

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PENCERE SİSTEMLERİNİN ISIL
PERFORMANSININ ELEMAN VE BİNA DÜZEYİNDE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimar Özlem YURTTAKAL

Anabilim Dalı : MİMARLIK

Programı : ÇEVRE KONTROLÜ VE YAPI TEKNOLOJİSİ

HAZİRAN 2007

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PENCERE SİSTEMLERİNİN ISIL
PERFORMANSININ ELEMAN VE BİNA DÜZEYİNDE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimar Özlem YURTTAKAL

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 7 Mayıs 2007
Tezin Savunulduğu Tarih : 18 Haziran 2007**

Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr. Aslıhan TAVİL

Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. A. Zerrin YILMAZ

Prof.Dr. Abdurrahman KILIÇ

HAZİRAN 2007

ÖNSÖZ

Teknolojik gelişmelere bağlı olarak tüm cephe sistemine hakim pencere sistemleri yaygınlaşmış, enerji etkin bina tasarımında pencere sistemlerin beklenen performanslar göz önüne alınarak doğru pencere sistemi kararı önemli hale gelmiştir. Bu tez çalışmasında pencere sistemlerinin ısıl performansı eleman ve bina düzeyinde ele alınarak değerlendirilmiştir.

Tez çalışmaların süresince desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, bilgi ve önerilerini benimle her zaman paylaşan tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Aslıhan TAVİL'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Erasmus Öğrenci Değişim Programıyla; Stuttgart University of Applied Sciences Programına katılmama olanak sağlayan ve bizlere daima yol gösteren değerli hocam Prof. Dr. A. Zerrin YILMAZ'a çok teşekkür ederim.

Stuttgart University of Applied Sciences Programına katıldığım süre içinde bilgi ve desteklerini esirgemeyen Prof. Dr. Ursula EICKER'a ve takım arkadaşlarına teşekkürü bir borç bilirim.

Stuttgart'ta ve devamında bilgi ve deneyimlerini benimle sürekli paylaşan takım arkadaşlarım Yüksek Mimar Ayşe Miray GEMİ ve Makine Yüksek Mühendisi Elif ALTUNTAŞ'a çok teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım süresince manevi desteğini benden esirgemeyen İnşaat Mühendisi Ahmet Emre TOPRAK'a çok teşekkür ederim.

Son olarak, inanılmaz sabırları ve bana olan sonsuz sevgileri ile hep yanımda olan ve beni destekleyen kardeşim Oktay YURTTAKAL, annem Gülhan YURTTAKAL ve babam Mehmet YURTTAKAL'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Haziran 2007

Özlem YURTTAKAL

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
SEMBOL LİSTESİ	x
ÖZET	xi
SUMMARY	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Yapı Alt Bileşeni Olarak Pencere Sistemi	1
1.2 Kapsam	3
2. PENCERE SİSTEMLERİNDEN BEKLENEN PERFORMANS GEREKSİNİMLERİ	6
2.1 Pencere Sistemlerinin Enerji Performansını Etkileyen Özellikleri	6
2.1.1 Isıl Konfor Sağlamak	6
2.1.2 Doğal Aydınlatma Sağlamak	9
2.1.3 Güneş Kontrolü Sağlamak	10
2.1.4 Hava Sızdırmazlık Sağlamak	12
2.2 Pencere Sistemlerinin Kullanıcı Konfor Koşullarını Etkileyen Özellikleri	12
2.2.1 Görsel İlişki Kurmak	13
2.2.2 Kamaşma Kontrolü Sağlamak	13
2.2.3 Doğal Havalandırma Sağlamak	14
2.2.4 Yoğuşmaya Dayanıklılık	15
2.2.5 Su Sızdırmazlık Sağlamak	16
2.2.6 Ses Kontrolü Sağlamak	17
2.2.7 Mahremiyet Sağlamak	17
2.2.8 Güvenlik Sağlamak	18
2.3 Pencere Sistemlerinin Yapısal Performansını Etkileyen Diğer Özellikleri	19
2.3.1 Renk Solmasını Önlemek	19
2.3.2 Estetik	19
2.3.3 Taşıyıcılık	20
2.3.4 Dayanıklılık ve Bakım Koşulları	20
2.3.5 Ekonomiklik	21
2.3.6 Sürdürülebilirlik	21
3. PENCERE SİSTEMLERİ	23
3.1 Çerçeve Sistemleri	23
3.1.1 Malzemelerine Göre Çerçeve Sistemleri	24
3.1.2 Çerçeve Bileşenleri	29

3.2	Cam Sistemleri	29
3.2.1	Cam Tipleri	30
3.2.1.1	Berrak Camlar	30
3.2.1.2	Renkli Camlar	31
3.2.1.3	Yansıtıcı Camlar	32
3.2.1.4	Düşük Yayınlı (Low-E) Camlar	33
3.2.1.5	Kromik Camlar	34
3.2.1.6	Likit Kristalli Camlar	36
3.2.1.7	Aerojel Camlar	36
3.2.2	Ara Dolgu Malzemeleri	37
3.2.3	Cam Tutucular	38
3.3	Güneş Kontrol Elemanları	38
4.	PENCERE SİSTEMLERİNİN PERFORMANSININ ELEMAN DÜZEYİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ	42
4.1	Window 5.2 Programının Tanıtılması	42
4.2	Window 5.2 Programında Pencere Sistemi Seçeneklerinin Oluşturulması	44
4.3	Pencere Sistem Seçeneklerinin Değerlendirilmesi	47
5.	PENCERE SİSTEMLERİNİN ISIL PERFORMANSININ BİNA DÜZEYİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ	52
5.1	Binalarının Enerji Performansını Etkileyen Özellikler	52
5.1.1	Binanın İklima Bağlı Özellikleri	52
5.1.2	Binanın Konumuna Bağlı Özellikleri	53
5.1.3	Bina Yönleri İle İlgili Özellikler	53
5.1.4	Binanın Geometrik Özellikleri	54
5.1.5	Binayı Oluşturan Yapı Bileşenlerinin Özellikleri	54
5.1.6	Binanın İşletme Sistemine İlişkin Özellikleri	55
5.1.7	İç Ortam ve Ofis Kullanımı İle İlgili Özellikler	56
5.2	Metodolojinin Açıklanması	56
5.3	TRNSYS Programının Tanıtılması	59
5.4	Örnek Ofis Binasının Tanıtılması	61
5.5	Örnek Ofis Binasının TRNSYS Programında Tanımlanması	63
5.5.1	Binanın Bulunduğu Yere İlişkin İklimsel Veriler	64
5.5.2	Binanın Konumuna İlişkin Veriler	65
5.5.3	Bina Yönleri İle İlgili Veriler	65
5.5.4	Binaya Ait Geometrik Veriler	66
5.5.5	Binayı Oluşturan Yapı Bileşenlerine İlişkin Veriler	67
5.5.6	Binanın İşletme Sistemine İlişkin Veriler	71
5.5.7	İç Kazanımlar ve Kullanıcılara Ait Veriler	72
5.6	Pencere Sistem Seçeneklerinin Ofis Binasının Isıtma ve Soğutma Yüklerine Etkisinin Değerlendirilmesi	73
5.7	Güneş Kontrol Elemanının Bina Isıtma ve Soğutma Enerjileri Üzerindeki Etkileri	83
6.	SONUÇLAR	90
	KAYNAKLAR	94
	EK-A	98

