sahip olması pencere kaynaklı ısı kazancı da olumsuz etkilemiştir. Buna karşılık 2.4’ün altında kalan U değerinden ötürü pencere kaynaklı ısı kaybın nispeten düşük çıkmıştır. Şekil 4.11’de pencere kaynaklı ısı kazanç Osmaniye şartlarında daha fazla, pencere kaynaklı ısı kaybı Kayseri şartlarında daha fazla çıkmıştır.

C-11 cam tipinin yansıtıcı bir cam türü olmasından kaynaklı olarak, GIGK değeri oldukça düşüktür. Yapay aydınlatma kaynaklı enerji gereksinimi değeri de C-10 cam tipi için alınan sonuçlar gibi oldukça yüksektir. Şekil 4.11’de verilen grafikte pencere kaynaklı yapay aydınlatma kaynaklı enerji gereksinimi Kayseri şartlarında daha yüksek çıkmıştır.



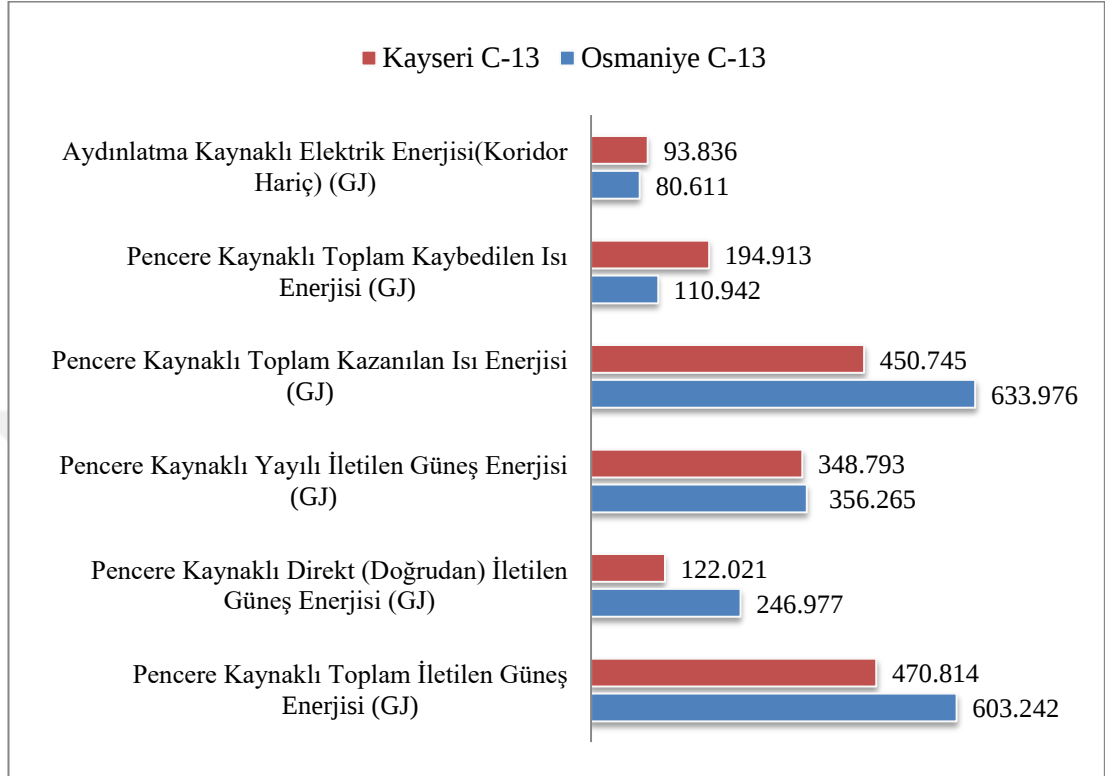
Şekil 4.12 Kayseri ve Osmaniye illeri için C-12 cam tipi kullanılarak elde edilen pencere ve aydınlatma kaynaklı veriler

C-12 cam tipinin GIKK ve GIGK değerleri, C-1 cam tipi kadar yüksek seviyededir. Şekil 4.12’de verilen grafikteki veriler incelendiğinde; C-12 cam tipinin bahsi geçen ilgili termofiziksel özellikleri, pencere kaynaklı güneş ışıyım enerjisi değerlerinin her iki il için de oldukça yüksek çıkmasını sağlamıştır. Pencere kaynaklı iletilen güneş ışıyım enerjisi değerleri Osmaniye şartlarında daha yüksek çıktığı görülmektedir.

C-12 ve C-1 cam tiplerinin her ikisi de şeffaf ve kaplamasız olsa da, C-12 cam tipinin ısı transfer katsayısı U, C-1 cam tipinin ısı transfer katsayısı U’nun oldukça gerisindedir. Bu nedenle C-12 cam tipinin pencere kaynaklı toplam kaybedilen ısı enerjisi değerini, C-1 cam tipinden daha aşağı seviyede olmasını her iki il için de sağladığı ilgili grafiklerde verilen veriler ışığında görülmektedir. Şekil 4.12’de pencere kaynaklı toplam kazanılan ısı enerjisi değeri Osmaniye şartlarında daha fazla, pencere kaynaklı toplam kaybedilen ısı enerjisi değeri Kayseri şartlarında daha fazla çıktığı görülmektedir.

Yapay aydınlatma kaynaklı enerji gereksiniminin, yansıtıcı, renkli yansıtıcı, renkli şeffaf cam tiplerinin verileri ile kıyaslandığında C-12 cam tipi için ilgili değerin her iki il için de daha aşağı seviyede olduğu yapılan karşılaştırmalar neticesinde

görülmüştür. Şekil 4.12’de, C-12 cam tipinin güneş ışığı geçirgenlik değeri yüksek seviyelerde olsa da yine beklenildiği gibi Kayseri şartlarında bu değer daha fazla çıkmıştır.

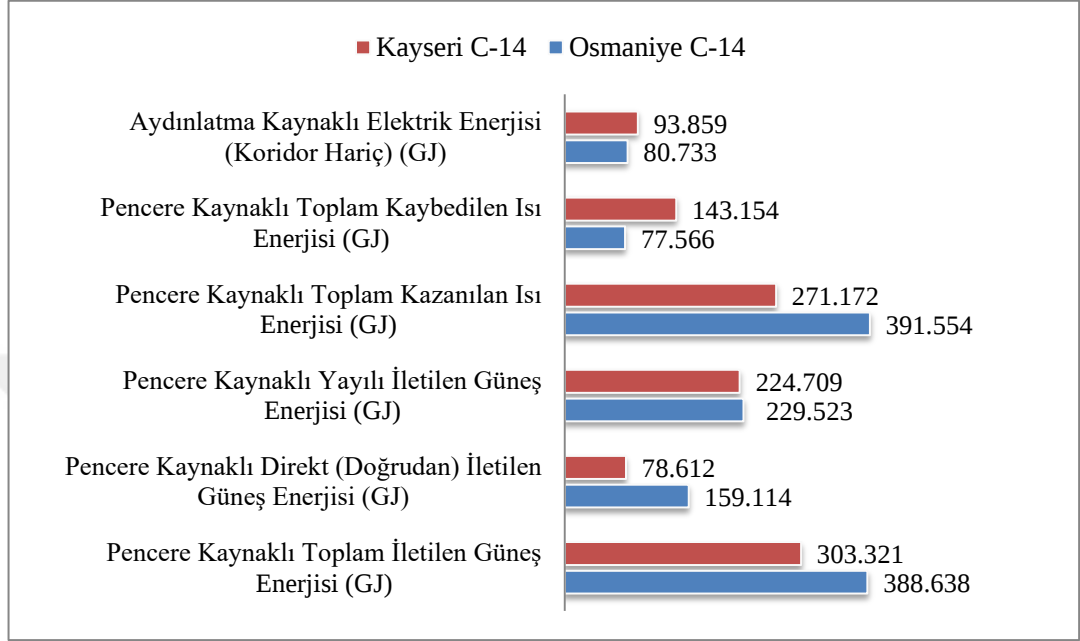


Şekil 4.13 Kayseri ve Osmaniye illeri için C-13 cam tipi kullanılarak elde edilen pencere ve aydınlatma kaynaklı veriler

C-13 cam tipinin GIKK ve GIGK değerleri, C-12 cam tipinin değeri ile aynıdır. Bundan dolayı pencere kaynaklı güneş ısıtım enerjisi değerleri her iki ilde de aynı çıkmıştır. Şekil 4.13’te pencere kaynaklı güneş ısıtım enerjisi değerleri Osmaniye şartlarında daha önde olduğu görülmektedir.

C-13 cam tipinde camlar arası dolgu akışkan argon tercih edildiğinden, ısı transfer katsayısı U, C-12 cam tipinin ısı transfer katsayısı U değerinin gerisindedir. Pencere camının bu özelliği, her iki ilde pencere kaynaklı toplam kaybedilen ısı enerjisi değerinin daha az çıkmasını sağlamıştır. Dolgu akışkanının argon tercih edilmesi her iki il için de pencere kaynaklı toplam kazanılan ısı enerjisi değerlerinde artış oluşmasına katkı sağlamıştır. Şekil 4.13’te pencere kaynaklı toplam kazanılan ısı enerjisinin Osmaniye şartlarında daha fazla, pencere kaynaklı toplam kaybedilen ısı enerjisinin Kayseri şartlarında daha fazla çıktığı görülmektedir.

Yapay aydınlatma kaynaklı enerji gereksinimi, C-12 ve C-13 cam tipinin GIGK değerlerinin eşit olmasından ötürü her iki il için de beklenildiği gibi aynı sayısal değerlerde çıkmıştır. Şekil 4.13'te aydınlatma kaynaklı enerji gereksinimi değerinin, Kayseri ilinde daha fazla çıktığı görülmektedir.



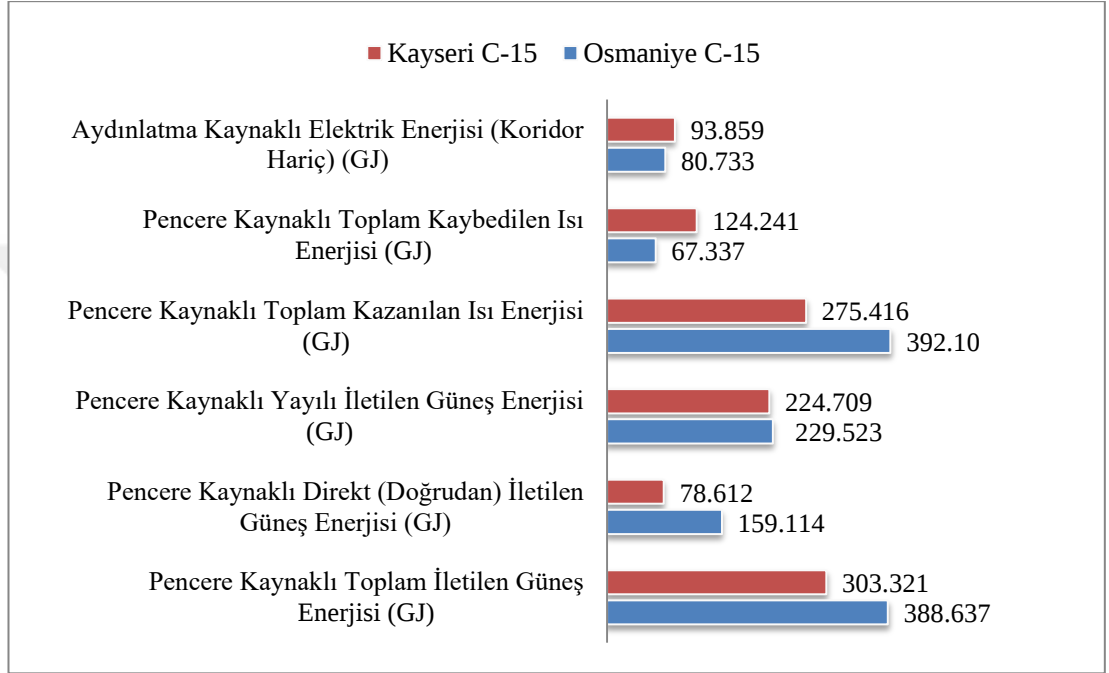
Şekil 4.14 Kayseri ve Osmaniye illeri için C-14 cam tipi kullanılarak elde edilen pencere ve aydınlatma kaynaklı veriler

C-14 cam tipinin tercih edilmesi, görünür bölgedeki güneş ışınlarını geçirme düzeyini ve güneşten sağlanan ısı enerjisi kazancını belirli seviyede azalttığından, her iki il için de pencere kaynaklı güneş ışınlam enerjisi değerlerinde azalma sağladığı C-1, C-6 ve C-7 gibi cam tiplerinin simülasyon grafikleri ile karşılaştırıldığında açıkça görülmektedir. Şekil 4.14'te pencere kaynaklı güneş enerjisi Osmaniye şartlarında daha fazla çıktığı görülmektedir.

C-14 cam tipinin ısı transfer katsayısının (U), 2'nin aşağısında olması; pencere kaynaklı kaybedilen ısı enerjisi düzeyinde her iki il için de azalma yaşanmasına katkı sağladığı; şeffaf cam tiplerinin simülasyon grafikleri incelendiğinde anlaşılmaktadır. Öte yandan pencere tipinin düşük yayıllımlı kaplamaya sahip olmasının, her iki il için pencere kaynaklı toplam kazanılan ısı enerjisi değerlerinde azalmaya neden olduğu karşılaştırmalar ışığında görülmektedir. Şekil 4.14'te pencere kaynaklı toplam kazanılan ısı enerjisi değeri Osmaniye şartlarında daha fazla, pencere kaynaklı

toplam kaybedilen ısı enerjisi değeri Kayseri şartlarında daha fazla olduğu görülmektedir.

Pencere camındaki düşük yayımlı kaplamanın GIGK değeri üzerindeki etkisiyle, yapay aydınlatma kaynaklı enerji gereksinimi Şekil 4.14'te verilmiştir. Bu grafikte yapay aydınlatma kaynaklı enerji gereksiniminin, Kayseri şartlarında daha fazla çıktığı görülmektedir.



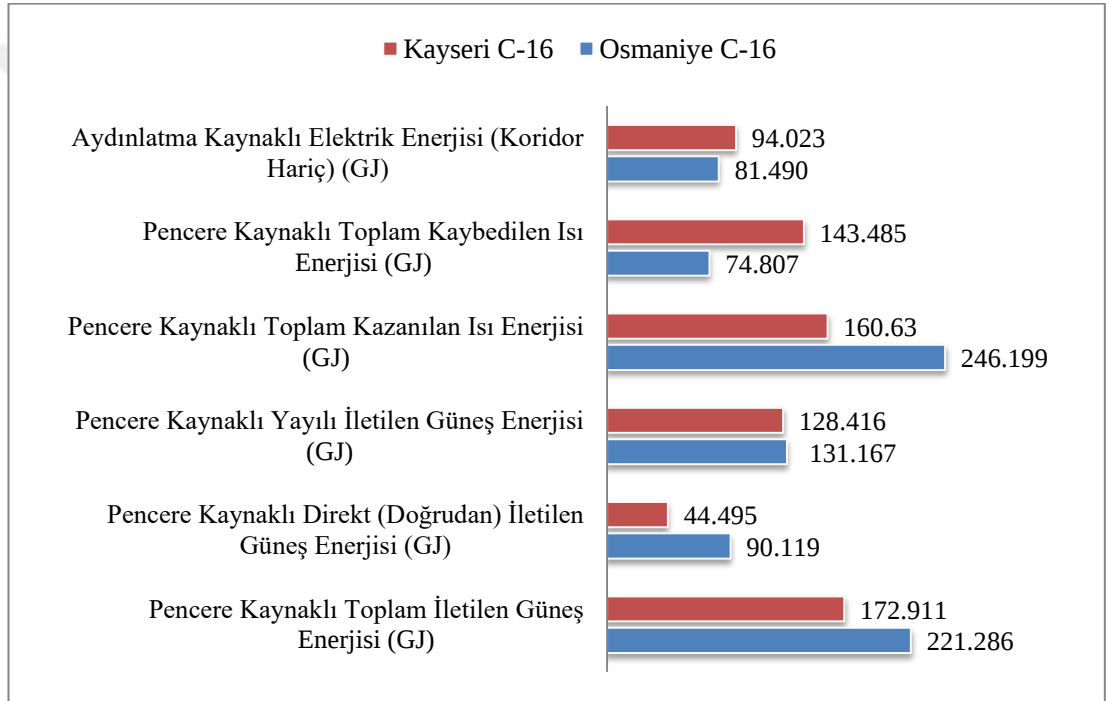
Şekil 4.15 Kayseri ve Osmaniye illeri için C-15 cam tipi kullanılarak elde edilen pencere ve aydınlatma kaynaklı veriler

C-15 cam tipinin, C-14 cam tipinden farklı olarak ara dolgu akışkanı argon tercih edilmiştir. Geriye kalan termofiziksel özellikleri (GIKK ve GIGK) her iki cam için aynı olduğundan pencere kaynaklı güneş ısıtım enerjisi düzeyleri her iki il şartlarında aynı çıkmıştır. Şekil 4.14 ve Şekil 4.15'te bahsi geçen durum görülmektedir. Şekil 4.15'te pencere kaynaklı güneş ısıtım enerjisi düzeyleri Osmaniye şartlarında daha fazla olduğu görülmektedir.

C-15 cam tipinde ara dolgu akışkanının argon tercih edilmesi, cam tipinin ısı performansını artırdığından ısı transfer katsayısı U değerinin biraz daha aşağı değerde çıkmasını sağlamıştır. C-15 cam tipinin her iki il için pencere kaynaklı toplam kaybedilen ısı enerjisi değerlerinin, C-14 cam tipi ile kıyaslandığında biraz daha geriye çekildiği yine Şekil 4.14 ve Şekil 4.15'te verilen değerlerde

görülmektedir. Bununla beraber pencere kaynaklı toplam kazanılan ısı enerjisi değerlerinin de biraz daha artış gösterdiği görülmektedir. C-15 cam tipi için pencere kaynaklı toplam kazanılan ısı enerjisi Osmaniye şartlarında daha fazla, toplam kaybedilen ısı enerjisi değeri Kayseri şartlarında daha fazla çıktığı Şekil 4.15'te verilen grafikte görülmektedir.

C-14 ve C-15 cam tipinin GIGK değerleri aynı olduğundan kendi içinde Kayseri ve Osmaniye şartlarındaki yapay aydınlatma kaynaklı enerji gereksinimi değerleri aynı seviyede çıkmıştır. Şekil 4.15'te yapay aydınlatma kaynaklı enerji gereksiniminin, Kayseri şartlarında daha fazla çıktığı görülmektedir.

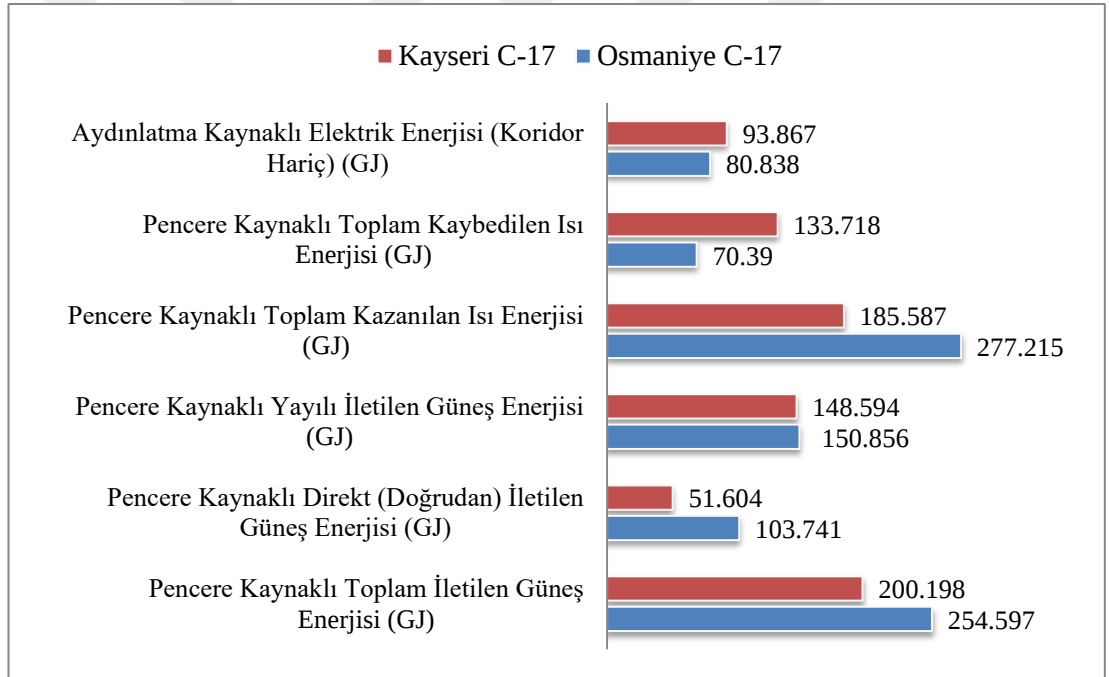


Şekil 4.16 Kayseri ve Osmaniye illeri için C-16 cam tipi kullanılarak elde edilen pencere ve aydınlatma kaynaklı veriler

C-16 cam tipinin, görünür bölgedeki ışığı geçirme ve güneş ısısından sağlanan kazanç yüzdesi C-14 ve C-15 cam tiplerine kıyasla daha aşağı seviyededir. Bu durum, pencere kaynaklı güneş ışıyım enerjisi değerlerinin, her iki il için de daha aşağı seviyede çıkmasına neden olmuştur. Renkli cam tercihinin, pencere camının GIKK ve GIGK değerlerinin oluşmasındaki etkisi, düşük yayımlı kaplamalı çift cam tiplerinde de görülmüştür. Şekil 4.16'da pencere kaynaklı güneş ışıyım enerjisi değerleri Osmaniye ilinde daha yüksek çıktığı görülmektedir.

C-16 cam tipinin U değeri, C-15 cam tipinin U değerinden daha fazladır. Bu durum pencere kaynaklı ısı kayıp noktasında etkisini göstererek, C-16 cam tipi için ısı kaybın her iki ilde daha yüksek çıkmasına neden olmuştur. Şekil 4.16’da C-16 cam tipi için pencere kaynaklı toplam kazanılan ısı enerjisi değeri Osmaniye şartlarında daha fazla, pencere kaynaklı toplam kaybedilen ısı enerjisi değeri Kayseri şartlarında daha fazla çıktığı görülmektedir.

C-16 cam tipinin GIGK değeri, C-14 ve C-15 cam tiplerinin GIGK değerlerinden aşağı değerdedir. Bu nedenle C-16 cam tipi için yapay aydınlatma kaynaklı enerji gereksinimi her iki il için daha yukarı bir değerde çıkmıştır. Şekil 4.16’da yapay aydınlatma kaynaklı enerji gereksiniminin Kayseri şartlarında daha fazla çıktığı görülmektedir.

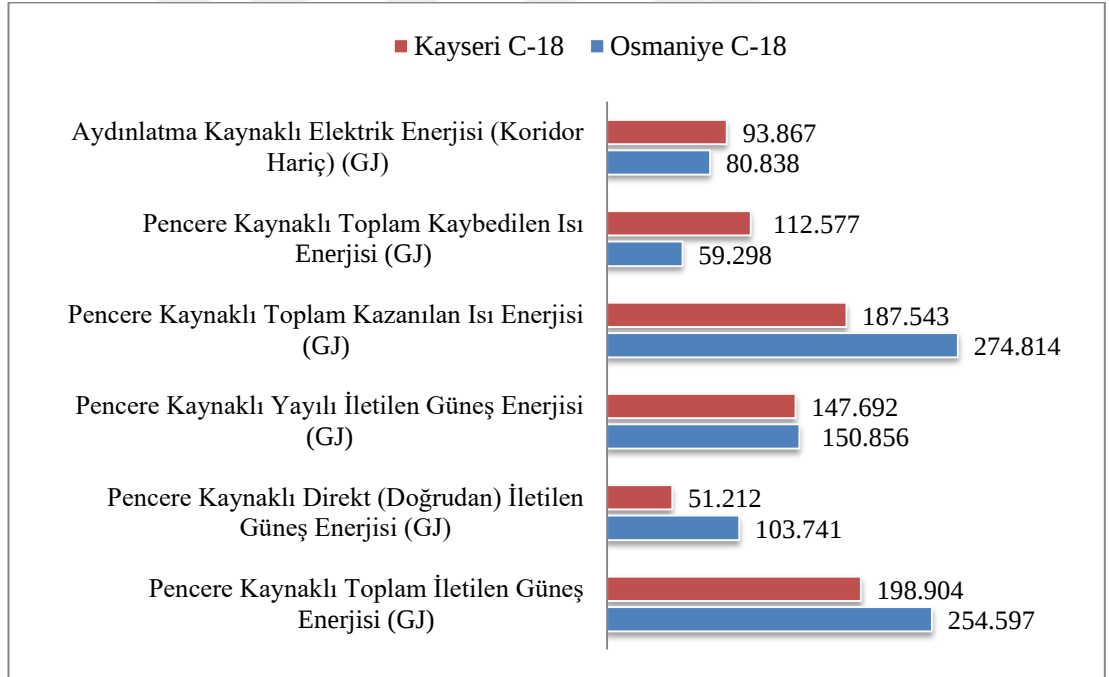


Şekil 4.17 Kayseri ve Osmaniye illeri için C-17 cam tipi kullanılarak elde edilen pencere ve aydınlatma kaynaklı veriler

C-17 cam tipi sahip olduğu seçici geçirgen film sayesinde C-16 cam tipinden daha yüksek GIKK ve GIGK değerlerine sahiptir. Şekil 4.16 ve Şekil 4.17’de verilen grafik verileri incelendiğinde; C-17 cam tipinin pencere kaynaklı güneş ışınlam enerjisi değerlerinin beklenildiği üzere C-16 cam tipinin gerisinde olduğu görülmektedir. Şekil 4.17’de pencere kaynaklı güneş ışınlam enerjisi değerlerinin Osmaniye şartlarında daha fazla olduğu görülmektedir.

C-17 cam tipinin U değerinin, C-16 cam tipinin U değerinden daha düşük ve GIKK ile GIGK değerlerinin biraz daha yüksek seviyede olması pencere kaynaklı toplam kaybedilen ısı enerjisi değerinin her iki il için daha aşağı seviyeye gerilemesini sağlamıştır. Buna karşılık pencere kaynaklı toplam kazanılan ısı enerjisi değerlerinde her iki il için artma gözlemlenmiştir. Şekil 4.17’de pencere kaynaklı toplam kazanılan ısı enerjisi değeri Osmaniye şartlarında daha fazla, pencere kaynaklı toplam kaybedilen ısı enerjisi değeri Kayseri şartlarında daha fazla olduğu görülmektedir.

C-17 cam tipinin sahip olduğu seçici geçirgen film; görünür bölgedeki güneş ışınımlarını, C-16 cam tipine kıyasla daha iyi düzeyde geçirdiğinden C-17 cam tipinin yapay aydınlatma kaynaklı enerji gereksinimi C-16 cam tipine göre daha geri seviyede çıkmıştır. Şekil 4.17’de yapay aydınlatma kaynaklı enerji gereksiniminin Kayseri şartlarında daha fazla çıktığı görülmektedir.

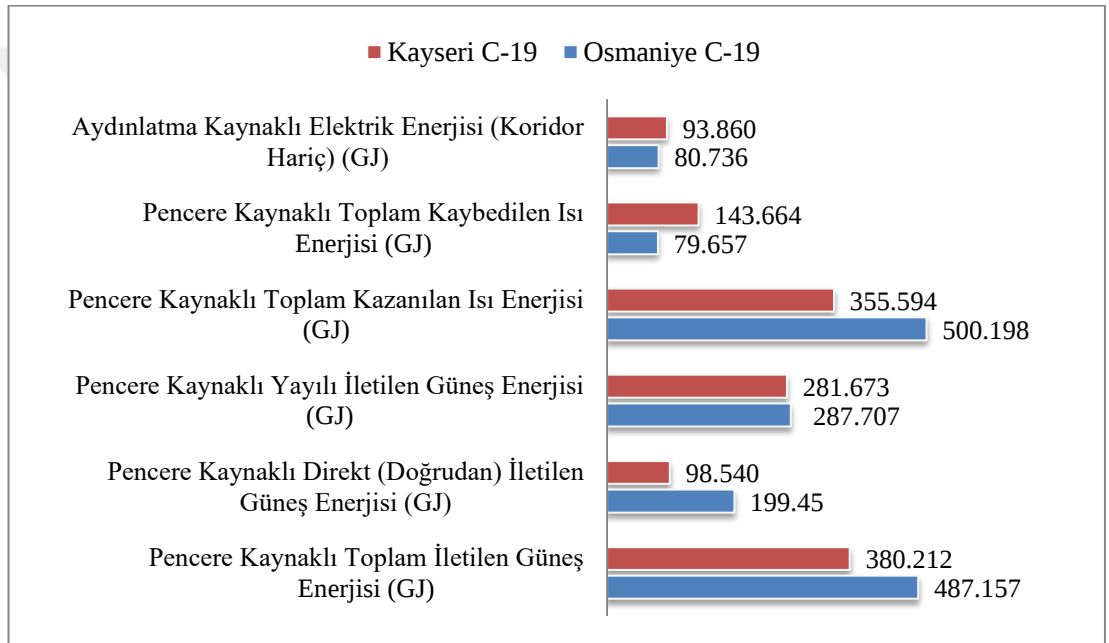


Şekil 4.18 Kayseri ve Osmaniye illeri için C-18 cam tipi kullanılarak elde edilen pencere ve aydınlatma kaynaklı veriler

C-17 ve C-18 cam tipinin GIKK ve GIGK değerlerinin birbirine çok yakın olmasından dolayı her iki ilde pencere kaynaklı güneş ısıtım enerjisi değerleri birbirine yakın çıkmıştır. Şekil 4.18’de pencere kaynaklı güneş ısıtım enerjisi değeri Osmaniye şartlarında daha fazla çıktığı görülmektedir.

C-18 cam tipinde camlar arası dolgu akışkanının argon tercih edilmesi C-17 cam tipine kıyasla, her iki il içinde pencere kaynaklı ısı kaybı azaltmış olup, pencere kaynaklı ısı kazanç artırmıştır. Şekil 4.18’de pencere kaynaklı ısı kazancın Osmaniye şartlarında daha fazla, pencere kaynaklı ısı kaybın Kayseri şartlarında daha fazla olduğu görülmektedir.

C-17 ve C-18 cam tipinin görünür bölgedeki güneş ışınlamalarını geçirme düzeyleri aynı olduğundan, yapay aydınlatma kaynaklı enerji gereksinimi il bazında aynı seviyede çıkmıştır. Şekil 4.18’de yapay aydınlatma kaynaklı enerji gereksiniminin, Kayseri şartlarında daha fazla çıktığı görülmektedir.



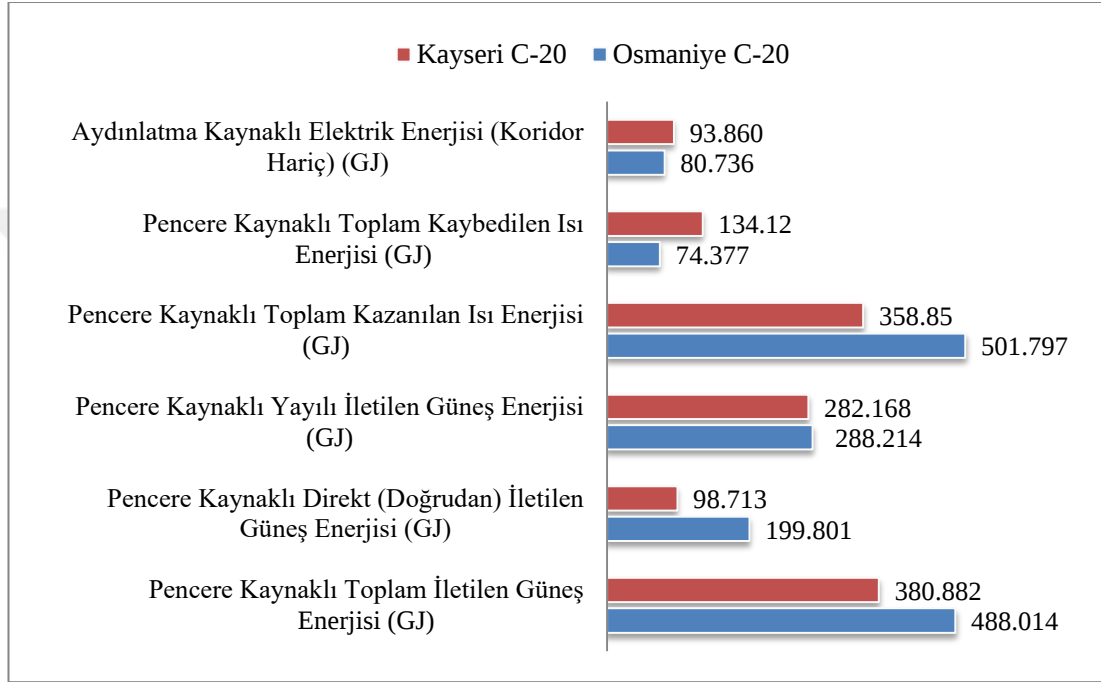
Şekil 4.19 Kayseri ve Osmaniye illeri için C-19 cam tipi kullanılarak elde edilen pencere ve aydınlatma kaynaklı veriler

C-19 cam tipinin GIGK ve GIKK değerlerinin, C-6 cam tipine göre daha aşağı seviyede olması, C-19 cam tipinin pencere kaynaklı güneş ışınlam enerji değerlerinin her iki ilde daha aşağı seviyede çıkmasına neden olmuştur. Şekil 4.19’da pencere kaynaklı güneş ışınlam enerji değerlerinin, Osmaniye şartlarında daha fazla olduğu görülmektedir.

C-19 cam tipinde camlar arası argon dolgu akışkanının kullanılması, her iki il için de pencere kaynaklı toplam kazanılan ısıнын artmasında, pencere kaynaklı toplam kaybedilen ısı enerjisinin azalmasında etkili olmuştur. Şekil 4.19’da pencere kaynaklı

toplam kazanılan ısı enerjisinin Osmaniye şartlarında daha fazla, pencere kaynaklı toplam kaybedilen ısı enerjisinin Kayseri şartlarında daha fazla çıktığı görülmektedir.

C-19 cam tipinin GIGK değerinin, C-6 cam tipine kıyasla daha aşağıda olması, yapay aydınlatma kaynaklı enerji gereksinim değerinin her iki ilde biraz daha artmasına sebep olmuştur. Şekil 4.19’da yapay aydınlatma kaynaklı enerji gereksiniminin Kayseri şartlarında daha fazla olduğu görülmektedir.

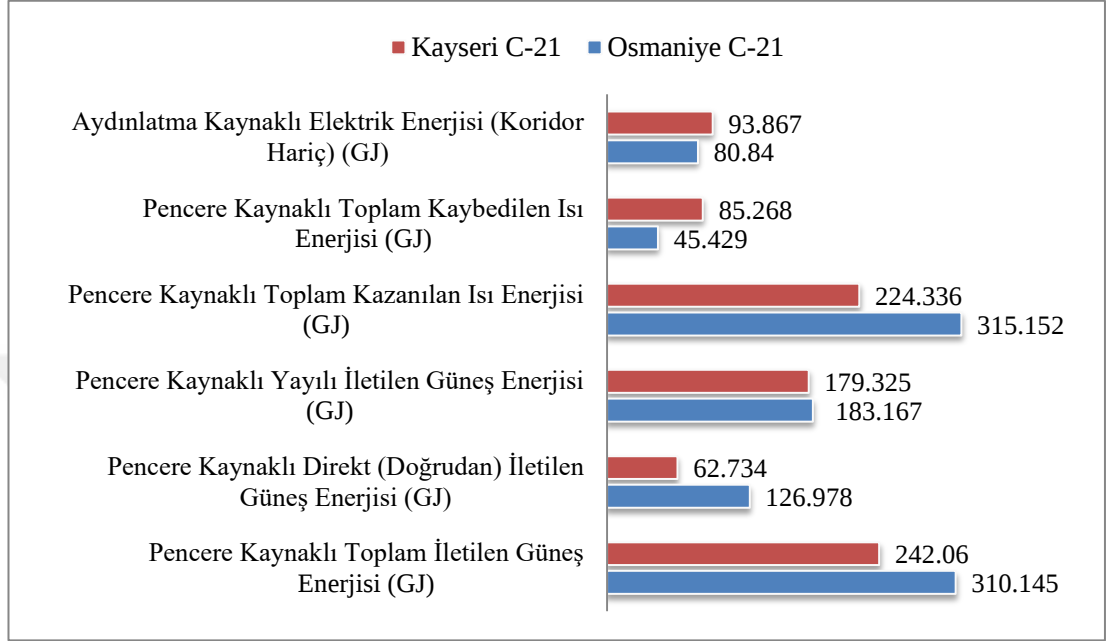


Şekil 4.20 Kayseri ve Osmaniye illeri için C-20 cam tipi kullanılarak elde edilen pencere ve aydınlatma kaynaklı veriler

C-20 cam tipi ile C-19 cam tipinin GIKK değeri neredeyse aynı ve GIKK değeri de aynı olduğundan pencere kaynaklı güneş ışınlam enerjisi değerleri, her iki il bazında yakın seviyelerde çıkmıştır. Şekil 4.20’de pencere kaynaklı güneş ışınlam enerjisi değerlerinin, Osmaniye şartlarında daha fazla çıktığı görülmektedir.

C-20 cam tipinde camlar arası dolgu akışkanın argon seçilmesi, ısı transfer katsayı değerini biraz daha aşağı çekmesinden ötürü her iki ilde pencere kaynaklı ısı enerjisi kaybını azaltırken, pencere kaynaklı ısı kazancın biraz daha artmasına katkı sağlamıştır. Şekil 4.20’de pencere kaynaklı toplam kazanılan ısı enerjisi değerinin, Osmaniye şartlarında daha fazla, pencere kaynaklı toplam kaybedilen ısı enerjisi değerinin Kayseri şartlarında daha fazla çıktığı görülmektedir.

C-19 ve C-20 cam tipinin GIGK değerleri aynı olduğu için yapay aydınlatma kaynaklı enerji gereksinimi her iki ilde il bazında eşit seviyede çıkmıştır. Şekil 4.20’de yapay aydınlatma kaynaklı enerji gereksiniminin Kayseri şartlarında daha fazla çıktığı görülmektedir.