EK-B

103

ÖZGEÇMİŞ

110

KISALTMALAR

ASHRAE	: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
TRNSYS	: Transient System Simulation Program
NFRC	: National Fenestration Rating Council
BFRC	: British Fenestration Rating Council
SHGC	: Solar heat Gain Coefficient (Güneş Isı Kazanç Katsayısı)
CEN	: Central European Norm (Orta Avrupa Standartları)

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 4.1 Window 5.2 programı CEN çevresel koşullarına ait değerler	44
Tablo 4.2 Window 5.2 programında tanımlanan cam tipleri ve optik özellikleri	45
Tablo 4.3 Window 5.2 kütüphanesinden seçilen ara dolgu gazları tipleri	45
Tablo 4.4 Çift cam sistemlerinin adlandırılması.....	46
Tablo 5.1 Aylık ortalama iklimsel veriler	64
Tablo 5.2 Örnek ofis bloğuna ait bilgiler	67
Tablo 5.3 Cephe opak kısmına ait katmanlar	68
Tablo 5.4 Tipik günlere ait güneşin saatlik geliş açıları.....	69
Tablo 5.5 İç duvara ait katmanlar.....	70
Tablo 5.6 Döşemeye ait katmanlar	70
Tablo 5.7 Çatı katmanları	71
Tablo 5.8 Isıtma dönemine ait iç ortam sıcaklıkları	71
Tablo 5.9 Soğutma sisteminin devreye girdiyi sıcaklık değerleri.....	72
Tablo 5.10 Örnek ofis kullanım programı	72
Tablo 5.11 Isıtma dönemi boyunca ısıtma sistemi kapalı iken dış hava sıcaklığı ve iç hava sıcaklıkları	76
Tablo 5.12 Farklı pencere tiplerine ait aylık ve yıllık ısıtma enerjileri	76
Tablo 5.13 Soğutma dönemi boyunca dış hava sıcaklığı ve iç hava sıcaklıkları	80
Tablo 5.14 Farklı pencere tiplerine ait aylık ve yıllık soğutma enerjileri	81
Tablo 5.15 Isıtma dönemi boyunca dış hava sıcaklığı ve iç hava sıcaklıklar.....	84
Tablo 5.16 Güneş kontrol elemanı olmaksızın farklı pencere tiplerine ait aylık ve yıllık ısıtma enerjileri	85
Tablo 5.17 Soğutma dönemi boyunca dış hava sıcaklığı ve iç hava sıcaklıkları.....	88
Tablo 5.18 Güneş kontrol elemanı olmaksızın farklı pencere tiplerine ait aylık ve yıllık soğutma enerjileri.....	88

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : Pencere sistemlerinde görülen ısı transferi olayları.....	7
Şekil 2.2 : Pencere sistemlerinde güneş enerji geçirgenliği.....	11
Şekil 2.3 : Açılış şekline göre pencere sistemleri[15].....	14
Şekil 2.4 : Pencere sisteminin yardımıyla hava akışı [11].....	15
Şekil 3.1 : Pencere sistemi alt bileşenleri.....	23
Şekil 3.2 : Isıl bariyerli alüminyum çerçeve.....	25
Şekil 3.3 : Ahşap – alüminyum çerçeve.....	26
Şekil 3.4 : Desteklenmiş vinil çerçeve.....	27
Şekil 3.5 : Isı yalıtımlı, dolgulu fiberglas çerçeve.....	28
Şekil 3.6 : Cam sistemi bileşenleri ve yüzeylerin numaralandırılması	30
Şekil 3.7 : Berrak cam, renkli cam ve yüksek performanslı renkli camların orta noktalarına ait U, SHGC ve Tvis değerleri.....	32
Şekil 3.8 : Low-E ve ssLow-E cam tiplerinin orta noktalarına ait U değeri, SHGC ve Tvis değerleri.....	34
Şekil 3.9 : Beş katmanlı elektrokromik sisteme ait şematik kesitleri.....	36
Şekil 3.10 : Güneş kontrol elemanları; (1) Dış gölgeleme elemanı, (2) Çift cam tabakası arasında gölgeleme elemanı, (3) İç gölgeleme elemanı.....	39
Şekil 3.11 : Dış gölgeleme eleman çeşitleri; (1) yatay gölgeleme sistemi, (2) düşey gölgeleme sistemi, (3) yatay-düşey bütünleşik gölgeleme sistemi, (4) korunaklı cephe sistemi, (5) hareketli veya sabit düşey gölgeleme sistemi.....	40
Şekil 4.1 : Window 5.2 programı arayüzü.....	43
Şekil 4.2 : Çift cam sistemlerinin şematik kesitleri.....	46
Şekil 4.3 : Pencere sistemlerine ait U değerleri (ısııl bariyerli alüminyum çerçeve, U Değeri 5.68 W/m ² K, ara boşluk genişliği: 16 mm) ...	48
Şekil 4.4 : Şekil 4.4: Pencere sistemlerine ait SHGC değeri (ısııl bariyerli alüminyum çerçeve, U Değeri 5.68 W/m ² K, ara boşluk genişliği: 16 mm).....	49
Şekil 4.5 : Pencere sistemlerine ait VT değerleri (ısııl bariyerli alüminyum çerçeve, U Değeri 5.68 W/m ² K, ara boşluk genişliği: 16 mm).....	50
Şekil 5.1 : Enerji etkin pencere tasarımı için değerlendirme süreci akış şeması.....	58
Şekil 5.2 : TRNSYS programı ara yüzü.....	60
Şekil 5.3 : Kanyon Projesi genel perspektifi.....	61
Şekil 5.4 : Ofis binası perspektifi.....	62
Şekil 5.5 : Kanyon Projesi tipik kat planı ve genel kesiti.....	63
Şekil 5.6 : Kanyon Projesi vaziyet planı.....	65
Şekil 5.7 : Ofis bloğu dış kabuk bölümleri.....	66
Şekil 5.8 : Ofis bloğu güney cephesi detayı.....	68