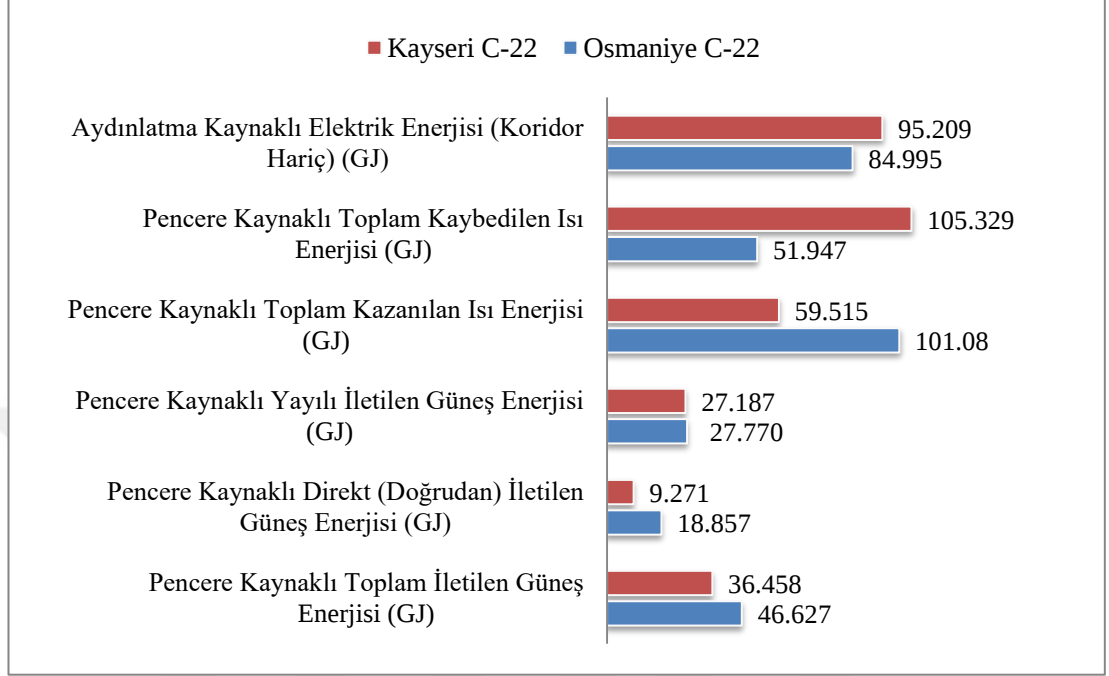
Şekil 4.21 Kayseri ve Osmaniye illeri için C-21 cam tipi kullanılarak elde edilen pencere ve aydınlatma kaynaklı veriler

C-21 cam tipinin GIKK ve GIGK değerleri, düşük yayımlı kaplamasız şeffaf üçlü camlı pencere tiplerinin (C-19 ve C-20) gerisindedir. Bundan kaynaklı olarak C-21 cam tipinin pencere kaynaklı güneş enerjisi değerleri her iki ilde daha aşağı seviyelerde çıkmıştır. Şekil 4.21’de pencere kaynaklı güneş ışınlam enerjisi değerlerinin Osmaniye şartlarında daha fazla çıktığı görülmektedir.

C-21 cam tipinin ısı transfer katsayı değerinin 22 cam tipi arasında en düşük değere sahip olması, her iki il için pencere kaynaklı ısı kaybın azaltılmasında etkili olmuştur. Ayrıca C-19 ve C-20 cam tiplerine kıyasla pencere kaynaklı ısı kayıp değerinin daha aşağı değerde çıkmasına katkı sağlamıştır. Şekil 4.21’de pencere kaynaklı ısı kazanç değerinin Osmaniye şartlarında daha fazla, pencere kaynaklı ısı kaybın Kayseri şartlarında daha fazla olduğu görülmektedir.

C-21 cam tipinde düşük yayımlı kaplamanın etkisiyle GIGK değerlerinde azalma olduğu görülmektedir. Bu durum yapay aydınlatma kaynaklı enerji gereksinim

değerlerinin her iki ilde artış göstermesine neden olmuştur. Şekil 4.21’de yapay aydınlatma kaynaklı enerji gereksiniminin Kayseri şartlarında daha fazla olduğu görülmektedir.



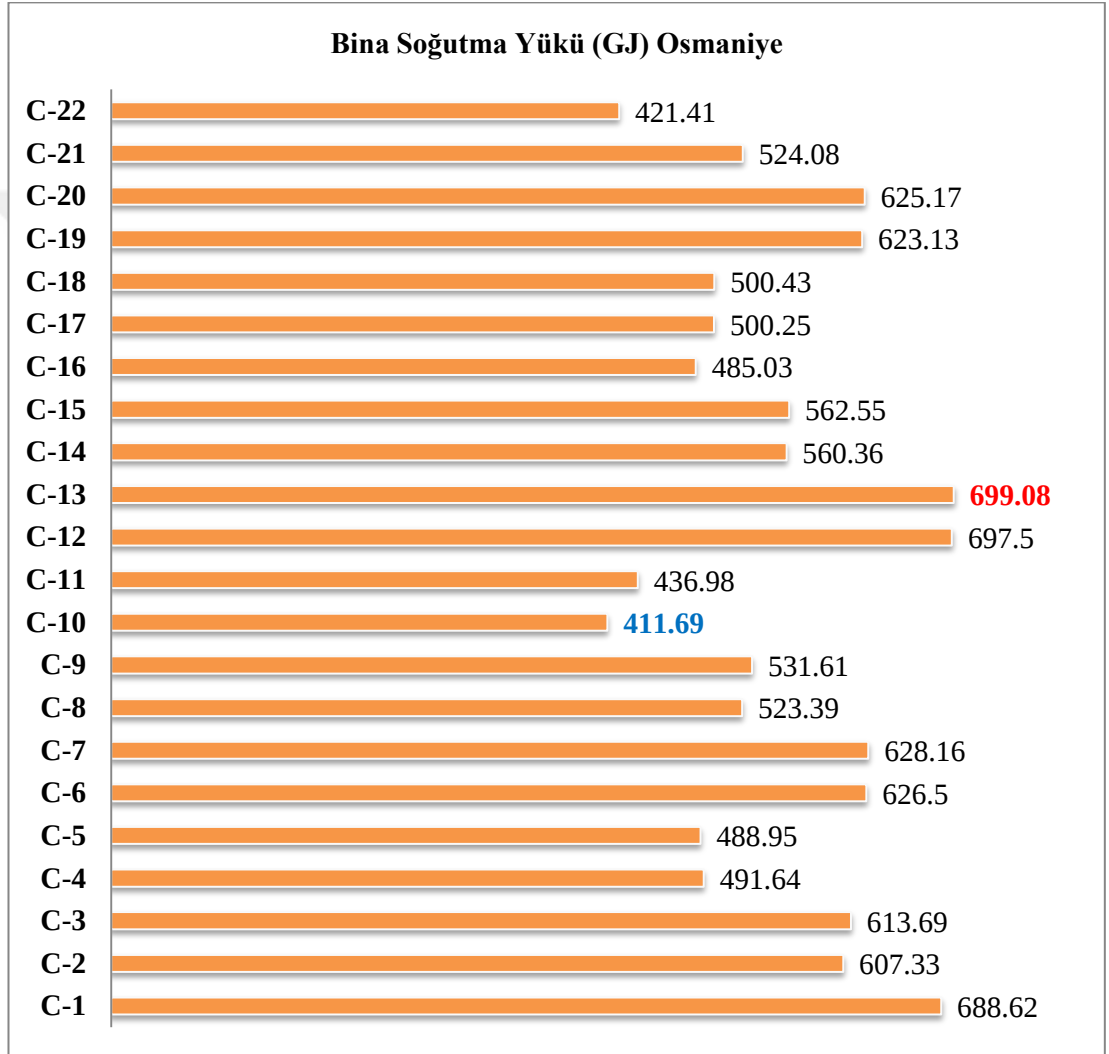
Şekil 4.22 Kayseri ve Osmaniye illeri için C-22 cam tipi kullanılarak elde edilen pencere ve aydınlatma kaynaklı veriler

C-22 cam tipinin, ısı transfer katsayısının 1 civarında olması ve GIKK ve GIGK değerlerinin 0 değerine yakın olması pencere kaynaklı güneş ışıyım enerjisi değerlerinin her iki ilde oldukça düşük seviyelerde çıkmasına neden olmuştur. 22 cam tipi içerisinde her iki il için de pencere kaynaklı güneş ışıyım enerjisi sıralamasında sondan 2. olan cam tipi olarak belirlenmiştir. Şekil 4.22’de pencere kaynaklı güneş ışıyım enerjisi değerlerinin Osmaniye şartlarında daha fazla olduğu görülmektedir.

C-22 cam tipinin 0 değerine yakın GIKK ve GIGK değerlerine sahip olması üçlü camlar arasında her iki ilde de pencere kaynaklı toplam kazanılan ısı enerjisi değerinin, en aşağı seviyede olmasını sağlamıştır. Isı transfer katsayı değerinin de 1 civarında olması, her iki il için de pencere kaynaklı ısı enerjisi kaybının önemli ölçüde azaltılmasını sağladığı söylenebilir. Şekil 4.22’de pencere kaynaklı toplam kazanılan ısı enerjisi değerinin Osmaniye şartlarında daha fazla, pencere kaynaklı

toplam kaybedilen ısı enerjisi değerinin Kayseri şartlarında daha fazla olduğu görülmektedir.

Üçlü cam tipleri içerisinde C-22 cam tipinin görünür bölgedeki güneş ışınlamalarını geçirme kabiliyeti en düşük cam tipi olması, her iki ilde yapay aydınlatma kaynaklı enerji gereksinim değerlerinin bu grup içerisinde en yukarı seviyeye ulaşmasına neden olmuştur. Şekil 4.22’de yapay aydınlatma kaynaklı enerji gereksinim değerinin Kayseri şartlarında daha fazla olduğu görülmektedir.



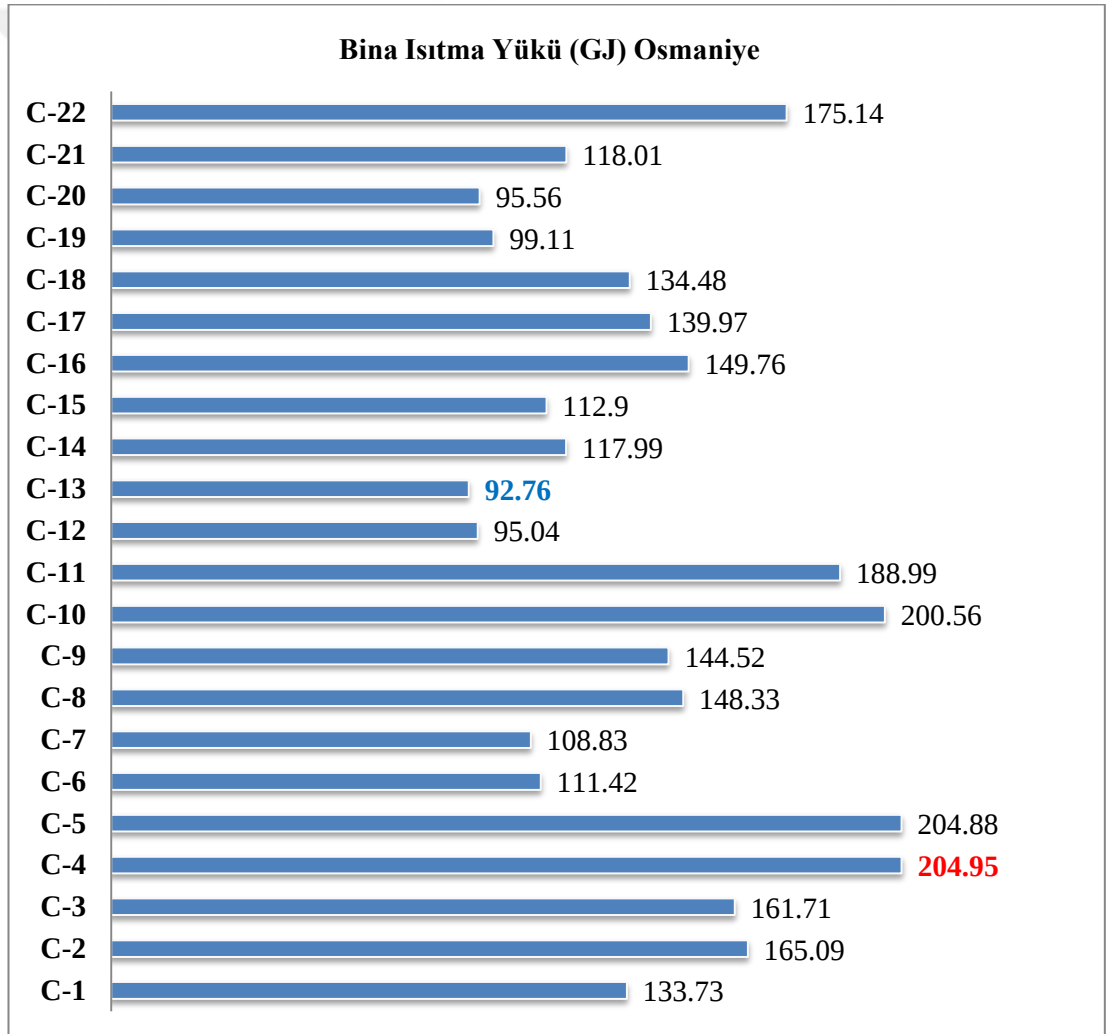
Şekil 4.23 Osmaniye iklim şartlarında, 22 cam tipi için simülasyon sonucu elde edilen bina soğutma yüğü değerleri

Şekil 4.23’te verilen grafikte, Osmaniye şartlarında tüm cam tipleri için elde edilen bina soğutma yükleri karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmaya göre bina yıllık soğutma yükünün en fazla çıktığı cam tipi C-13 olarak belirlenmiştir. Bu cam tipi

kullanılarak, pencere duvar oranı 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 olarak belirlenen sayısal değerler için bina enerji performansına olan etkisi tekrar incelenecektir.

C-13 cam tipinin GIGK ve GIKK değerlerinin 0.8 civarında olması Osmaniye şartlarında bina soğutma yükünün en yüksek değere ulaşmasında önemli bir katkı sağlamıştır. Ayrıca ilgili cam tipinin U değerinin 2.5 civarında olması, pencere kaynaklı ısı kaybın soğutma yükünün düşürülmemesinde etkili olmuştur.

C-10 cam tipi, 22 cam tipi arasında en düşük GIGK ve GIKK değerlerine sahiptir. Bu durum, Osmaniye şartlarında en düşük soğutma yükünün elde edilmesinde etkili olmuştur.



Şekil 4.24 Osmaniye iklim şartlarında 22 cam tipi için simülasyon sonucu elde edilen bina ısıtma yüğü değerleri

Şekil 4.24'te verilen grafik incelendiğinde, Osmaniye şartlarında bina ısıtma yükünün en yüksek değere ulaşmasında etkili olan cam tipinin C-4 olduğu görülmektedir. Bu sonucun elde edilmesinde, C-4 cam tipinin iç ortama iletilen güneş ışınlarında büyük oranda düşüş meydana getirmesinin etkisi bulunmaktadır. Bununla birlikte ilgili cam tipinin U değerinin 4.9 civarında olması pencere kaynaklı ısı kaybı artmasına yol açarak, bina ısıtma yükünün artışına katkı sağlamıştır.

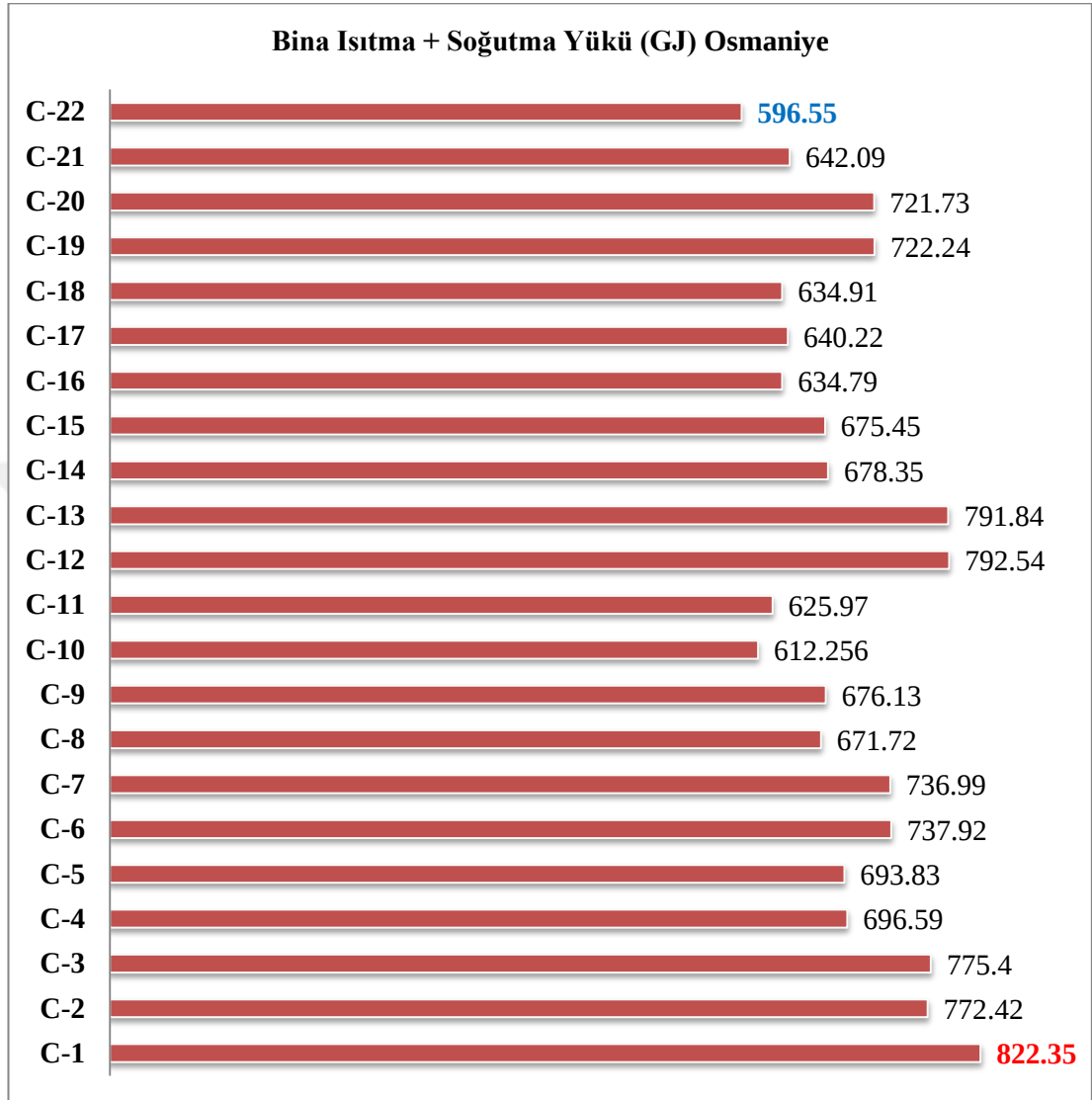
İlgili grafikte, Osmaniye şartlarında bina ısıtma yükünün en düşük değere ulaşmasında etkili olan cam tipinin C-13 olduğu görülmektedir. Bu sonucun elde edilmesinde GIGK, GIKK ve U değerlerinin üçünün birden etkisi bulunmaktadır. İlgili cam tipinin U değerinin 2.5 civarında olması, pencere kaynaklı ısı kaybın azaltılıp, bina ısıtma yükünün en düşük değere ulaşmasında önemli etkiye sahiptir. Bununla beraber belirtilen cam tipinin diğer tiplere kıyasla oldukça iyi GIKK ve GIGK değerlerine sahip olması (0.8 civarında) iç ortama iletilen güneş enerjisi düzeyini artıracığından bina ısıtma yükünün azaltılması noktasında fayda sağlayacaktır.

Şekil 4.25'te verilen grafikte tüm cam tiplerinin yıllık bina ısıtma + soğutma yükü (bina toplam yükü) karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmaya göre yıllık bina ısıtma + soğutma yükünün en fazla çıkmasına neden olan cam tipi C-1 olarak belirlenmiştir. Bu cam tipi kullanılarak pencere duvar oranında 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 sayısal değerleri atanarak bina enerji performansına olan etkisi tekrar incelenecektir.

Osmaniye şartlarında, C-1 cam tipi için bina toplam yükü değerinin en yüksek değere ulaşmasında C-1 cam tipinin GIGK, GIKK ve U değerlerinin etkisi bulunmaktadır. İlgili cam tipinin 5.7 civarında olan U değeri pencere kaynaklı ısı kaybın artmasına neden olarak, ısıtma yükünün artmasında etkili olmuştur. Bununla birlikte ilgili cam tipinin 0.8 civarındaki GIGK ve GIKK değerlerinin de soğutma yükünün artışında katkısı bulunmaktadır.

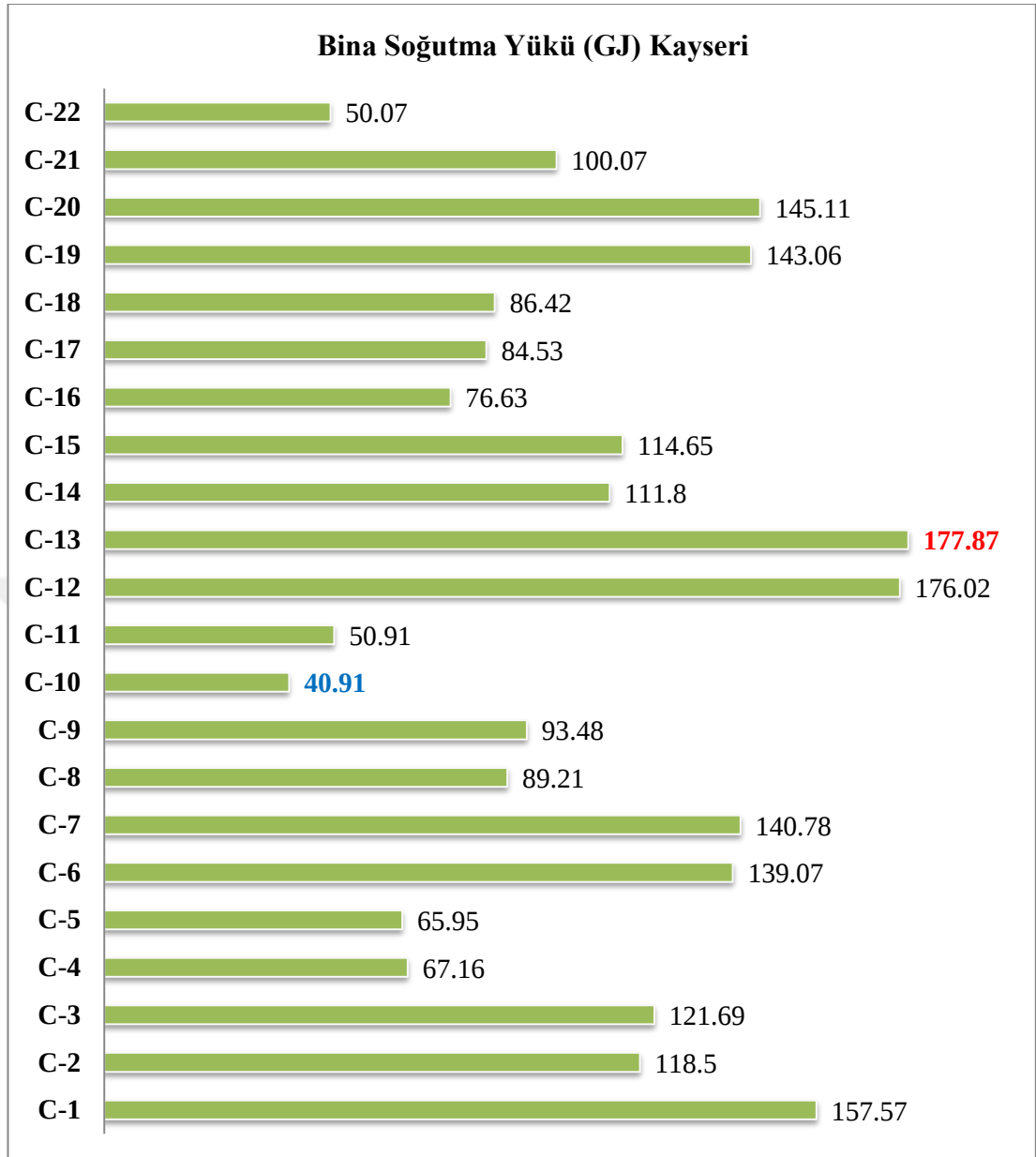
Osmaniye şartlarında, C-22 cam tipi için bina toplam yükü değerinin en düşük değere ulaşmasında C-22 cam tipinin GIGK, GIKK ve U değerlerinin etkisi bulunmaktadır. İlgili cam tipinin 1.1 civarında olan U değeri pencere kaynaklı ısı kaybın azalmasını sağlayarak, ısıtma yükünün düşürülmesinde etkili olmuştur.

Bununla birlikte ilgili cam tipinin 0.1 civarındaki GIGK ve GIKK değerlerinin de soğutma yükünün azalmasında katkısı bulunmaktadır.



Şekil 4.25 Osmaniye iklim şartlarında 22 cam tipi için simülasyon sonucu elde edilen bina toplam yüğü değerleri

Şekil 4.23, Şekil 4.24 ve Şekil 4.25'te verilen grafikler incelendiğinde bina ısıtma ve bina soğutma yüğü değerlerinin oluşmasında cam tiplerinin GIGK, GIKK ve U değerlerinin birlikte bir etki oluşturulduğu görülmektedir. Osmaniye şartlarında bina enerji performansı bakımından en dezavantajlı cam tipleri C-1 ve C-13 olarak belirlenmiştir. Bu cam tiplerinin binada tercih edilmesi hem iç ortam konforunu olumsuz etkileyecek hem de özellikle soğutmaya yönelik masrafların da artmasına neden olacaktır.

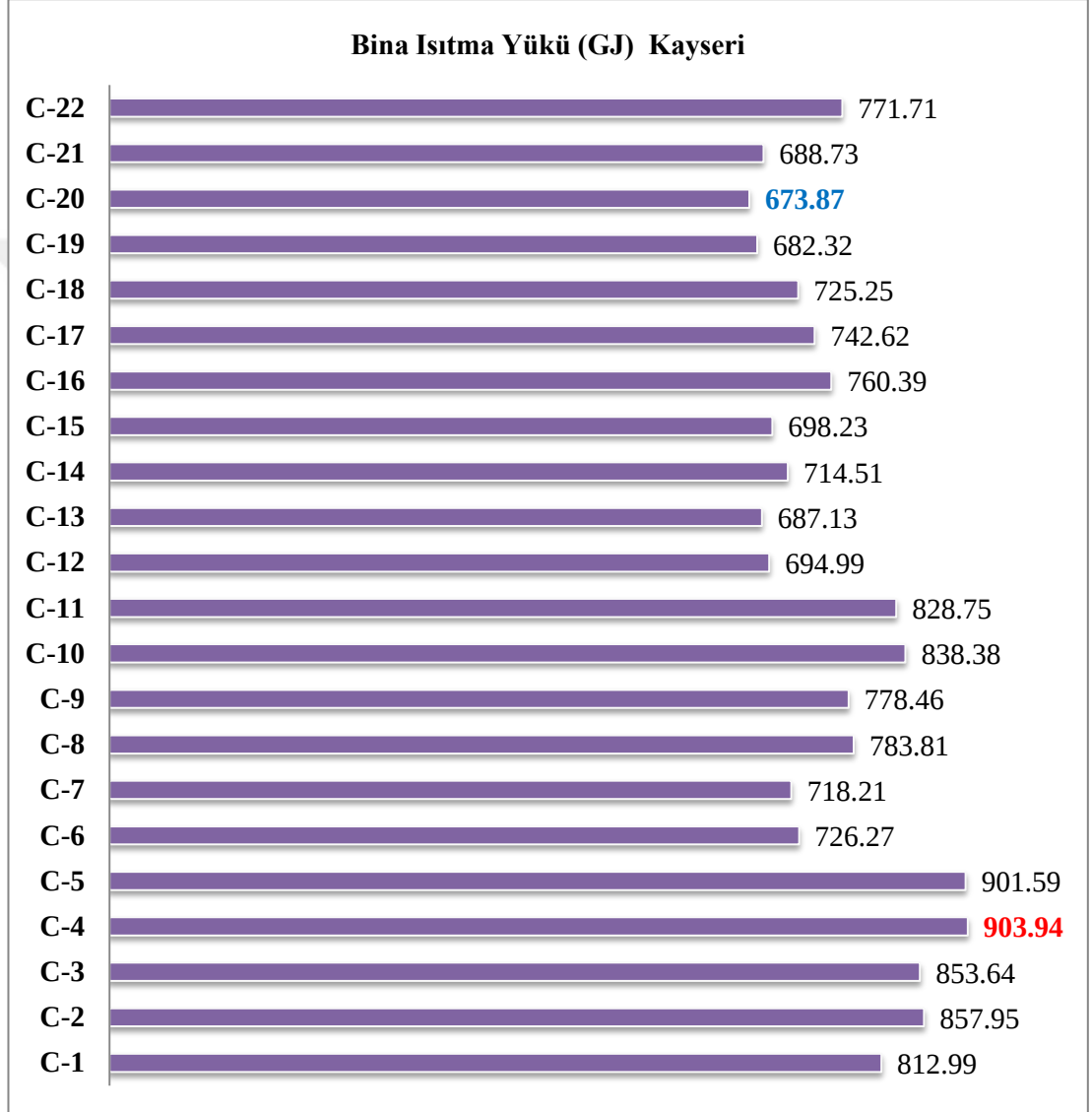


Şekil 4.26 Kayseri iklim şartlarında, 22 cam tipi için elde edilen simülasyon sonucu elde edilen bina soğutma yükü değerleri

Şekil 4.26'daki grafikte, Kayseri iklim şartlarında bina soğutma yükünün en yüksek değere ulaşmasında etkili cam tipi C-13 olarak bulunmuştur. En düşük soğutma yükünün kaydedilmesinde etkili olan cam tipi ise C-10 olarak bulunmuştur.

C-13 cam tipinin GIGK ve GIKK değerlerinin 0.8 civarında olması, pencere kaynaklı iç ortama iletilen güneş enerjisi değerlerinde artışa neden olmuştur. Bu durum da soğutma yükünü oldukça artırmıştır. Buna karşılık 22 cam tipi içerisinde en düşük GIGK ve GIKK değerlerine sahip olan C-10 cam tipi de soğutma yükünün en düşük

seviyede kalmasını sağlamıştır. C-10 cam tipi soğutma yükünün en düşük değere ulaşmasında etkili olsa da Şekil 4.27’de verilen grafiğe göre, bina ısıtma yükü noktasında çok yüksek değerlerin kaydedilmesinde etkili olmuştur. Bu durumda Kayseri şartları için avantajlı cam tipinin belirlenmesinde tek başına soğutma yükü grafiği yeterli olmayacaktır. Çünkü soğutma masraflarını düşürmeye yönelik cam tipi tercihi, ısıtmaya yönelik masrafların bir hayli artmasına neden olacaktır.

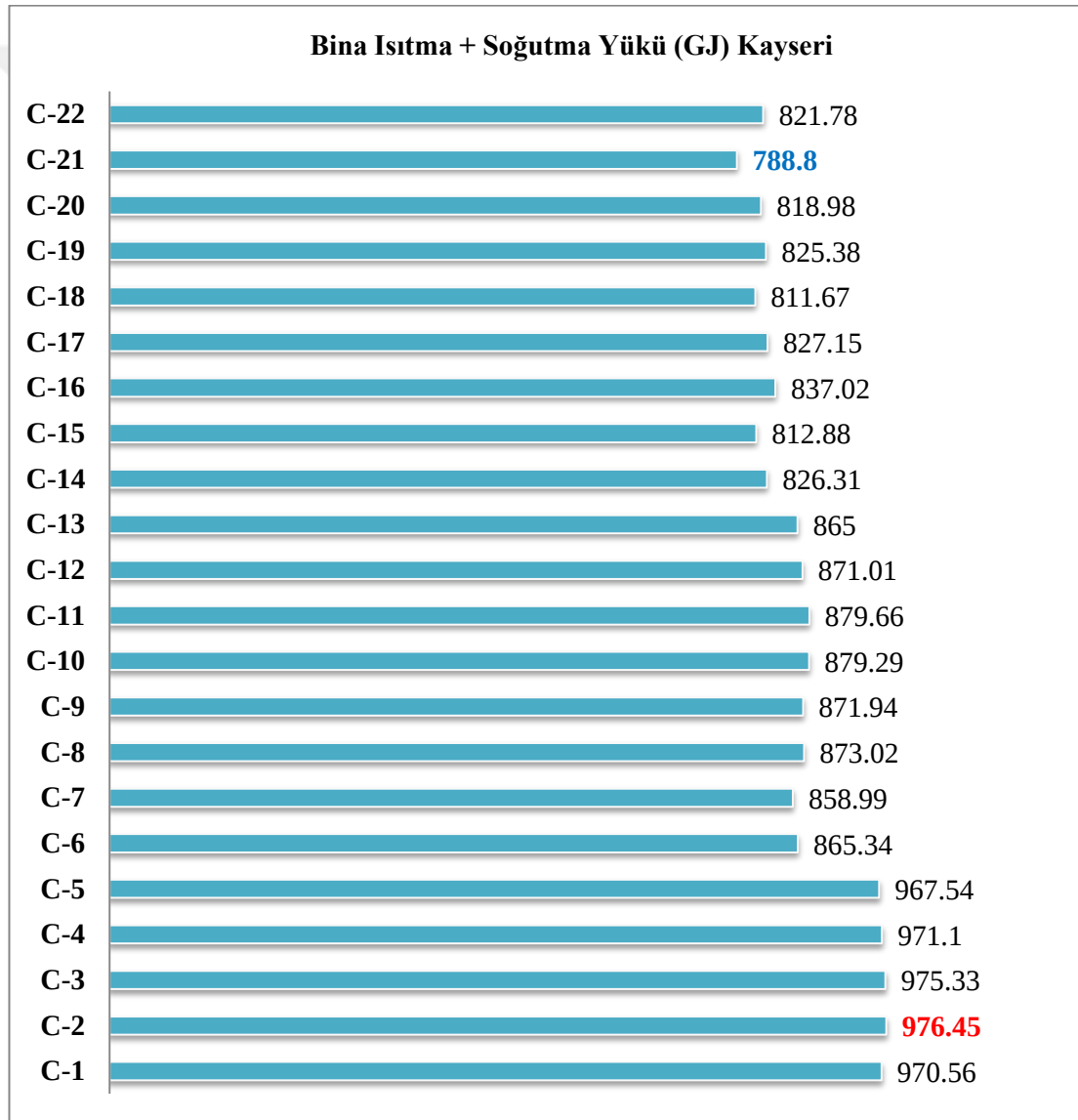


Şekil 4.27 Kayseri şartlarında 22 cam tipi için simülasyon sonucu elde edilen bina ısıtma yükü değerleri

Kayseri iklim şartlarında, C-4 cam tipinin U değerinin 4.9 civarından olması pencere kaynaklı ısı kaybının bir hayli artış göstermesine neden olmuştur. Ayrıca ilgili cam tipinin GIGK ve GIKK değerlerinin 0 değerine yaklaşık olması, pencere kaynaklı ısı

kaybın önüne geçilmesini sağlayamamıştır. Sayılı nedenlerden ötürü, ısıtma yükü yüksek değerde bulunmuştur. İlgili grafikte Kayseri şartlarında en düşük ısıtma yükünün kaydedilmesinde etkili olan cam tipi C-20 olarak görülmektedir. C-20 cam tipinin şeffaf özellikte ve düşük U değerli (1.6 civarı) olmasından dolayı bina ısıtma yükünün en düşük değerde kaydedilmesini sağlamıştır.

Kayseri şartlarında, C-7, C-13, C-18 gibi argon dolgu akışlı cam tipleri için bulunan bina ısıtma yüklerinin, dolgu akışkanlı hava ya da dolgu akışkanlı bulunmayan cam tiplerinin bina ısıtma yüklerine kıyasla daha düşük olduğu görülmüştür. C-20 cam tipinin de argon dolgu akışkanlı bir cam tipi olması bu durumu destekler niteliktedir.



Şekil 4.28 Kayseri şartlarında 22 cam tipi için simülasyon sonucu elde edilen bina toplam (bina ısıtma + bina soğutma) yük değerleri

Şekil 4.27 ve Şekil 4.28’de verilen grafikleri incelendiğinde; Kayseri şartlarında bina ısıtma yükünün en yüksek değere ulaşmasında etkili olan cam tipinin C-4, bina toplam yükünün en yüksek değere ulaşmasında etkili olan cam tipinin C-2, olduğu görülmektedir. Sonraki bölümde bu iki cam tipi için Kayseri şartlarında PDO incelemesi yapılacaktır.

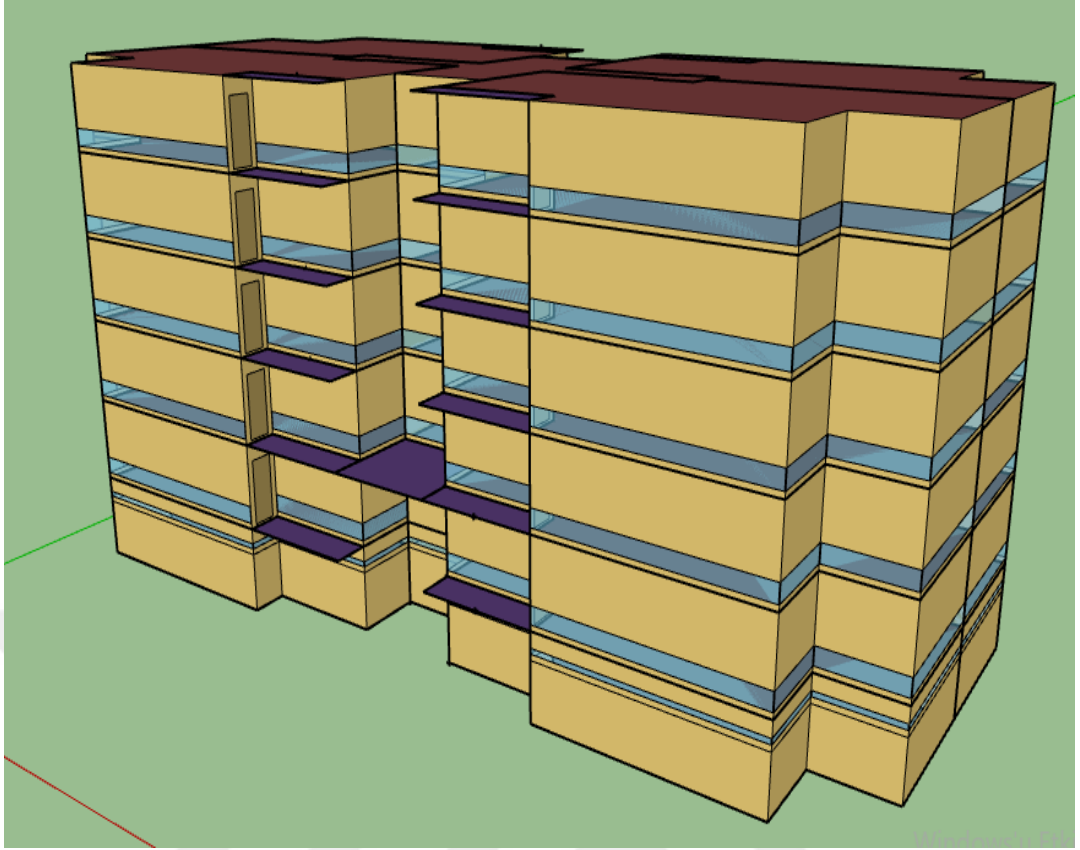
Şekil 4.28’de C-21 cam tipinin Kayseri şartlarında, en düşük bina toplam yükünün (bina ısıtma + bina soğutma) kaydedilmesinde etkili olduğu görülmektedir. Bu durumun oluşmasında, C-21 cam tipinin U değerinin 22 cam tipi içerisinde en düşük değerde olmasının etkisi büyüktür. Öyle ki cam türünün düşük yayımlı olması, bu durumu değiştirememiştir.