Şekil 5.9	: Diğer cephelerin detayı.....	68
Şekil 5.10	: Güney cephesinde yer alan gölgeleme elemanlarının yaz ve kış aylarına ait gölgeleme durumları.....	69
Şekil 5.11	: Kanyon ofis binası ile yapılan bina simülasyonu için kabul edilen ısıtma ve soğutma dönemleri.....	74
Şekil 5.12	: 19 Aralık günü dış hava sıcaklığı ve farklı pencere sistemlerine ait iç hava sıcaklıkları.....	75
Şekil 5.13	: Kanyon ofis binası üzerinde tanımlanan farklı pencere sistem seçeneklerine ait U değeri – Isıtma yükü ilişkisi.....	77
Şekil 5.14	: Kanyon ofis binası üzerinde tanımlanan farklı pencere sistem seçeneklerine ait SHGC değeri – ısıtma yükü ilişkisi	78
Şekil 5.15	: 21 Temmuz günü dış hava sıcaklığı ve iç hava sıcaklıkları	79
Şekil 5.16	: Kanyon ofis binası üzerinde tanımlanan farklı pencere sistem seçeneklerine ait SHGC değeri – Soğutma yükü ilişkisi	81
Şekil 5.17	: 19 Aralık günü dış hava sıcaklığı ve güneş kontrol elemanı olmaksızın iç hava sıcaklıkları.....	84
Şekil 5.18	: Güneş kontrol elemanı olmaksızın farklı pencere sistem seçeneklerine ait U değeri – ısıtma enerjisi ilişkisi	86
Şekil 5.19	: Güneş kontrol elemanı olmaksızın farklı pencere sistem seçeneklerine ait SHGC değeri – ısıtma enerjisi ilişkisi.....	86
Şekil 5.20	: 21 Temmuz günü dış hava sıcaklığı ve gölgeleme elemanı olmaksızın iç hava sıcaklıkları.....	87
Şekil 5.21	: Güneş kontrol elemanı olmaksızın farklı pencere sistem seçeneklerine ait SHGC değeri – soğutma yükü ilişkisi	89

SEMBOL LİSTESİ

U Değeri	: Isı İletkenlik Katsayısı
g	: Güneş Isı Kazanç Katsayısı
g_l	: Güneş Enerji Geçirme Faktörü
T_{sol}	: Güneş Enerjisi Toplam Geçirgenlik Değeri
R_{sol}	: Güneş Enerjisi Toplam Yansıtıcılık Değeri
R_{vis}	: Güneş Enerjisi Yansıtıcılık Değeri
T_{vis}	: Güneş Enerjisi Geçirgenlik Değeri
e	: Emisivite
VT	: Güneş Isı Geçirgenlik Değeri
C	: Berrak Cam
E	: Low-E Kaplamalı Cam
EE	: Spektral Seçici Low-E Kaplamalı Cam
G	: Yeşil Cam
S	: Yansıtıcı Kaplamalı Cam
τ	: İletim
ρ	: Yansıtıcılık
α	: Emicilik

PENCERE SİSTEMLERİNİN ISIL PERFORMANSININ ELEMAN VE BİNA DÜZEYİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Teknolojik gelişmelere paralel olarak yaygınlaşan tüm cephe sistemine hakim pencere sistemleri bina enerji performansı üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Enerji kaynaklarının tükenmesi konusunun baş göstermesiyle sürdürülebilir enerji kaynaklarına yönelme gündeme gelmiş ve enerji tüketimi konusunda en büyük paya sahip olan binalarda enerji etkin tasarım anlayışı önem kazanmıştır. Gelişmeler bağlamında pencere sistemlerinden beklenen performans gereksinimleri çeşitlenmiştir. Pencere sistemleri gün ışığı sağlama, dış ortamla görsel ilişki kurma ve doğal havalandırma sağlama gibi temel işlevlerinin yanı sıra, ısıl konfor, güneş kontrolü, hava ve su sızdırmazlık sağlamak, gürültü kontrolü, güvenlik, dayanıklılık, taşıyıcılık, estetik, ekonomiklik ve sürdürülebilirlik gibi gereksinimlere cevap verebilecek şekilde tasarlanmalıdır. Bu gereksinimler dikkate alınarak yüksek performanslı pencere sistemi teknolojisi geliştirilmiştir. Pencere sistemlerinin ısıl performansını artırmak için renkli, yansıtıcı, düşük yayımlı (Low-E) camlar, ara boşluğun ısı iletkenlik değeri düşük argon, krypton gibi gazlarla doldurulduğu çok katmanlı yalıtımlı cam üniteleri oluşturulmaktadır.

Enerji etkin bina tasarımında büyük önem taşıyan pencere sistemi seçiminde pencerelerin ısı iletkenlik değeri (U değeri), güneş ısı kazanç değeri (SHGC, Solar Heat Gain Coefficient) ve gün ışığı geçirgenlik değeri (VT, Visible Transmittance) karar verme kriteri olarak ele alınmaktadır. Amerika’da ve Avrupa’da pencere sistemlerini sınıflandıran ve bu üç kriteri temel alan rating kuruluşları bulunmaktadır. Pencere sistemlerinin U değeri, SHGC değeri ve VT değeri ele alınarak farklı pencere sistemlerinin birbirleriyle karşılaştırılmasıyla yapılan bu değerlendirmeler eleman düzeyinde değerlendirme olarak nitelendirilirler. Bu değerlendirme iklimsel özelliklerden, bina ile ilgili özelliklerden bağımsız olduğu için yeterli olmamaktadır. Pencere sistemlerinin bina ölçeğinde ısıtma ve soğutma giderleri açısından performansını ortaya koymak için pencere sistemlerinin performansının bina düzeyinde değerlendirilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada pencere sistemlerinin ısıl performansı iki aşamalı olarak ele alınmış; ilk aşamada pencere sistemlerinin karşılaştırmalı olarak eleman düzeyinde değerlendirilmiş ve ikinci aşamada ise iklim ve bina özellikleri de değerlendirme sürecine katılarak bina düzeyinde değerlendirilme yapılmıştır. Bina düzeyinde değerlendirmede soğutma yüklerinin ön plana çıktığı, saydamlık oranı yüksek cephe sistemi kullanımı yaygınlaşmış ofis bina örneği ele alınmıştır.