Şekil 4.23, Şekil 4.24, Şekil 4.25, Şekil 4.26, Şekil 4.27 ve Şekil 4.28’de verilen grafikler birlikte değerlendirildiğinde, Kayseri şartlarında bina ısıtma yükü ve bina toplam yükü değerleri, daima Osmaniye şartları için bulunan bahsi geçen değerlerin yukarısında kaydedilmiştir. Bu durumun oluşmasında, cam tipinin etkilerinin haricinde Kayseri ve Osmaniye illerinin farklı TMY verilerine sahip olmasından kaynaklandığı yorumu yapılabilir.

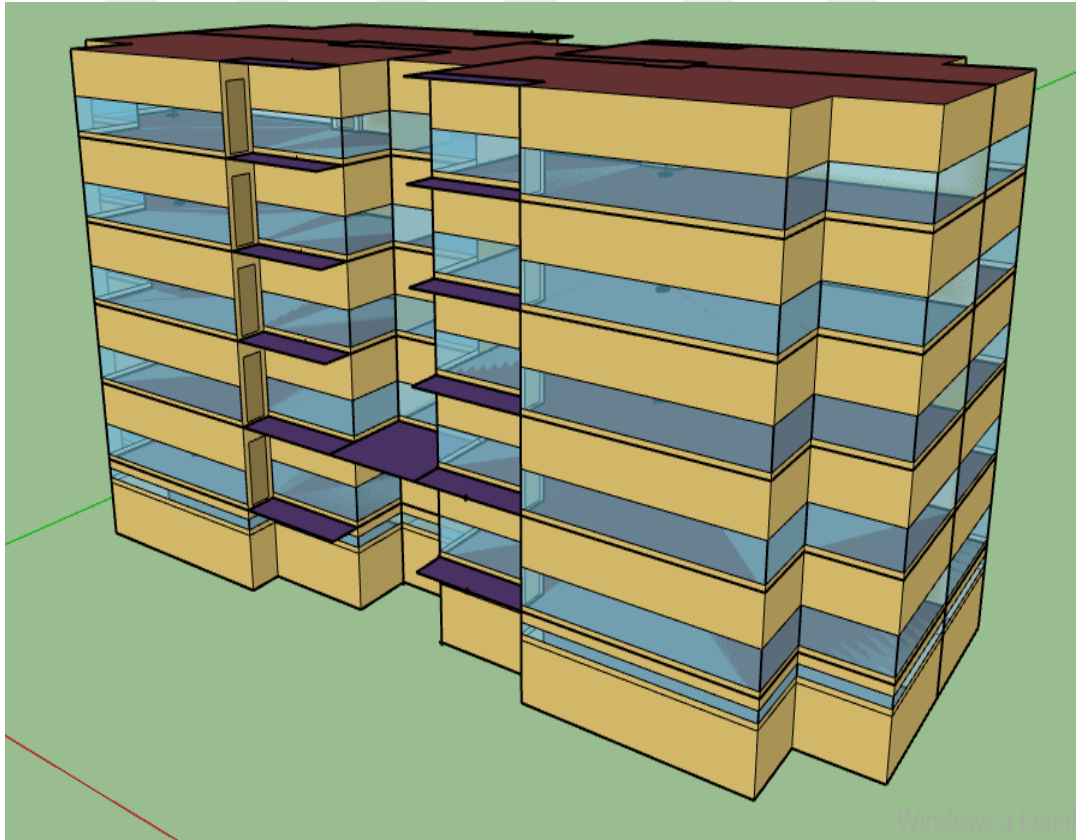
4.2 Pencere Duvar Oranı Analizi

Pencere duvar oranı (PDO) analizi yapılacak pencere tiplerinin belirlenmesinde bina ısıtma, bina soğutma ve bina toplam yük değerlerinden yararlanılmıştır. Pencere duvar analizinde Kayseri ve Osmaniye şartlarında bina enerji performansı açısından 22 cam tipi arasından en dezavantajlı cam tipleri seçilmiştir. Kayseri ve Osmaniye şartlarında aynı pencere duvar oranı değerleri (0.2, 0.4, 0.6 ve 0.8) için analiz yapılmıştır. Pencere bulduğu katta belirli bir yükseklikte, tüm bina duvarını çevreleyecek şekilde oluşturulmuştur.

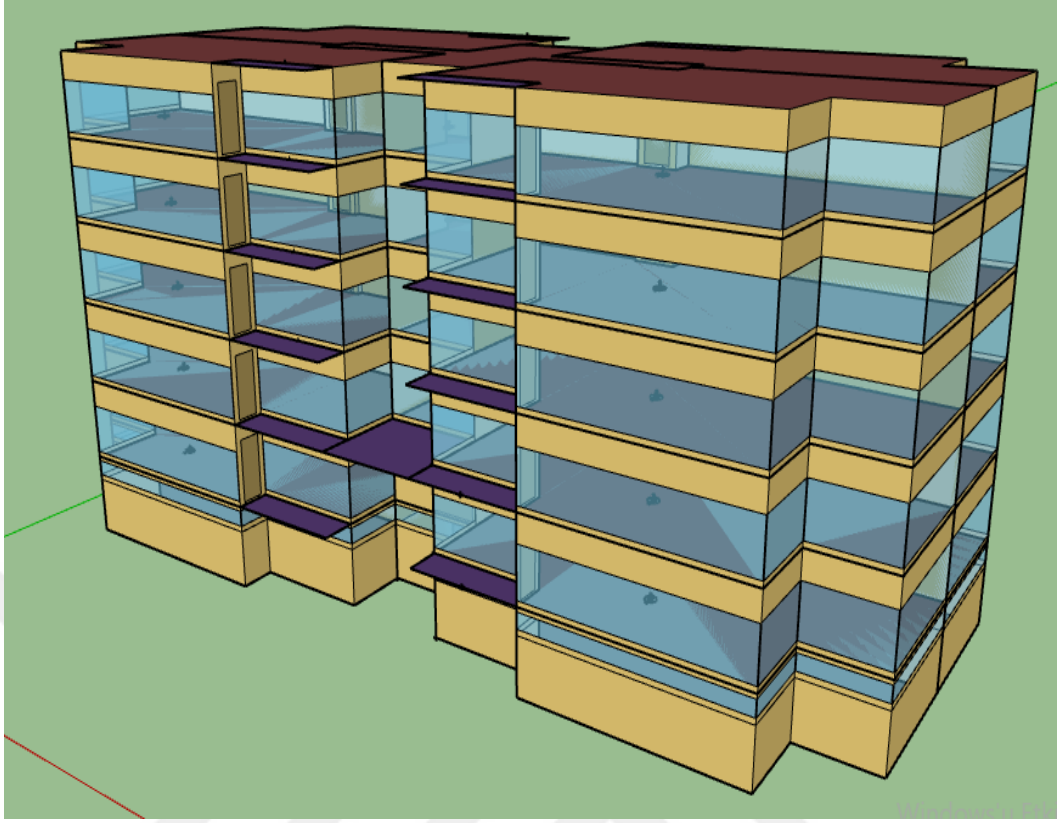
Şekil 4.29, Şekil 4.30, Şekil 4.31 ve Şekil 4.32’de belirlenen pencere duvar oranı değerleri için bina modellemeleri görülmektedir. Analiz sonuçları referans binanın ilgili değerleri ile karşılaştırılmıştır. Referans binanın pencere duvar oranı (PDO) EnergyPlus programı aracılığı ile 0.16 olarak hesaplanmıştır. İlgili PDO hesabındaki duvar alanı; bina dış kapı alanlarının, binanın görünen yüzey alanlarından çıkarılması yoluyla belirlenmiştir.



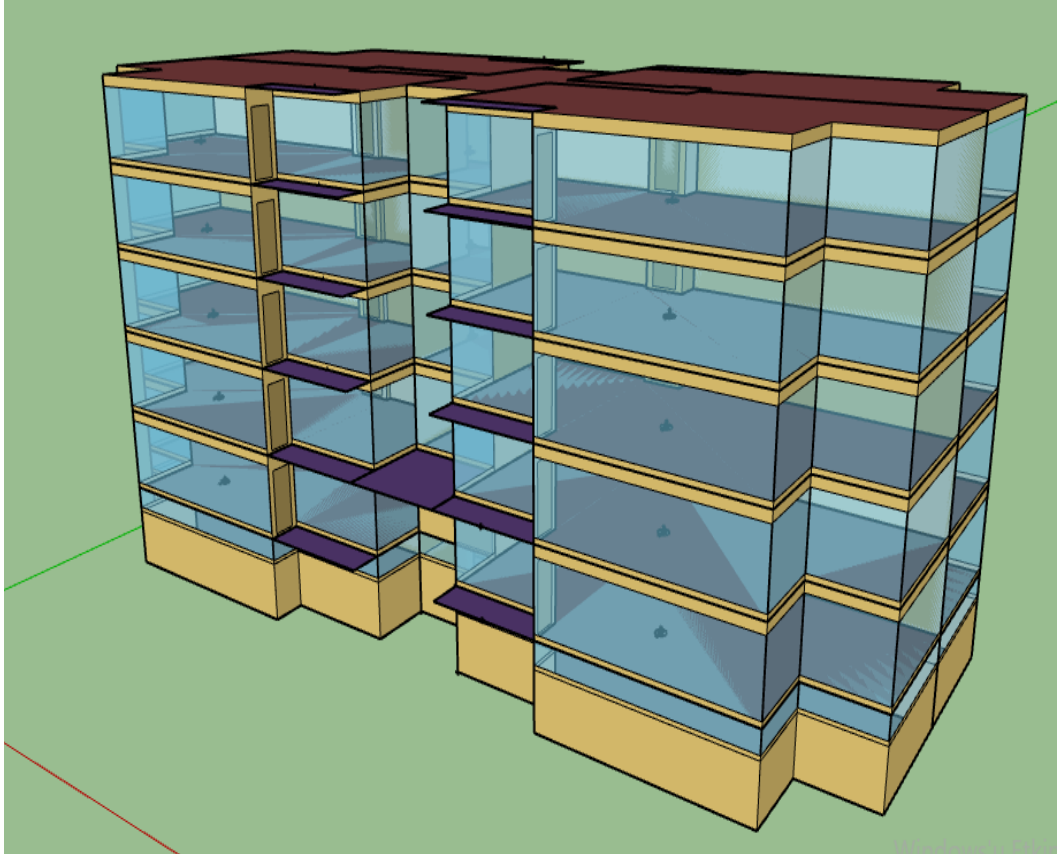
Şekil 4.29 Referans binaya PDO: 0.2 uygulandıktan sonra binanın dış görünümü



Şekil 4.30 Referans binaya PDO: 0.4 uygulandıktan sonra binanın dış görünümü



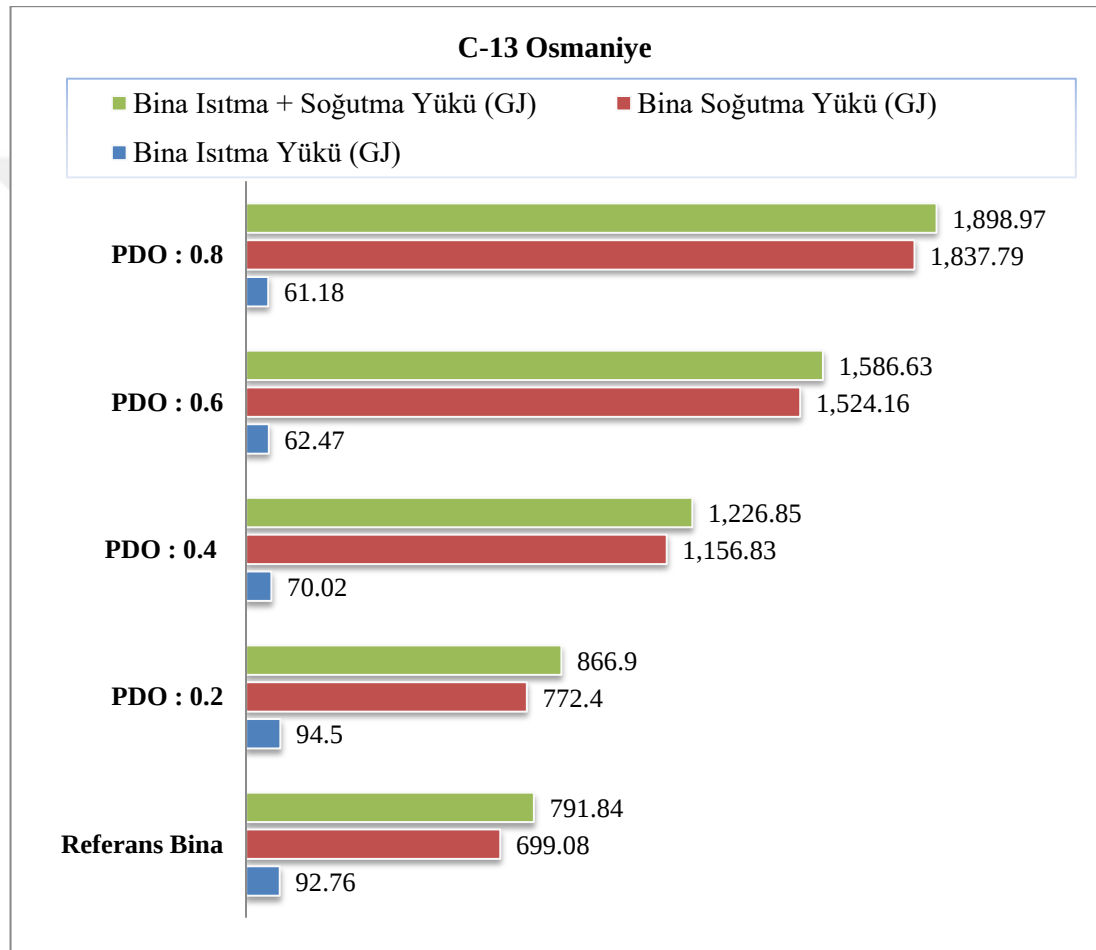
Şekil 4.31 Referans binaya PDO: 0.6 uygulandıktan sonra binanın dış görünümü



Şekil 4.32 Referans binaya PDO: 0.8 uygulandıktan sonra binanın dış görünümü

4.2.1 Osmaniye Şartlarında Pencere Duvar Oranlarında Yapılan Değişikliğin Bina Enerji Performansına Etkisi

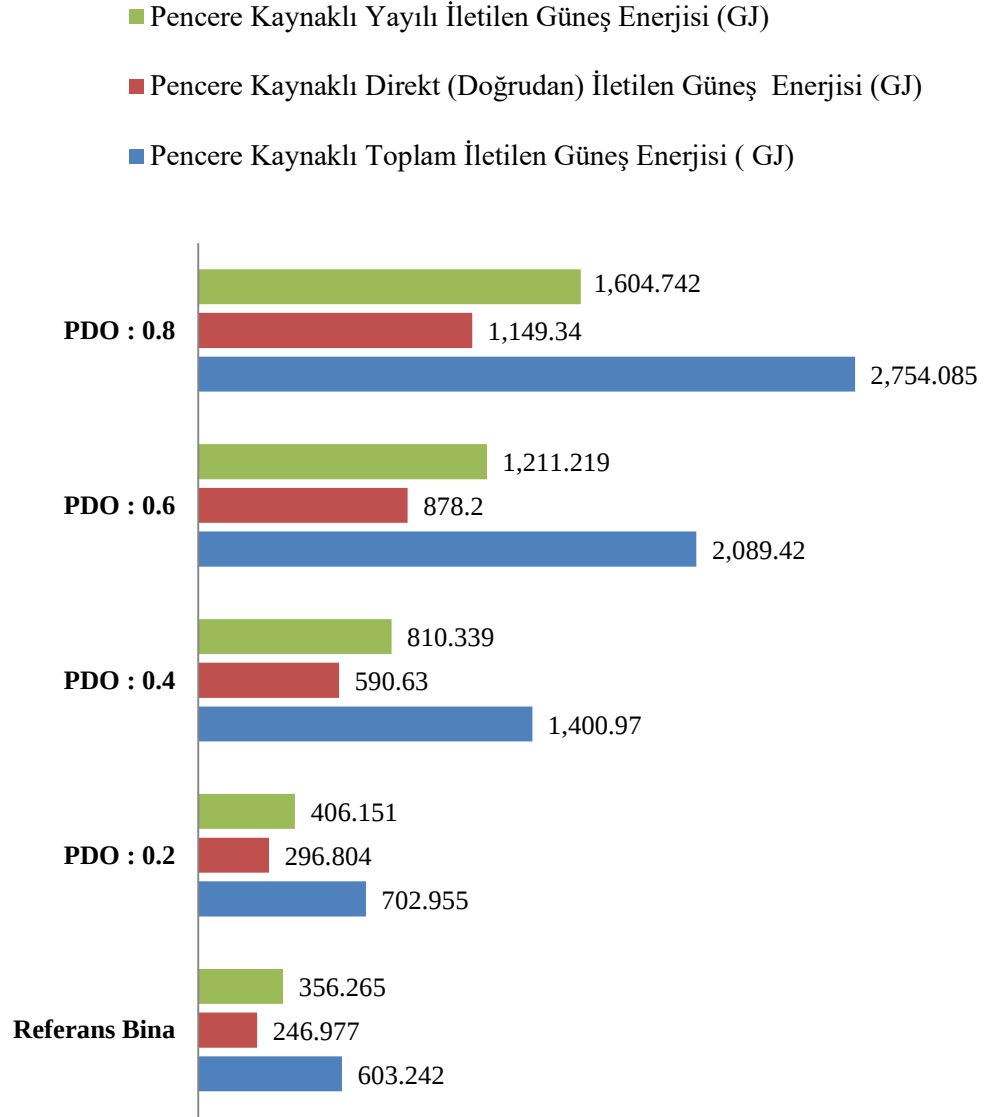
Osmaniye şartları için yapılan bina enerji simülasyonunda, bina toplam (ısıtma + soğutma) yükünün en yüksek değerde kaydedilmesinde etkili olan C-1 cam tipi ve binanın soğutma yükünün yüksek değerde kaydedilmesinde etkili olan C-13 cam tipi için, PDO analizi yapılmıştır. Pencere camının yerden yükseklik değeri, tüm pencere-duvar oranı değerleri için sabit tutulmuştur.