İlk bölümde enerji etkin bina tasarımı bağlamında pencere sistemlerinin yeri ve önemi, yüksek performanslı pencere tasarımının gelişimi, pencere sistemlerinin değerlendirilmesi, pencere sistemlerinin bina düzeyinde ele alınmasını, ofis binalarının pencere sistemi tasarımı konularına değinilerek problem ortaya konmuştur.

İkinci bölümde pencere sistemlerinden beklenen performans gereksinimleri; pencere sistemlerinin enerji performansını etkileyen özellikleri, pencere sistemlerinin kullanıcı performansının etkileyen özellikleri ve pencere sistemlerinin yapısal performansını etkileyen diğer özellikleri olmak üzere üç ana başlık altında sınıflandırılmış ve ele alınmıştır.

Üçüncü bölümde pencere sistemlerinden beklenen performans gereksinimlerine bağlamında pencere sistemi alt bileşenleri hakkında gelişmelerden bahsedilmiştir.

Dördüncü bölümde WINDOW 5.2 programı kullanılarak pencere sistem seçenekleri oluşturulmuş ve pencere sistemleri ısı performans eleman düzeyinde değerlendirilmiştir.

Beşinci bölümde enerji etkin bina tasarımını etkileyen özellikler ortaya konmuş ve TRNSYS programı kullanılarak Kanyon ofis binası üzerinde bileşen düzeyinde değerlendirme aşamasında tanımlanan pencereler kullanılmış ve pencere sistemlerinin ve güneş kontrol elemanlarının ısı performans bina düzeyinde değerlendirilmiştir.

Altıncı bölümde ise eleman düzeyinde ve bina düzeyinde yapılan değerlendirmeler sonucunda enerji etkin bina tasarımında pencere sistemi seçiminin önemi ve bu konudaki öneriler sıralanmıştır.

EVOLUATION OF THERMAL PERFORMANCE OF WINDOW SYSTEM ON ELEMENT AND BUILDING LEVEL

SUMMARY

Window systems, which are a dominant feature of buildings due to the technological improvement, have big impacts on energy performance of buildings. While descent of energy demands has been informed, the importance of the sustainable energy demands has become a current issue and energy efficient design concept has become into prominence because the building has a big portion on energy consumption. Related these issues, performance parameters of window system have increased. With window systems basic functions like daylighting, providing view and natural ventilation, providing thermal comfort, solar control, sound control, glare control safety, maintenance and aesthetical, economical and sustainable needs take into consider on the designing of efficient window. ‘High Performance Window System Technology’ has been improved considering all these parameters. On the purpose of improving the energy performance of window systems, by using tinted, reflective and low emissivity coated (Low-E) glasses filling the space with low thermal conductive gasses like argon and krypton, multi layered ‘insulating glazing units’ (IGU) has been developed.

Window systems’ U-value, solar heat gain coefficient (SHGC) and visible transmittance (VT) are the fundamental criteria of window system section which has a prominence on energy efficient building design. Some councils, established in USA and Europe, make classifications and ratings on window system with these basic values of window systems. These three values; U-value, SHGC and VT, provide making comparison with different window systems and evaluation of the thermal performance of window system on the element level. Because the evaluation on the element level is independent from properties related with climatical conditions and building conditions, it is not enough for the prediction on building energy performance. Window system should be evaluated on the building level to introduce the effects on the building heating and cooling energy consumption.

On this study, thermal performance of window system is discuss on two level, such as first level, evaluation of the thermal performance of window system on element level by making comparison between window systems, and second level, evaluation of the thermal performance of window system on element level including climatical and building properties. For the evaluation on the building level, a commercial building is used as a case study since commercial buildings having a completely glazed curtain wall have become widespread and cooling load has become a matter on the building annual energy consumption.

On the first chapter, the basic subjects, importance of window systems on energy efficient building design, improvements of the high performance window system design, high performance commercial building façade design, are emphasized and objectives of the study are highlighted.

On the second chapter, performance parameters of window system are classified under basic tree title such as; energy performance parameters of window system, energy performance parameters of window system, occupants' comfort related performance parameters of window system and other performance parameters of window system.

On the third chapter, components of window system are defined and explained due to the performance parameter of window system.

On the fourth chapter, different types of window system are defined in Window 5.2 simulation program and thermal performance of window system is evaluated on the element level.

On the fifth chapter, parameters of energy efficient building design are classified and Kanyon office building is defined in TRNSYS simulation program. Window system that defined in Window 5.2 are joined to the office building and impacts of window systems' on the building annual heating and cooling energy are evaluated.

On the sixth chapter, according to the evaluation on element level and building level, importance of the window system selection on energy efficient building design is mentioned and general decisions and advices are expressed.

1. GİRİŞ

1.1 Yapı Alt Bileşeni Olarak Pencere Sistemi

Pencere sistemleri; yapı kabuğunun önemli bileşenlerinden biridir ve binaların iç ortam ile dış ortam arasındaki bariyer ve filtre görevini sağlayan bina kabuğunun saydam bileşenleridir. Bina kabuğunun ana fonksiyonu kullanıcılar için dış ortam koşullarından daha iyi iç ortam koşullarını sağlamada pasif iklim denetleyici görevini üstlenmesidir [1].

Kabuğun saydam bileşeni olması, pencere sistemlerine; estetik, psikolojik ve fizyolojik açıdan bir takım görevler yükler. Gerek küçük açıklıklar şeklinde, gerekse cephe sistemine hakim giydirme cephe sistemleri şeklinde olsun, pencere sistemleri yapının kimliğini belirleyen mimari tasarımın temel bileşenlerdir [2,3]. Estetik görevlerin yanı sıra pencere sistemleri kullanıcıların gün ışığı, görsel ilişki kurma ve temiz hava gereksinimi açısından, dış ortam ile iç ortam arasında filtre görevi sağlar. Ayrıca, dış kabuğun bir parçası olarak; rüzgar, kar, yağmur gibi dış etkilere karşı bariyer görevini üstlenerek, iç ortamda gerekli konfor koşullarının sürekliliğini sağlarlar [4].

21 yy. başından itibaren, teknolojik ve yapısal gelişmelere bağlı olarak pencere sistemleri kabuk üzerinde basit bir açıklık olmaktan çıkmış, bina kabuğuna hakim, giydirme cephe sistemleri diye de adlandırılan dış kabuk sistemleri haline gelmiştir. Bu gelişmelerin paralelinde yüksek saydamlık oranlarına sahip giydirme cephelerin hakim olduğu yüksek katlı ofis bina tasarımları yaygın hale gelmiştir. Pencere sistemleri sadece iç ve dış ortamı ayıran saydam kabuk elemanı değil, birçok özelliğin beklendiği karmaşık bir yapı elemanı haline gelmiştir [3].