Şekil 4.33 4 farklı PDO değeri için elde edilen bina ısıtma, bina soğutma ve bina toplam yükü değerlerinin referans bina değerleri ile karşılaştırılması

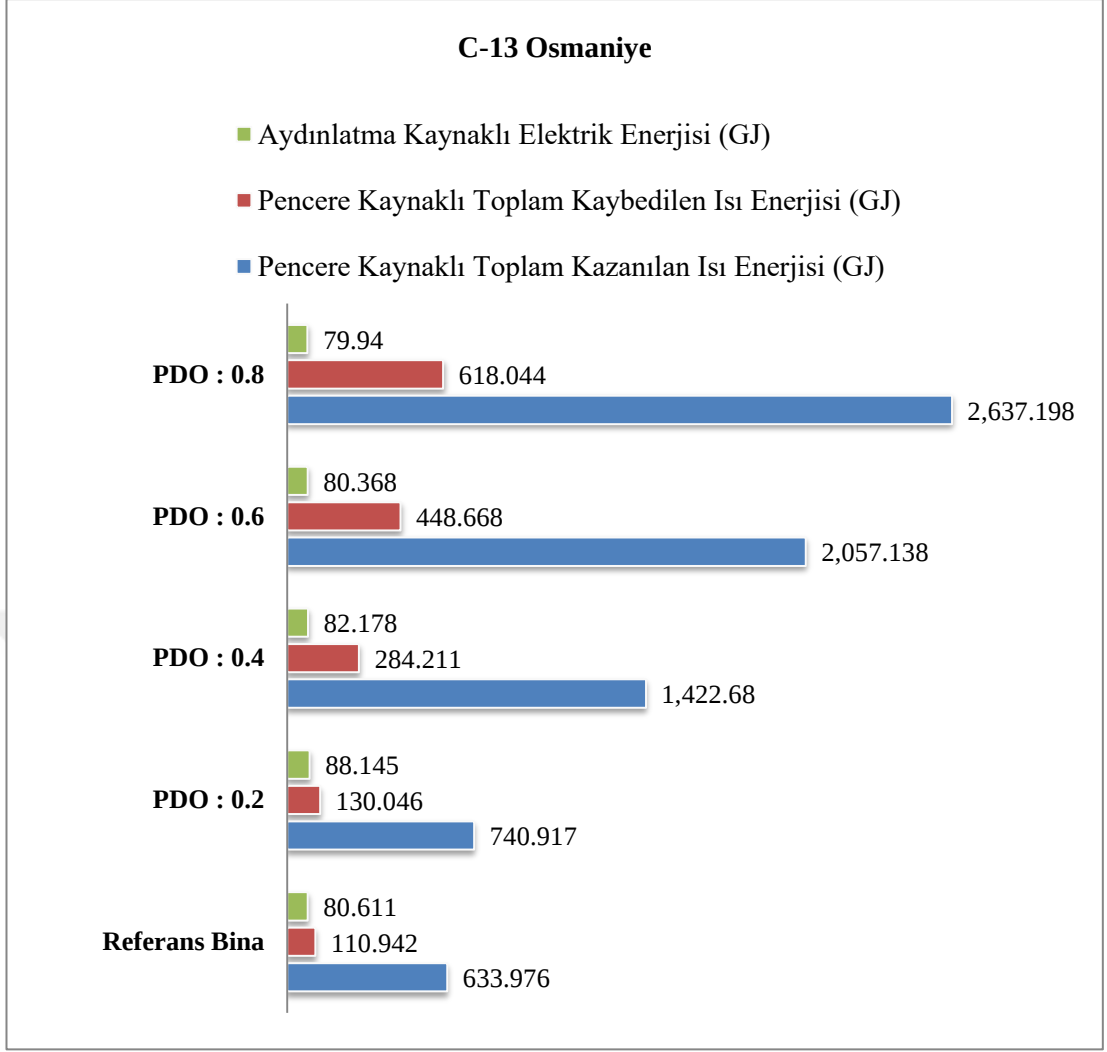
Aynı cam tipi kullanılan referans bina ile farklı PDO oranına sahip bina modellerinin soğutma yük durumları karşılaştırıldığında; PDO oranı arttıkça soğutma yükü Şekil 4.33'te görüldüğü üzere sürekli bir artış göstermiştir. Osmaniye şartlarında PDO artışının, bina yük performansında düşüşe neden olduğu görülmektedir. Bina yük performansının düşmesi, enerji sarfiyatının artmasına neden olacaktır.

C-13 Osmaniye



Şekil 4.34 4 farklı PDO değeri için elde edilen pencere kaynaklı iç ortama iletilen güneş enerjisi değerlerin referans bina değerleri ile karşılaştırılması

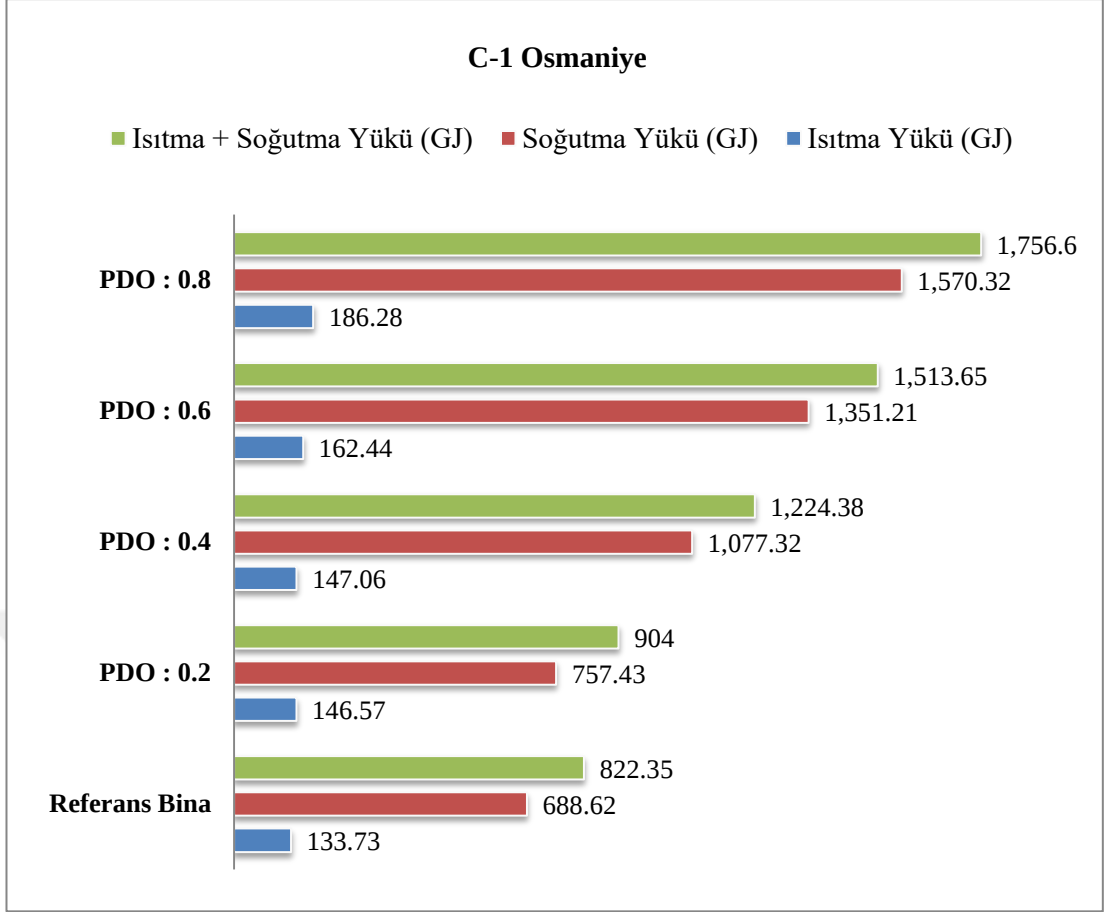
Şekil 4.34'te verilen grafikte PDO değerlerine yönelik elde edilen pencere kaynaklı doğrudan, yayıllı ve toplam iletilen güneş enerjisi değerlerinin, referans bina değerlerinin üzerinde olduğu görülmektedir. İç ortama iletilen güneş enerjisi düzeyindeki artış; bina soğutma yükünün artmasında, bina ısıtma yükünün azaltılmasında etkili olacaktır. Bina enerji performansının iyileştirilmesinin, PDO değerlerindeki artışla sağlanamayacağı grafik verilerince anlaşılmaktadır.



Şekil 4.35 4 farklı PDO değeri için elde edilen pencere kaynaklı ısı kazanç-kayıp ve aydınlatma kaynaklı verilerin referans bina değerleri ile karşılaştırılması

Şekil 4.35 'te verilen değerlere bakıldığında; referans binanın pencere kaynaklı toplam ısı kazanç-kayıp değerleri, artan PDO değerleri ile artmıştır.

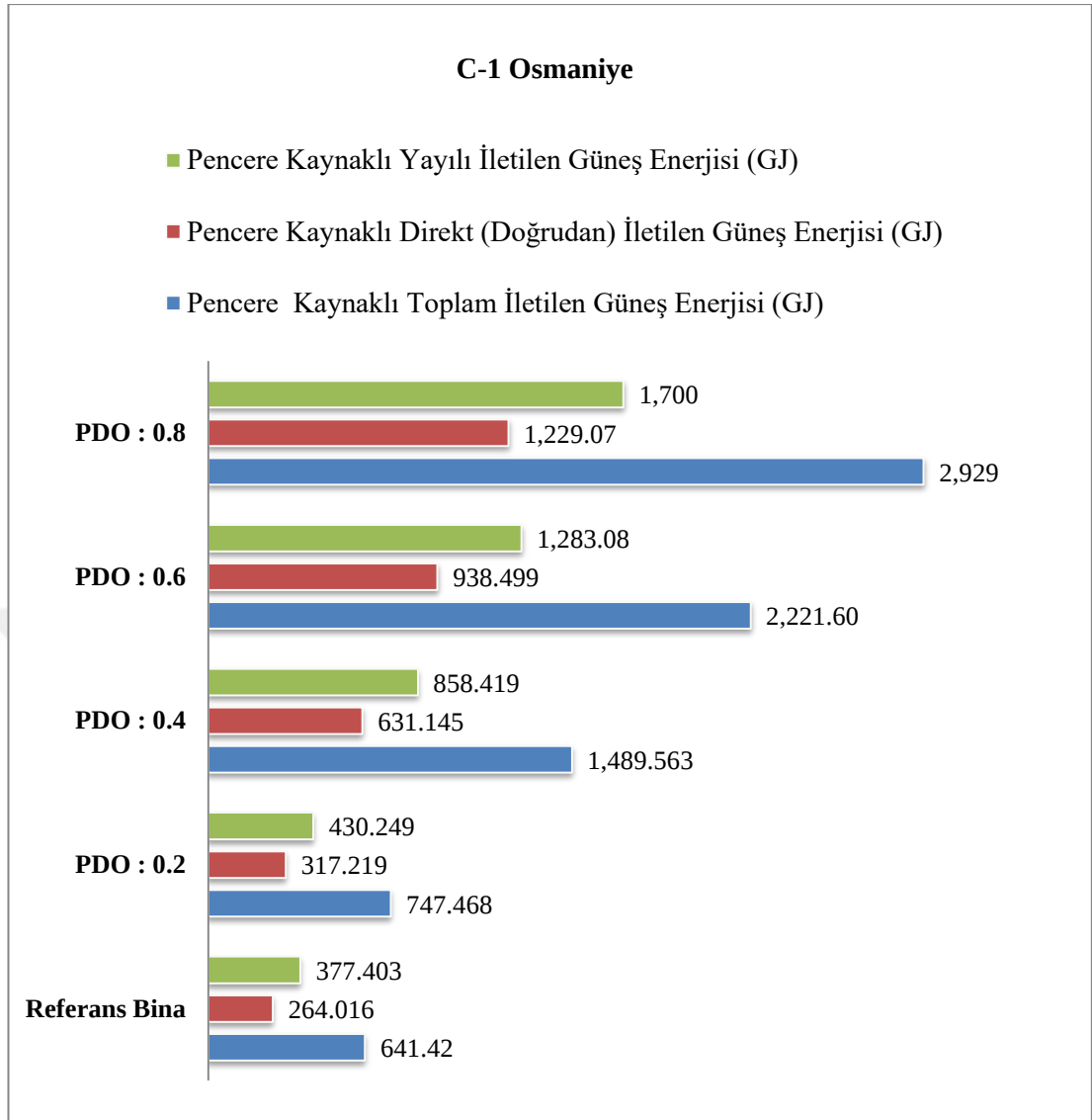
Referans bina ile artan PDO değerlerinin aydınlatma değerlerini karşılaştırdığımızda, PDO: 0.2 ve PDO: 0.4 değerine sahip binaların aydınlatma kaynaklı elektrik enerjisi, referans binaninkinden daha fazla olduğu görülmektedir. Bu durum, Osmaniye iklim şartlarında bina enerji performansı açısından istenmeyen bir durumdur. PDO: 0.6 ve PDO: 0.8 değerlerine sahip binaların aydınlatma kaynaklı elektrik enerjisinin, referans binanın değerlerine göre daha az olduğu görülmektedir. Aydınlatma elektrik enerjisi bakımından PDO: 0.6 ve PDO: 0.8 değerlerine sahip bina daha tercih edilebilir görünse de, yüksek ısıtma ve soğutma yüklerinden ötürü tercih edilmesinde sakınca oluşacaktır.



Şekil 4.36 4 farklı PDO değeri için elde edilen bina ısıtma, bina soğutma ve bina toplam yükünün referans bina değerleri ile karşılaştırılması

Şekil 4.36’da verilen grafiğe göre; referans binanın ısıtma ve soğutma yükü değerlerinin, tüm PDO değerleri için bulunan bina ısıtma ve bina soğutma ve bina toplam yükü değerlerinden geride kaldığı görülmektedir. Osmaniye iklim şartlarında 4 farklı PDO değeri için yapılan inceleme sonucu; soğutma ve ısıtma masraflarında yaşanacak artıştan ötürü referans binaya alternatif bir bina modelinin sunulamayacağı görülmektedir.

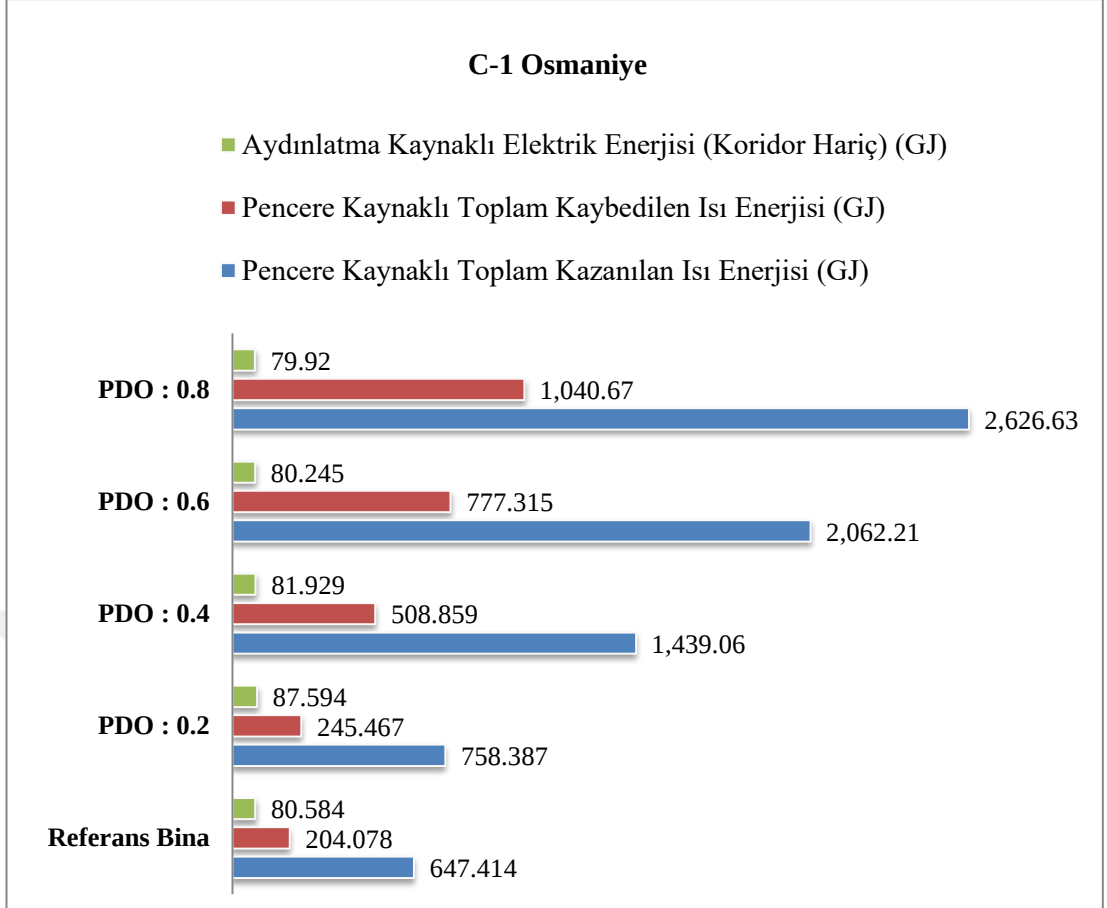
Şekil 4.33’te verilen grafikte C-13 cam tipi için artan PDO değerlerine karşılık ısıtma yükü değerlerinde azalma görülmüştü. C-1 cam tipi için bu durumun tersi şekilde artan PDO değerlerine karşılık ısıtma yükünün arttığı görülmektedir. Bu durumun oluşmasında ısı transfer katsayı değerlerinin etkisi büyüktür. C-1 cam tipi için yapılan PDO incelemesinde; ısı transferi oldukça yüksek cam tipinin alan artışından kaynaklı ısı kaybının, alan artıştan kaynaklı iç ortama iletilen güneş enerjisinin önüne geçtiği görülmektedir.



Şekil 4.37 4 farklı PDO değeri için elde edilen pencere kaynaklı iç ortama iletilen güneş enerjisi değerlerinin referans bina değerleri ile karşılaştırılması

Şekil 4.37’de verilen verilere bakılarak, referans binanın pencere kaynaklı toplam, yayılı ve direkt iletilen güneş enerjisi değerlerinin, artan PDO değerlerine karşılık gelen pencere kaynaklı toplam, yayılı ve direkt iletilen güneş ışıyım değerlerinden geride kaldığı görülmektedir. İç ortama iletilen güneş enerjisi düzeyindeki artış Osmaniye şartlarında hem iç ortam konforunu bozacak hem de bina enerji performansını kötü etkileyecektir.

İlgili şekilde yer alan C-1 için pencere kaynaklı iletilen güneş enerjisi düzeyindeki daimi artış durumu, bir diğer dezavantajlı cam tipi olan C-13 için de benzer seyretmekteydi.

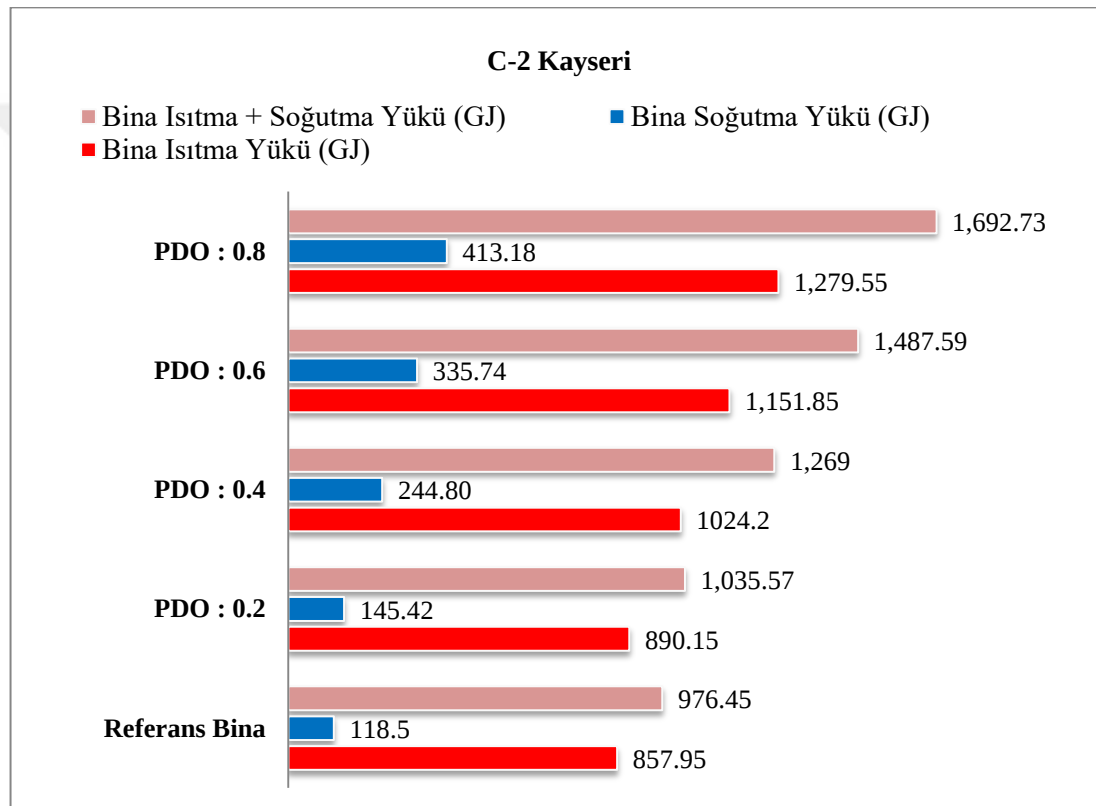


Şekil 4.38 4 farklı PDO değeri için elde edilen pencere kaynaklı ısı kazanç-kayıp ve aydınlatma kaynaklı verilerin referans bina değerleri ile karşılaştırılması

Şekil 4.38'deki verilere bakıldığında; referans binanın pencere kaynaklı toplam kazanılan ısı enerjisi ile pencere kaynaklı toplam kaybedilen ısı enerjisi değerleri, artan PDO değerleri için elde edilen pencere kaynaklı toplam kazanılan ve toplam kaybedilen ısı enerjisi değerlerinden geride kalmaktadır. Pencere kaynaklı ısı kazanç ve kayıp, bina ısıtma ve soğutma yükünü etkilemektedir. PDO: 0.2 ve PDO: 0.4 değerlerine sahip binanın aydınlatma kaynaklı elektrik enerjisi değerleri referans bina değerlerinden daha fazladır. Bu durum, aydınlatma kaynaklı masrafın referans binaya kıyasla daha fazla olmasına neden olacaktır. PDO: 0.6 ve PDO: 0.8 değerlerine sahip binanın aydınlatma kaynaklı elektrik enerjisi değerleri referans bina değerlerinden daha düşüktür. Böyle bir durum, aydınlatma kaynaklı masrafın referans binaya kıyasla daha az olmasına neden olacaktır. Aydınlatma kaynaklı elektrik enerjisi değerlerine bakılarak PDO: 0.6 ve PDO: 0.8 değerlerine sahip binanın referans binaya göre daha tercih edilebilir olduğu görülse de bina ısıtma ve soğutma yükündeki artış, tercih sahibini bu karardan caydırmaya zorlayacaktır.