Binalar, dünya üzerinde gelişmiş ve gelişmekte olan ekonomilerde bütün enerji kullanımının %40'ı ile %60'ı oluşturmaktadır [1]. 1970 yıllarda ortaya çıkan enerji kaynaklarının azalması konusu, binalarda enerji tasarrufunu gündeme getirmiştir [3].

Çevre kirliliğinin azaltılmasını sağlayan önlemler ile azalan enerji kaynaklarının minimum kullanılması önemli hale gelmiştir. Böylece, binalarda en az enerji tüketimi ile konfor düzeyinin sağlanması yani enerji etkin bina tasarımı önem kazanmıştır. Pencere sistemleri bina ısıtma ve soğutma yükleri üzerinde büyük etkisi olan yapı elemanlarıdır. Dış ortamla sürekli ilişki halinde olan pencere sistemlerinin, kışın ısıtma giderlerini, yazın ise soğutma giderlerini azaltıcı pasif sistem elemanı olarak yüksek performanslı pencere tasarımı amaç haline gelmiştir [1]. Pencere sisteminden beklenen performans gereksinimleri arttığı için, tüm gereksinimlere cevap verebilen optimum değerlere sahip sistem çözümleri gündeme gelmiştir.

Pencere sistemi seçiminde, pencere sisteminden beklenen performans gereksinimleri karar verme ölçütü olma görevini üstlenirler. Tasarım aşamasında ilk akla gelen, pencere sistemlerinin estetik birer mimari eleman olarak kullanılmasıdır. Pencerelerin saydamlık oranları, renk, yansıtıcılık ve opak bileşenlerin özenli olarak detaylandırılması yapıya estetik açıdan değer katar. Pencere sistemlerinin, mekana gün ışığı, temiz hava sağlaması ve manzara sağlaması temel görevi olarak belirtilse de; maliyet, enerji performansı, güneş kontrolü sağlaması, akustik kontrol, yoğunlaşma direnci, hava ve su sızdırmazlık, güvenlik ve dayanıklılık gibi gereksinimler de karar verme aşamasında dikkate alınır. Günümüzde çevre dostu tasarımlar ve geri dönüşebilir malzeme kullanımı da önemli hale gelmiştir [3,5].

Doğru pencere sistemini seçiminde yukarıda saydığımız bütün özelliklere uygunluk açısından optimize edilmiş özelliklere sahip sistem seçimine gidilir. Ancak, birçok tasarımcı ve mülk sahipleri gibi karar verme aşamasında yer alan bireyler için kendi tasarımları için uygun enerji etkin pencere sisteminin seçimi zordur. Değerlendirme aşamasına yön vermek için pencere bileşen özelliklerine bağlı olarak bir takım sınıflandırma ve kodlamalarla karşılaştırma yapılabilmektedir [5].

Pencere sistemlerini karşılaştırabilmek ve sınıflandırmaları yapabilmek için pencere sistemlerine ve bileşenlere ait ısı geçirgenlik katsayısı (U değeri); güneş ısı geçirgenlik katsayısı ($SHGC$) ve gün ışığı geçirgenlik değeri (VT) gibi ısısal ve optik özelliklerden faydalanılır. Bu konuda bazı ülkelerde bu değerleri temel alarak sınıflamalar yapan ve bir takım standartlar getiren kuruluşlar oluşturulmuştur. The National Fenestration Rating Council (NFRC), Amerika'da kurulan ve ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)

standartlarını temel alan, kapı pencere konusunda standartları piyasaya sunan bir kuruluştur [6,7]. Bu değerlendirme binadan ve iklim koşullarından bağımsız olarak eleman düzeyinde bir değerlendirmedir.

Pencere sistemi seçiminde, eleman düzeyinde değerlendirme genel bir değerlendirme sağlamaktadır ve iklim ve bina ile ilgili bilgilerden bağımsız ele alındığı için, sadece birbirleri ile karşılaştırılmalarına olanak sağlamaktadır. Enerji etkin pencere sistemi seçiminde, pencere sistemlerinin bina düzeyinde ele alınması ve enerji etkin yapı tasarımını etkileyen iklimsel özellikler, binanın konumu, yön durumu, saydamlık oranı, iç ortam özellikleri de değerlendirmeye katılması gerekmektedir [8].

Bu çalışmada bina düzeyinde değerlendirme; enerji etkin bina tasarımında, ısı performans açısından pencere sistemlerinin ön plana çıktığı, ısıtma ve soğutma giderlerinin önem kazandığı ofis binası ele alınmıştır. Enerji etkin ofis bina tasarımında, dış kabuk saydam elemanı olarak pencere sistemleri, enerji performansı ve kullanıcı konfor koşulları açısından birçok gereksinimi üstlenmektedir. Konfor koşullarını oluşturmada pencere sistemlerinin sağlayacağı pasif kazanımlar ile bina aktif sistemleri birlikte değerlendirilerek bütün gereksinimlere cevap verebilecek optimum özelliklere sahip pencere sistemi tasarımına gidilmektedir [9].

1.2 Kapsam

Teknolojik çözümlerin çeşitliliği; gün ışığı, güneş ısı kazanım kontrolü, havalandırma gibi yapı fiziği konularını temel alan ‘Yüksek Performanslı Ofis Yapıları’ (High - Performance Commercial Building) üzerine çalışmaları arttırmıştır. Ofis yapılarında saydam cephe sistemleri özelleşmiş, tüm cepheye oluşturan giydirme cephe sistemi tasarımları önem kazanmıştır. Bu sistemler enerji etkin kabuk tasarımına uygun şekilde geliştirilmeye başlamıştır [5].

Türkiye’de, özellikle İstanbul’da, çok katlı giydirme cepheli ofis yapılarının giderek artmış ve birer prestij elemanı haline gelmiştir. Ofis yapılarının önem kazanmasıyla, kullanıcıların verimli çalışmasını sağlamak amacıyla mekan konfor koşullarının sağlanması önem kazanmıştır. Bu konfor koşullarının sağlanması için, pasif kazanım sağlayan yapı bileşenleri ve aktif sistemler bir arada çalışırlar. Amaç, minimum enerji harcaması ile enerji etkin konfor koşullarının sağlanmasıdır.

Ofis binalarının cephe tasarımında ve pencere seçiminde; mimari tasarım, kullanıcı gereksinimleri ve maliyet arasındaki dengeyi iyi sağlayabilmek önemlidir [3]. Ofis binalarının tasarım aşamasında maliyet konusu ele alınırken, ilk yatırım maliyeti (initial expense), işletme maliyeti (operational cost), bakım harcamaları ve hatta tekrar kullanılabilir olması düşünülerek ele alınmaktadır. Çünkü ‘Yüksek Performanslı Ofis Yapıları’ konusu; sürdürülebilir tasarım (sustainable design) ve çevre dostu tasarım (green design) kavramıyla beraber ele alınmaktadır [3]. Soğutma harcamalarının ön plana çıktığı günümüz ofis yapılarında, enerji etkinliği sağlama konusunda, kabuk sistemine hakim pencere sistemlerinin etkileri büyüktür[10].

Bu tez kapsamında; öncelikle bina bileşeni olarak pencere sisteminden beklenen performans gereksinimleri; pencere sistemlerinin enerji performansını etkileyen özellikleri, pencere sistemlerinin kullanıcı performansının etkileyen özellikleri ve pencere sistemlerinin yapısal performansını etkileyen diğer özellikleri olmak üzere üç ana başlık altında sınıflandırılmış ve ele alınmıştır. Pencere sistemlerinden beklenen performans gereksinimler bağlamında pencere sistemi alt bileşenleri ve gelişmelerden bahsedilmiştir.

Sonraki aşamada; pencere sistemi seçimi kararında önemli olan, pencere sistemlerinin ısııl performansı eleman düzeyinde ve bina düzeyinde değerlendirilecektir.

Eleman düzeyinde değerlendirmede, WINDOW 5.2 programında oluşturulan seçenekler U değeri, güneş ısı kazanç değeri (solar heat gain coefficient, SHGC değeri) ve güneş ışık geçirgenlik değeri (visible transmittance, VT değeri) gibi değerleri ile karşılaştırılmalı olarak ele alınacaktır. Bu değerlendirme, bölgesel iklimsel koşullardan ve bina ile ilgili diğer bilgilerden bağımsızdır.

Bina düzeyinde değerlendirmede, yeni yapımı tamamlanmış yapı kompleksi olan Kanyon Projesi kapsamındaki ofis bloğu TRNSYS programında modellenerek, WINDOW 5.2 programında tanımlanan farklı cam tipleri ile yapılan simülasyonlar sonucu elde edilen ısıtma ve soğutma enerji değerleri ile U değeri ve SHGC değerleri karşılaştırılacak, pencere sistemi seçiminin ve güneş kontrol elemanlarının bina enerji harcamalarına ne ölçüde katkıda bulunduğu ortaya konacaktır.

Eleman ve bileşen düzeyinde yapılan değerlendirmelerden yola çıkarak, pencere sistemi seçimi kararında eleman düzeyinde ve bileşen düzeyinde değerlendirmenin bir ihtiyaç olduğu, eleman düzeyinde değerlendirmenin bina enerji etkinliği açısından her zaman yeterli olmadığı ve beraberinde bina düzeyinde değerlendirmenin de yapılması gerektiği vurgulanacaktır.

2. PENCERE SİSTEMLERİNDEN BEKLENEN PERFORMANS GEREKSİNİMLERİ

Bu bölümde pencere sistemlerinden beklenen performans gereksinimleri; pencere sistemlerinin enerji performansını etkileyen özellikleri, pencere sistemlerinin kullanıcı performansının etkileyen özellikleri ve pencere sistemlerinin yapısal performansını etkileyen diğer özellikleri olmak üzere üç ana başlık altında sınıflandırılmıştır.

2.1 Pencere Sistemlerinin Enerji Performansını Etkileyen Özellikleri

Pencere sistemlerinin ısıl iletkenlik katsayısı (U değeri), güneş ısı kazanç katsayısı (SHGC değeri), ışık geçirgenliği (VT), ve hava sızdırmazlığı gibi özellikleri pencere sistemlerinin enerji performansını etkilemektedir. Isıl iletkenlik katsayısı düşük ve hava sızdırmaz pencere sistemleri ısıl performansı iyi sistemleridir. İklimsel özelliklere bağlı olarak, ısıtmanın istendiği dönemde güneş ısı kazanımının yüksek, soğutmanın istendiği dönemde ise düşük olması ısıl performans bakımından uygundur. VT değeri ise gün ışığı geçirgenlik değeridir ve doğal aydınlatma açısından yüksek günışığı geçirgenliği istenmektedir. Doğal aydınlatmanın yetersiz kalması durumunda yapay aydınlatma sistemine ihtiyaç duyulması beraberinde soğutma yüklerini artmasına neden olur. Bu nedenle, gün ışığı geçirgenliği (VT), pencere sistemlerinin ısıl performansını etkileyen diğer bir özelliktir [11].

2.1.1 Isıl Konfor Sağlamak

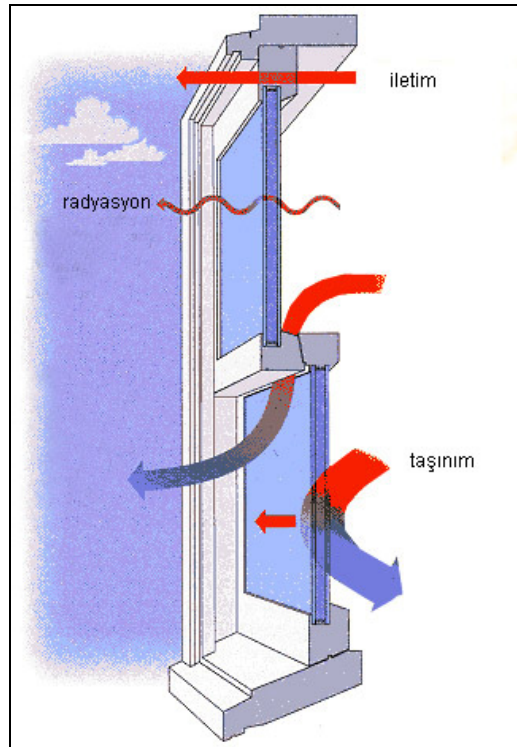
Bir mekanın ısıl konforu, kullanıcıların kendilerini rahat hissettikleri ve aktivitelerini etkin bir şekilde yapabildikleri konfor koşullarıdır [12]. Değişen dış ortam koşulları karşısında mekan içindeki konfor koşullarının her zaman aynı olması istenir. Bu durum mekanın kaliteli ve kullanışlı olduğunun bir göstergesidir. Isıl konfor; hava sıcaklığı, nem, rüzgar gibi atmosferik olaylara, mevsimsel ve gece-gündüz koşulları

ve coğrafi koşullara bağlıdır. Bu değişen koşullar altında ısı konfor koşullarının minimum etkilenmesi sağlanmalıdır. 1. Bölümde bahsettiğimiz gibi dış ortamla doğrudan ilişkili olan pencere sistemlerinin ısı performansının iyi olması beklenir. Pencere sistemlerinin ısı performansını pencerelerin U değeri, SHGC değerleri belirler. Mekanlarda kışın yeterli sıcaklığın, yazın ise serinliğin en az harcama ile sağlanması için pencerelerin ısı geçirgenliğinin ve güneş ışının kazancının önem kazanmaktadır.