4.2.2 Kayseri Şartlarında Pencere Duvar Oranı Değerlerinde Yapılan Değişikliğin Bina Enerji Performansına Etkisi

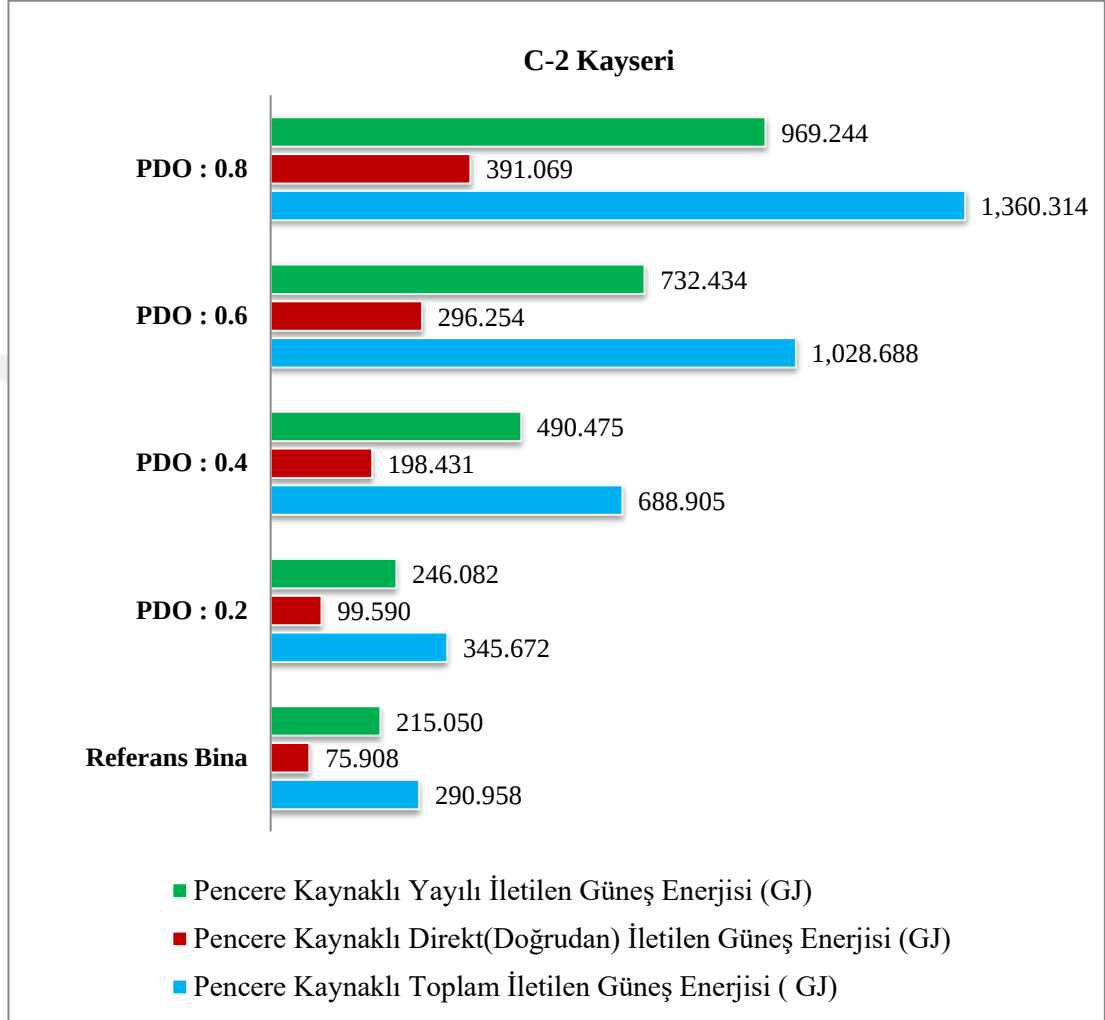
Kayseri şartlarında yapılan bina enerji simülasyonunda, bina toplam yükünün(bina ısıtma + soğutma) en yüksek değerde çıkmasına neden olan C-2 cam tipinin ve binanın soğutma yükünün en fazla çıkmasına neden olan C-4 cam tipinin, pencere-duvar oranında belirli oranlarda değişiklik yapılarak yeniden simüle edildi. Pencere camının yerden yüksekliği tüm PDO değerleri için sabit tutularak 0.2 m için incelendi.



Şekil 4.39 Kayseri şartlarında C-2 cam tipi için referans binanın yük değerleri ile farklı PDO değerlerine sahip binanın yük değerlerini karşılaştırılması (bina ısıtma ve bina soğutma yükü için)

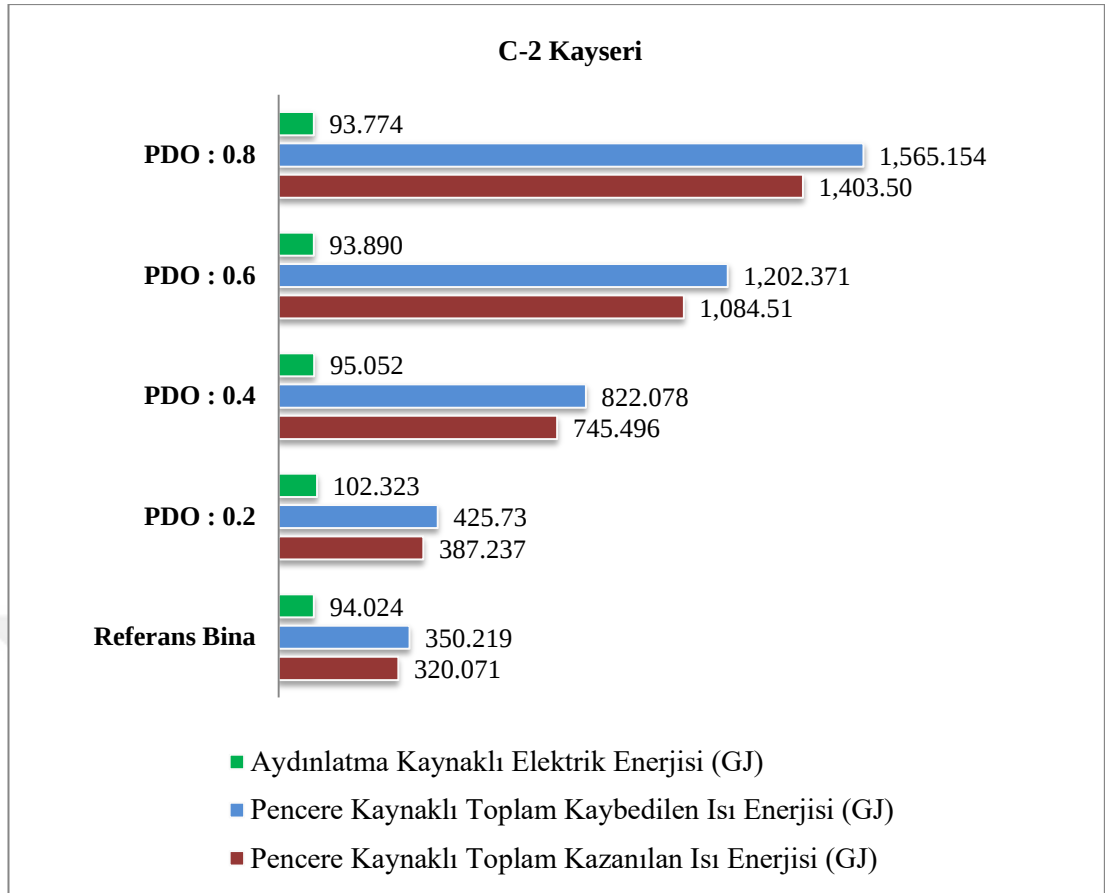
Kayseri şartlarında referans bina ile farklı PDO değerlerine sahip binaların ısıtma ve soğutma yükü değerleri karşılaştırıldığında; referans binanın belirtilen yük değerlerinin hep aşağı seviyede kaldığı görülmektedir. Binanın ısıtma ve soğutma yüklerindeki bu artış bina enerji performansını olumsuz yönde etkileyecektir. Hem ısıtma hem de soğutma için masrafın PDO değerindeki artışla sürekli artma

göstereceği Şekil 4.39’da verilen grafik verilerince söylenebilir. Ayrıca ısıtma ve soğutma yükünde oluşan artış iç ortam konforunu da olumsuz yönde etkileyecektir. PDO değerlerindeki artışın Kayseri şartlarında bina enerji performansına, bina ısıtma ve soğutma yük dağılımı noktasında katkı sağlamadığı veriler ışığında söylenebilir



Şekil 4.40 Kayseri şartlarında C-2 cam tipi için referans bina ile farklı PDO değerlerine sahip binanın pencere kaynaklı güneş enerjisi değerlerinin karşılaştırılması

Kayseri şartlarında, referans bina ile farklı PDO değerlerine sahip binaların pencere kaynaklı güneş ışıyım enerjisi değerleri karşılaştırıldığında; referans bina değerlerinin artan PDO değerleri karşısında hep geri seviyede kaldığı Şekil 4.40’da verilen grafikler ışığında söylenebilir. Pencere kaynaklı güneş enerjisinin varlığı belirli bir düzeye kadar Kayseri şartlarında ısıtma yükünün ve yapay aydınlatma gereksiniminin azaltılması için azaltılması için istenilen bir durumdur.

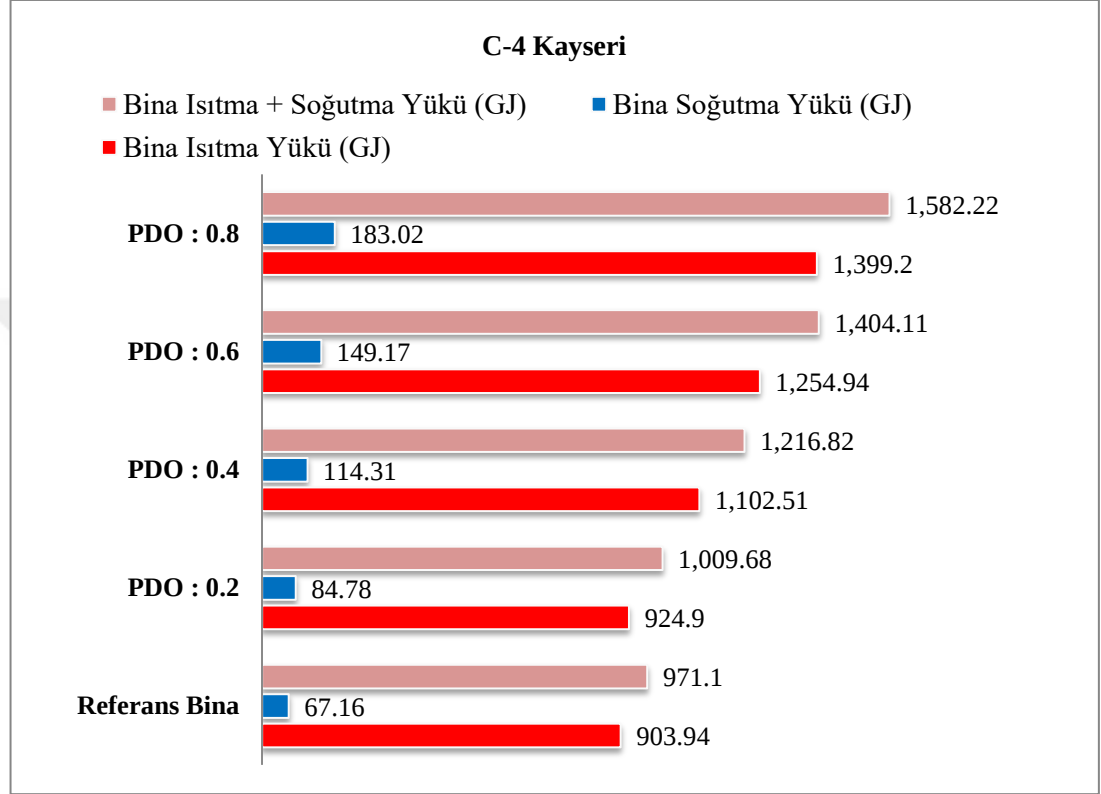


Şekil 4.41 Kayseri şartlarında C-2 cam tipi için referans bina ile farklı PDO değerlerine sahip binanın pencere kaynaklı kazanılan-kaybedilen ısı enerjisi ve yapay aydınlatma kaynaklı enerji değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 4.41’de verilen grafikte Kayseri şartlarında referans binanın pencere kaynaklı toplam kazanılan ve kaybedilen ısı enerjisi değerleri; artan PDO değerlerine sahip binanın ilgili değerlerinin hep geri seviyesinde kalmıştır. Pencere kaynaklı ısı kayıp, tüm PDO değerleri için pencere kaynaklı ısı kayıp kazanç değerlerinden hep aşağı seviyede olduğu görülmektedir. Pencere kaynaklı ısı kayıp ile pencere kaynaklı ısı kazanç değerleri arasındaki farkın, artan PDO değerlerine karşılık daimi olarak arttığı görülmektedir. Bu durumun oluşmasında; bina duvarının ısı transfer katsayı değerinden çok daha yukarı bir değere cam tipinin alansal artışının etkisinin büyük olduğu söylenebilir.

Şekil 4.41’de verilen grafikte referans binanın yapay aydınlatma kaynaklı enerji gereksinim değerinin, PDO: 0.2 ve PDO: 0.4 değerlerine sahip binanın yapay aydınlatma kaynaklı bina enerji gereksinim değerinden geri seviyede olduğu

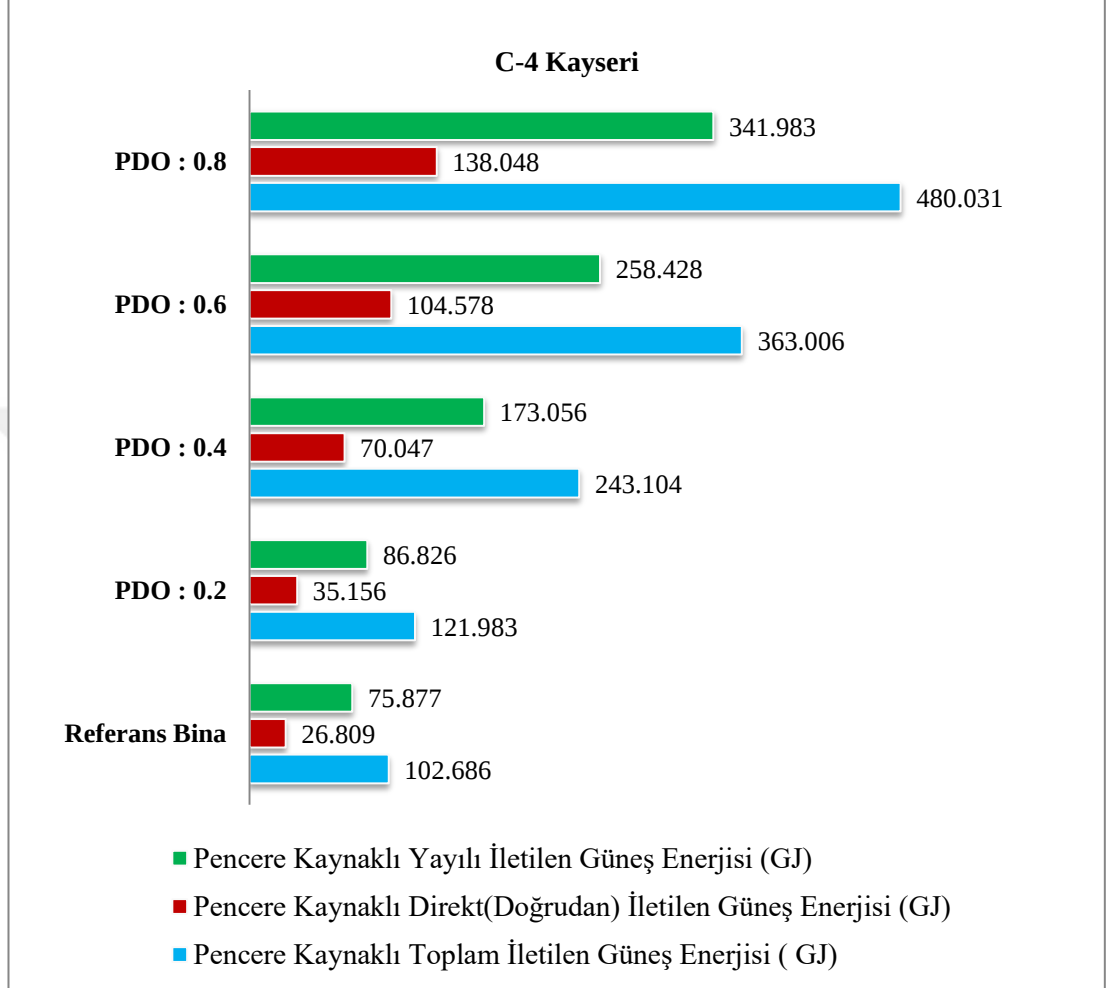
görülmektedir. Buna karşılık PDO: 0.6 ve PDO: 0.8 değerlerine sahip binanın yapay aydınlatma kaynaklı bina enerji gereksinimi değerlerinden geri seviyede olduğu görülmektedir. Bu karşılaştırma neticesinde PDO artışının, yapay aydınlatma gereksiniminin düşürülmesi noktasında kısmen de olsa bina enerji performansına katkı sağlamış olduğu söylenebilir.



Şekil 4.42 Kayseri şartlarında C-4 cam tipi için referans binanın yük değerleri ile farklı PDO değerlerine sahip binanın yük değerlerinin karşılaştırılması (bina ısıtma ve bina soğutma yükü için)

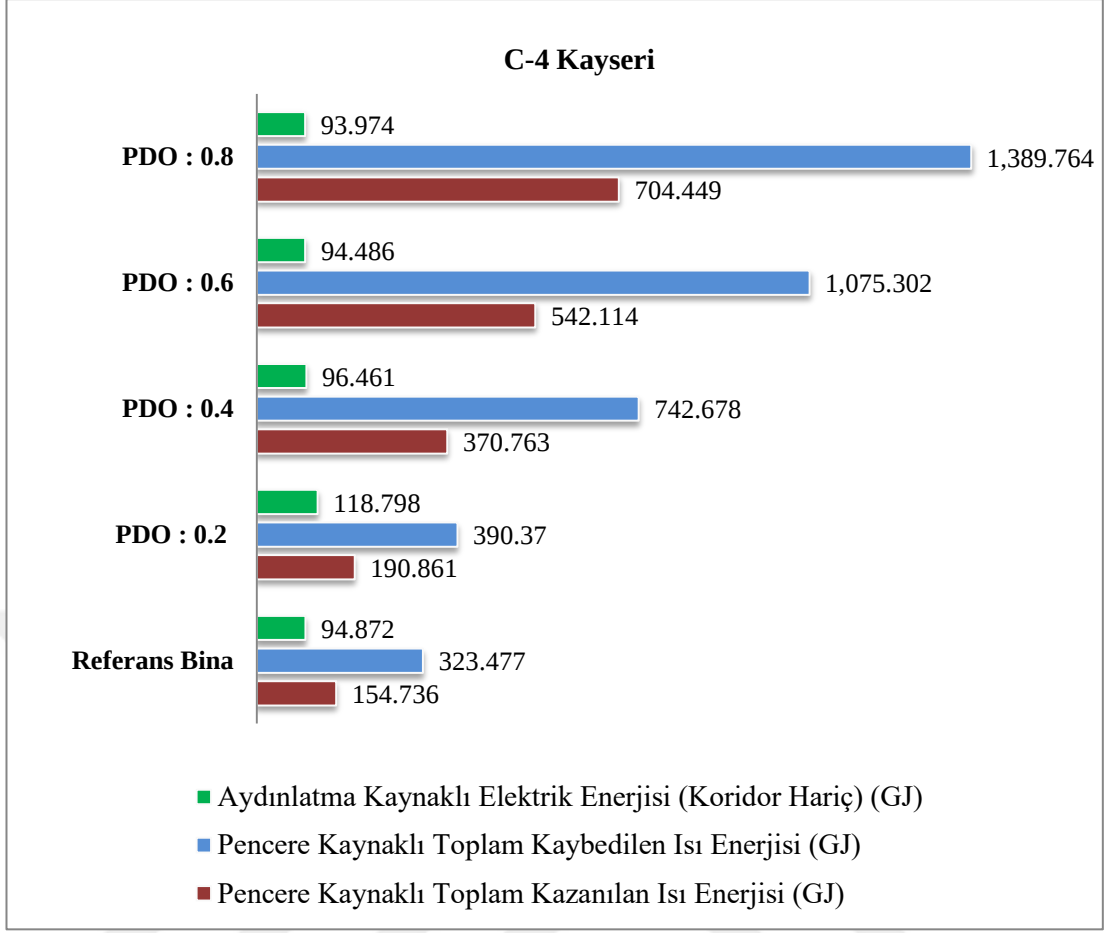
Kayseri şartlarında referans bina ile farklı PDO değerlerine sahip binaların ısıtma ve soğutma yükü değerleri karşılaştırıldığında; referans binanın belirtilen yük değerlerinin hep geri seviyede olduğu görülmektedir. Binanın ısıtma ve soğutma yüklerindeki artış bina enerji performansını olumsuz yönde etkileyecektir. Referans bina üzerinde gerçekleştirilen PDO değişikliğinin, ısıtma ve soğutma kaynaklı masrafları da artıracığı, Şekil 4.42’de verilen grafik değerlerine bakılarak söylenebilir. PDO değerlerindeki artışın Kayseri şartlarında bina enerji performansına, bina ısıtma ve soğutma yük dağılımı noktasında katkı sağlamadığı veriler ışığında söylenebilir.

Kayseri şartlarında PDO artışı iç ortama iletilen güneş enerjisi düzeyinde artma meydana getirir de pencere camının yüksek U değerinden kaynaklanan ısı kayıp, bina ısıtma yükünün azaltılamamasına neden olmuştur.



Şekil 4.43 Kayseri şartlarında C-4 cam tipi için referans bina ile farklı PDO değerlerine sahip binanın pencere kaynaklı güneş ışıyım enerjisi değerlerinin karşılaştırılması

Kayseri şartlarında, referans bina ile farklı PDO değerlerine sahip binaların pencere kaynaklı güneş ışıyım enerjisi değerleri karşılaştırıldığında; referans bina değerlerinin artan PDO değerleri karşısında geri seviyede kaldığı Şekil 4.43'te görülmektedir. Pencere kaynaklı güneş ışıyım enerjisi değerindeki artış, bina ısıtma yükünde ve yapay aydınlatma kaynaklı gereksinimde azalmaya neden olacaktır. Bu durum bina enerji performansının yükselmesi noktasında katkı sağlar. İç ortam konforunu bozacak fazla ısınma da soğutma yükünün artıracığından, bina enerji performansının azalması noktasında etkili olacaktır.



Şekil 4.44 Kayseri şartlarında C-4 cam tipi için referans bina ile farklı PDO değerlerine sahip binanın pencere kaynaklı toplam kazanılan-kaybedilen ısı enerjisi ve yapay aydınlatma kaynaklı enerji değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 4.44'te verilen grafikte Kayseri şartlarında referans binanın pencere kaynaklı toplam kazanılan ve kaybedilen ısı enerjisi değerleri; artan PDO değerlerine sahip binanın belirtilen değerlerinin hep gerisinde kalmıştır. PDO değerlerindeki artışla pencere kaynaklı ısı kaybın, pencere kaynaklı ısı kazancın önüne geçmesi sağlanamamış olup; pencere kaynaklı ısı kayıp ile pencere kaynaklı ısı kazanç arasındaki sayısal fark sürekli artmıştır. Yapay aydınlatma kaynaklı enerji gereksinim değerleri de beklenildiği gibi tersi şekilde sürekli azalmıştır. PDO: 0.6 ve PDO: 0.8 değerlerine sahip binaların, yapay aydınlatma kaynaklı enerji değerlerinin ise referans binanın ilgili değerlerinin aşağı seviyesinde olduğu görülmektedir. PDO: 0.6 ve PDO: 0.8, bina enerji performansına yapay aydınlatma noktasında katkı sağlamış olsa da bina ısıtma ve bina soğutma yüklerinde meydana getirdiği yüksek artış, bu bina tiplerinin tercih edilmesinde engel teşkil etmektedir.

Referans bina ile PDO uygulaması yapılan binaların pencere konumları birbirlerinden farklıdır. Referans binanın pencereleri belirli mesafelerde iken PDO uygulaması yapılan binalarda pencere tüm bina çevresini belirlenen oranda boşluksuz kuşatmaktadır. Bu durumun PDO: 0.2 ve PDO: 0.4 için elde edilen aydınlatma kaynaklı enerji gereksiniminin, referans binanın değerinden fazla çıkmasına neden olduğu söylenebilir.



5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bina ısıtma ve bina soğutma yüklerinin oluşmasında seçilen il şartları haricinde, pencere camının U, GIKK ve GIGK değerlerinin etkili olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca binaya uygun cam tipinin belirlenmesinde U, GIGK ve GIKK değerlerinin ayrı şekilde değil hepsi birlikte değerlendirilmesinin gerekliliği anlaşılmıştır. Yapay aydınlatma kaynaklı enerji gereksinimi değerinin oluşmasında seçilen il şartları haricinde, pencere camının GIGK değerinin etkili olduğu anlaşılmıştır.

Elde edilen bütün bulgular neticesinde pencerenin termofiziksel özelliklerinin (U, GIKK ve GIGK), binanın bulunduğu şehrin iklimsel özelliklerinin ve pencere duvar oranının bina enerji tüketimi noktasında önemli bir yere sahip olduğu anlaşılmıştır.

Kayseri şartları için uygun olan camın görünür bölgedeki güneş ışınlamalarını geçirme kabiliyeti yüksek, güneş ısısından sağladığı kazancı iyi seviyede ve pencere kaynaklı ısı kaybının minimum seviyede olmasını sağlayan özelliklerde olması gerektiği anlaşılmıştır.

Osmaniye şartları için uygun olan camın pencere kaynaklı ısı kazancı düşük cam tiplerinin olması gerektiği anlaşılmıştır.

Pencere camları arasında kullanılan dolgu akışkanı türünün (hava, argon), bina ısı yükünü etkilediği görülmüştür. Bu nedenle Kayseri şartlarında, bina enerji performansı açısından dolgu akışkanına sahip cam tiplerinin seçilmesinin uygun olacağı anlaşılmıştır. Buna karşın Osmaniye şartlarında da vakumlu tiplerin tercih edilesinin daha avantajlı olduğu anlaşılmıştır.

Her iki il şartlarında PDO değerindeki artışın bina enerji performansını genel olarak olumsuz etkilediği, araştırmacıların bu il şartları için bina enerji performansını iyileştirmek adına başka adımlar atmasının gerekliliği anlaşılmıştır.

Bir binada, bina enerji performansını iyileştirme amacına yönelik, uygun statik pencere seçimi ve PDO değerlerinde değişiklik haricinde başka düzenleme ve uygulamalar yapılabilir. Bina enerji performansını iyileştirme amacına yönelik, çalışmacı arkadaşlar için şunlar önerilebilir:

- Binada kullanılmasına karar verilen gölgeleme elemanlarının ebat ve tasarımında değişiklik yapılarak, enerji simülasyon sonuçlarının analiz edilmesi,
- Binalarda hareketli ve/veya uzaktan kontrol edilebilen dâhili veya harici gölgeleme elemanlarının adaptasyonunu sağlayarak, sonuçları karşılaştırmak,
- Binada kullanılan yapı ve yalıtım malzemelerinin kalınlık ve ısı özelliklerinde değişiklik yapılarak, enerji simülasyon sonuçlarının analiz edilmesi,
- Binalarda statik işlevli camların yerine, binanın bulunduğu iklim ve hava koşullarına göre termofiziksel özellikleri değişen/değiştirilebilen dinamik işlevli cam tiplerinin (elektrokromik, fotokromik, termokromik vb.) kullanılarak, enerji simülasyon sonuçlarının analiz edilmesi,
- PDO analizinin binanın tümünde değil de, cephesel olarak belirli kısımlara uygulanarak enerji analizinin yapılması,
- Binanın farklı cephelerine farklı cam tipleri atanarak, bu hâliyle bina enerji performansına olan etkisinin analiz edilmesi,
- Binanın her cephesi için değil de bina enerji performansını olumsuz etkileyen cephe ve/veya cepheler için PDO analizinin gerçekleştirilip, sonuçların değerlendirilmesi.

KAYNAKLAR

- [1] Düzgün, N., Pencere Camı Özelliklerinin Bina Enerji Performansına Etkisi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Fiziği Programı Yüksek Lisans Tezi, 152, Temmuz 2020.
- [2] Ayçam, İ., Hasmaden, F., Mevcut Ofis Binalarında Şeffaf Kabuğa Yönelik Enerji Etkin Yenilemenin Önemi ve Alan Çalışması, 2. International Sustainable Building Symposium, 1000-1006, , Ankara, Mayıs 2015.
- [3] Erdemli, M., Elektrokromik Kaplamalı Camın Farklı İklim Bölgelerine Göre Enerji Performansı Değerlendirmesi, Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 125, Şubat 2018.
- [4] Yaman, G., Binaların Pencere/Duvar Oranı ve Yönlenme Parametrelerinin Güneş enerjisi Kazancına Etkisi, Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi, 3(2), 425-441, Bingöl, 2021.
- [5] Reynisson, H., Energy Performance of Dynamic Window in Different Climates, School of Architecture and Built Environment Division of Building Technology, Master Degree Project, Royal Institute of Technology SE, 100-44, Sweden, June 2015.
- [6] Persson, M., Window of Opportunities: The Glazed Area and its Impact on The Energy Balance of Buildings, Digital Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology, Sweden, 2006.
- [7] Yang, Q., Liu, M., Shu, C., Mmereki, D., Hossain U., Zhan, X., Impact Analysis of Window-Wall Ratio on Heating and Cooling Energy Consumption of Residential Buildings in Hot Summer and Cold Winter Zone in China, Journal of Engineering, China, 2015.
- [8] Bhandari, N., Tedapalli, S., Influence of Window-to-Wall Ratio On Building Energy Load with Daylight Utilization for West Facade in Office Building in Hot and Dry Climate of India: A Simulation-based Approach, 53. International Conference of The Architectural Science Association, 615-624, India, 2019.
- [9] Liu, J., Liu, X., Fan, X., Zhang, Z., Mao, P., Study on The Optimal Window and Wall Ratio of Village and Town Housing Based on Energy Consumption, 10P Conference Series: East and Environmental Science: 219, China, 2019.

- [10] Yılmaz, A., Apartmanların Dış Kabuğuna Uygulanan Isı Yalıtımının Bina Enerji Performansına Etkisi, T.C. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 113, Konya, Temmuz 2012.
- [11] Koç, S., Sıcak-Nemli İklim Bölgelerinde Gölgeleme Elemanı Kullanımının Bina Enerji Performansına Olan Etkisinin İncelenmesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 167, Trabzon, Ocak 2019.
- [12] Balıkçı, B., Opak, İnorganik Cephe Kaplama Malzemeleri ve Uygulama Yöntemlerinin Bina Enerji Performansına Etkileri, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı Yüksek Lisans Tezi, 221, İstanbul, Temmuz 2020.
- [13] Okumuş, M., Yaşlı Evlerinde Pencereilerin Bina Enerji ve Gün Işığı Performansına Etkisinin İncelenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 279, İstanbul 2014.
- [14] Yıldırım, N., Kuzgunkaya, E., Akkurt, G., Isı Konfor Sıcaklıklarına Bağlı Olarak Bir Konutun Enerji Performansının Değerlendirilmesi: İzmir Örneği, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 22(2), 784-798, Sakarya 2018.
- [15] Saraç, D., Türkiye’de Dört Isıl Bölgeden Seçilen İlkokul Tıp Projesi İçin Bina Enerji Tüketiminin Optimal Düzeye İndirgenmesi Konusunun İrdelenmesi, İstanbul Aydın Üniversitesi, Mimarlık Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 116, Eylül 2019.
- [16] Elhuveydi, A., Oral, F., Binalarda Isı Kaybına Neden Olan Yapısal Sorunların Termal Kamera Görüntüleme Tekniği ile Değerlendirilmesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 25(3), 370-380, 2022.
- [17] Yaka, İ., Önal, S., Binalarda Enerji Performansının Belirlenmesinde Farklı İllerin Karşılaştırılması, Küresel Mühendislik Çalışmaları Dergisi, 3(2), 127-135, 2016.

- [18] Harputlugil, G., Bina Enerji Performansı Değerlendirme Araçları-Enerji Simülasyonu, Tesisat Mühendisliği Dergisi, 144, 23-32, Ankara, Kasım-Aralık 2014.
- [19] T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, BEP-TR Eğitim Kılavuzu.
- [20] Atmaca, U., TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardındaki Güncellemeler, Tesisat Mühendisliği Dergisi, 154, 21-35, Temmuz-Ağustos 2016.
- [21] Bayram, M., Yeşilata, B., Isıtma ve Soğutma Derece Gün Sayılarının Entegrasyonu, IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 425-431, 2009.
- [22] “Türkiye İklimi”, Erişim Adresi :
https://www.mgm.gov.tr/FILES/genel/makale/13_turkiye_iklimi.pdf, Erişim Tarihi: 27/03/2023.
- [23] “Türkiye İklim Haritaları”, Erişim Adresi:
http://cografyaharita.com/turkiye_iklim_haritalari.html, Erişim Tarihi: 27/03/2023.
- [24] Pusat, Ş., Ekmekçi, İ., Türkiye İçin Tipik Meteorolojik Yılların Belirlenmesi, ULIBTK’15 20. Ulusal Isı ve Bilim Tekniği Kongresi, Balıkesir, Eylül 2015.
- [25] “Türkiye’nin Güneş enerjisi Potansiyeli”, Erişim Adresi:
<https://gepa.enerji.gov.tr/>, Erişim Tarihi: 12/01/2023.
- [26] Yaman, M., Gökçen, G., Statik ve Dinamik Hesaplama Metotları ile Binalarda Enerji Performans Değerlendirmesi, Ölçüm Değerleri ile Karşılaştırılması, Binalarda Enerji Performansı Sempozyumu, IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, 509-525, Mayıs 2009.
- [27] Türk Standartları Enstitüsü, TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, Bakanlıklar, Ankara, 2008.
- [28] Maçka, S., Türkiye İklim Bölgelerine Göre Enerji Etkin Pencere Türlerinin Belirlenmesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 199, Ocak 2008.
- [29] T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, İnşaat Teknolojisi, PVC pencereler, Ankara, 2015.
- [30] TS 825 Standartlarına Göre U Değerleri”, Erişim Adresi:
<https://onurenerji.com.tr/>, Erişim Tarihi: 21/01/2023.

- [31] T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Binalarda, Enerji Performans Ulusal Hesaplama Yöntemine Dair Tebliğ, MHG/2017-26, 2017.
- [32] Kanoğlu M., Çengel Y., Cimbala, J., Yenilenebilir Enerji Temelleri ve Uygulamaları, Palme Yayınevi, 2022.



ÖZGEÇMİŞ

- 1. Adı Soyadı** : İsa Okan DURAK
2. Doğum Tarihi : 15/06/1994
3. Ünvanı : Makine Mühendisi
4. Öğrenim Durumu : Lisans

Derece	Bölüm/Program	Üniversite	Bitirme Yılı
Lisans	Makine Mühendisliği/İmalat	Erciyes Üniversitesi	2019
Yüksek Lisans	Makine Mühendisliği/Enerji	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi	2023

İş Tecrübesi:

Görev Unvanı	Görev Yeri	Yıl
Marka ve Tasarım Uzmanı	Asil Patent ve Danışmanlık Ofisi, Kayseri	Şubat 2021- Aralık 2022



OSMANİYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

FORM
YL11

OSMANİYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: 31/08/2023

Tez Başlığı / Konusu: Farklı Özelliklerdeki Pencerelelerin Bina Enerji Performansı Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması

Yukarıda başlığı/konusu belirlenen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Özet ve Abstract, c) Giriş, d) Ana bölümler ve e) Sonuç, f) Kaynakça kısımlarından oluşan toplam 108 sayfalık kısmına ilişkin, 31/08/2023 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme tiplerinden biri uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 6'dır.

Filtreleme Tip 1 (maksimum %30) ☐

- 1- Kabul/Onay ve Bildirim sayfaları hariç,
- 2- Kaynakça hariç,
- 3- Alıntılar dahil,
- 4- 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç.

Filtreleme Tip 2 (maksimum %10) ☒

- 1- Kabul/Onay ve Bildirim sayfaları hariç,
- 2- Kaynakça hariç,
- 3- Alıntılar hariç,
- 4- 5 Kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç.

Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orjinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Tarih ve İmza
31/08/2023

Adı Soyadı: İsa Okan DURAK

Öğrenci No: 2011709109

Anabilim Dalı: Makine Mühendisliği

Programı: Yüksek Lisans

Statüsü: ☒ Y.Lisans ☐ Doktora

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR.

RAPORU DÜZENLEYEN

Prof. Dr. Önder KAŞKA
(Unvan, Ad Soyad, İmza)

Arş. Gör. Umut AKSU
(Unvan, Ad Soyad, İmza)