Isı, prensip olarak yüksek sıcaklıktaki bir ortamdan düşük sıcaklıktaki bir ortama doğru hareket eder [13].

Isı transferi, katı cisimlerde moleküllerin titreşimi sonucu kondüksiyon (iletim), sıvı ve gaz gibi akışkanlardan konveksiyon (taşınım), dalga boyları ışık dalga boyundan daha büyük olan dalgalar şeklinde radyasyon (ışınım) yolu ile iletilir [13].

Pencere sistemlerinde ısı transferi cam ve çerçeve yüzeyinden iletim, cam yüzeyi ve çerçeve yüzeyinde radyasyon, çerçeveler ve çerçeve cam sistemi arasındaki boşluklardan havanın hareketi taşınım ile olur. Pencere sistemlerinde görülen ısı transfer olayları Şekil 2.2’de görülmektedir.



Şekil 2.1: Pencere sistemlerinde görülen ısı transferi olayları

Isı yalıtımı, yapı elemanlarının ısı iletkenlik katsayısı U değeri ile değerlendirilir. Birim yapı elemanının 1 m^2 'lik bir yüzeyinden her iki taraftaki hava arasındaki 1 K 'lik sıcaklık farkı olduğu zaman 1 saatte geçen ısı miktarına ısı iletim katsayısı denir. Birimi $\text{W}/\text{m}^2 \text{ K}$ 'dir [13,14]. TS 825 'Binalarda Isı Yalıtım Kuralları' ısı iletim katsayısını U değeri olarak adlandırır[14]. U katsayısı sistemdeki toplam ısı geçişini ifade eder ve bir yapı elemanının ısı iletkenlik katsayısı ne kadar düşükse, ısı yalıtım değeri o kadar yüksektir. Malzemelerin ısı akışı direncine ısı direnç ($R=1/U$) denilir [13].

Pencere sistemlerinin ısı geçirme katsayısı (U değeri); cam sisteminin orta noktasına ait U değeri, cam sisteminin kenar noktalarına ait U değeri ve ısı akışının çok olduğu ısı akışı ve ortada noktalardaki ısı kazanımlarını beraber kapsayan sistemin U değeri olarak 3 farklı U değerine sahiptir [15].

Cam sisteminin orta noktasına U değeri; cam katman sayısına, tabakalar arası boşluğun boyutuna, ara dolgu malzemenin çeşidine ve seçilen camların çeşidine bağlıdır. Ara boşluğun ısı iletkenliği düşük bir ara dolgu malzemesi ile doldurulduğu katmanlı cam sistemlerinin ısı performansı daha iyidir. Cam sisteminin kenar noktalarında, metal cam tutucuların olması ısı akışını artırır, kenar noktalarına ait U değeri, orta noktanın U değerinden daha yüksektir. Çerçeve sistemlerinin ısı performansı, ısı olaylara fazla maruz kaldığı için cam sistemi kadar iyi değildir. Bu yüzden birçok örnekte, pencere sisteminin toplam U değeri, cam sisteminin orta noktasına ait U değerinden daha yüksektir [15].

Pencere sistemlerinin ısı performansını artırmada çok katmanlı cam sistemlerinin kullanılması büyük önem taşımaktadır. Cam sistemlerinin ara boşluklarına Argon (Ar), Karbondioksit (CO_2), Krypton (Kr) ve Xenon (Xe) gibi ısı iletkenlik katsayıları (λ) düşük bir gazla doldurulması ısı performansı iyileştirir [16].

Sistemin opak bileşeni olan doğramalarda ise, hava boşluklu PVC doğramaların ve parçalı olarak imal edilen, ısı yalıtımı sağlayan yan malzemelerle desteklenmiş alüminyum ve çelik doğramaların kullanımı pencere sistemlerinin toplam ısı performansını artırmaktadır. Isı kaçışının olası olduğu kasa-kanat ve kasa-duvar birleşim yerlerinde fitillerin kullanılması ve elastik malzemelerle boşlukların

tamamen tıkanması sistemin performansının iyi olmasına katkıda bulunmaktadır. [16].

Pencere sistemlerinin ısııl performansını etkileyen diğer faktör güneş ısı kazanç katsayısı, SHGC (Solar Heat Gain Coefficient) dır.

Güneş ısı kazanç katsayısı (SHGC); cam sistemine belli bir açıyla gelen güneş ışınımına bağlı olarak cam sisteminin elde ettiği güneş ısı kazanç değeridir. National Fenestration Rating Council (NFRC) verilerinde 0° eğimle gelen güneş ışınimleri sonucunda elde edilmiş güneş ısı kazanç değerleri kabul edilmektedir. Güneş ısı kazanç katsayısı (SHGC); 0 ile 1 arası değerlerle ifade edilir ve yüksek SHGC değeri yüksek ısı kazancı, düşük SHGC değeri düşük ısı kazancı anlamına gelir [15].

TS 825 ‘Binalarda Isı Yalıtım Kuralları’ kapsamında güneş ısı kazanç faktörü, laboratuvar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerji geçirme faktörü olarak adlandırır ve g_j ile sembolize edilir [14]. Avrupa normlarında ise güneş ısı kazanç değeri g (g value) ile sembolize edilir.

Güneş ısı kazanç katsayısı (SHGC) düşük olan cam sistemi tercih edildiğinde gölgeleme değeri yüksek, içeriye alınan gün ışığı miktarı ve güneş ısı kazanımı az olacaktır. Bu durum güneş ısı kazancı açısından, soğutmanın istendiği dönemde ve iklimlerde doğru bir tercih olacaktır. Ama ısıtmanın istendiği dönemlerde ve soğuk iklim koşullarında ise güneş ısı kazanım miktarı az olduğu için ısıtma yüklerinin artmasına neden olacaktır.

Enerji etkinliği açısından uygun SHGC değerine sahip pencere sistemini seçiminde; iklimsel bölge, bina tipi ve yöne bağlı değerlendirme önem kazanmaktadır. Pencere sistemlerinin, enerji etkin bina tasarımında diğer sistemlerle beraber değerlendirilmesi ile ısııl iletkenlik değeri (U değeri) ile güneş ısı kazanım katsayısı (SHGC) optimize edilmiş sistemler seçilmelidir.

2.1.2 Doğal Aydınlatma Sağlamak

Gün ışığını içeriye almak, pencere sisteminin en önemli fonksiyonlarından biridir. İnsanlar her ne kadar yapay aydınlatmaya daha fazla yer vermeye başladıysa da, iyi tasarlanmış bir bina ihtiyaca cevap verebilecek maksimum seviyede gün ışığı

sağlamalıdır [11]. Doğal aydınlatmayla elde edilecek enerji tasarrufu günümüzde çok önemli hale gelmiştir. Gün boyunca sürekli kullanılan ofis binalarında gün ışığı kullanımı ve elde edilecek enerji tasarrufu kayda değer bir miktarda olacaktır. Yapay aydınlatma ihtiyacının azalmasıyla yapay aydınlatmadan kaynaklanan ısı kazanımları da azalacak, soğutma enerji yükü miktarını azalmasına yardımcı olacaktır. Gerekli gün ışığının mekana alınması beraberinde enerji tasarrufu da sağlar [17].

Bir pencereden alınan gün ışığı miktarı; pencerenin baktığı yön, pencere önündeki bitki, ağaç yada bina gibi bir takım engeller, ayrıca yapıda kullanılan tente, gölgeleme elemanı gibi dış faktörlere de bağlıdır [12].

Pencere sisteminde kullanılan camın gün ışığı geçirgenlik değeri (VT) içeriye alınan ışığın miktarını etkiler. Camların gün ışığı geçirgenlik değeri (Tvis), cam sistemine 30° eğimle gelen görünür bölge güneş ışıınının cam sisteminden geçen kısmıdır [15]. Işık geçirgenlik değeri yüksek berrak camlar daha çok ışığı içeri alırlar.

Gün ışığı geçirgenliği; camın tipine, cam tabakası sayısına ve camların yüzeyindeki kaplamaların çeşidine göre değişir. Camların yüzeyine uygulanan özel kaplamalar ve çeşitli kimyasal yapıdaki camların gün ışığı geçirgenlik değeri birbirinden farklıdır [3]. Bu tür kaplamaları veya yansıtıcı özellikteki camlar güneş kontrolü sağlamak için kullanılırlar ama bu tür cam camlar tercih edilirler güneş ışığı geçirgenliği mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır.

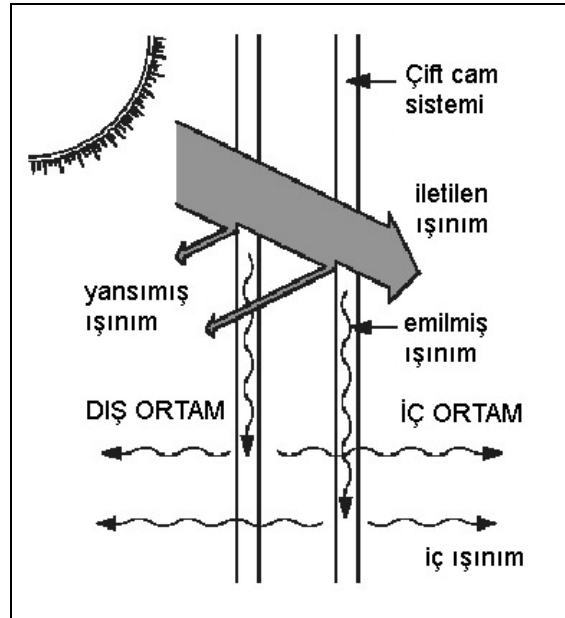
2.1.3 Güneş Kontrolü Sağlamak

Pencere sistemlerinin enerji performansını etkileyen diğer faktör pencere sistemlerinin güneş kontrolü sağlamasıdır. Pencerelelerin güneş ısı kazancı binaların soğutma yükü üzerinde etkili olan bir özelliğidir. Soğutmanın istendiği iklim ve mevsimlerde güneş ısı kazancını azaltmak, ısıtmanın istendiği iklim ve mevsimlerde güneş ısı kazancını artırmak enerji harcamaları bakımından yararlı olacaktır. Bu yüzden mevsim ve iklim koşulları göz önüne alınarak pencere sistemi seçimi yapılmalıdır [18].

Güneş ısı kazancının temeli; güneşten ve gökyüzünden direk veya yaygın olarak gelen ışıınımlar ile yeryüzünden ve diğer yüzeylerden yansiyarak gelen ışıınımlardır

[15]. Güneş ısı kazancını azaltmak bazı iklim bölgelerinde ve yaz döneminde yarar sağlasa da ısıtmanın önem kazandığı iklim ve dönemlerde güneş ısı kazancını artırmak önem kazanır.

Güneş ışınları, cam dış yüzeyine geldiğinde 3 olay meydana gelir. Bu ışınların bir kısmı iç ortama iletilir, bir kısmı cam tarafından emilir ve diğer kısmı ise yüzeyden geri yansır. İletilen ışınlım (τ), emilen ışınlım (α) ve yansıyan ışınlım (ρ) ile sembolize edilir ve iletilen, emilen ve yansıyan ışık miktarı toplamı 1'e eşittir ($\tau+\alpha+\rho=1$). Bir camın toplam ısı geçirgenliği direkt geçen ısı ışınlımını ve cam tarafından emilen ısının iç ortama yansıyan kısmının toplamıdır [15].



Şekil 2.2: Pencere sisteminin güneş enerji geçirgenliği

Camların güneşe bağlı özellikleri güneş enerjisi toplam geçirgenlik (T_{sol}) değeri ile değerlendirilmektedir. Güneş enerjisi toplam geçirgenlik (T_{sol}) değeri, 30° eğim ile geldiği varsayılan toplam güneş enerjisinin iç ortamı etkileyen yüzdesidir. Güneş ısı kazanç katsayısı (SHGC); sisteme 30° eğim ile gelen güneş enerjisine bağlı olarak sistemin elde ettiği güneş ısı kazanç değeridir [19].

Güneş ısı kazancı, camın rengine, kimyasal yapısına ve kaplama çeşidine göre farklılık gösterir [3]. Pencere sistemleri güneş kontrolü sağlarken gerekli doğal aydınlatma ve psikolojik gereksinimleri sağlamalıdır. Gün ışığı geçirgenlik değeri (T_{vis}) çok düşük olmamalıdır.

Güneş kontrolü sağlamak amacıyla cam sistemi ile bütünleşik çalışan gölgeleme elemanları kullanılır. Gölgeleme elemanları, yön durumu ve kullanıcı ihtiyaçlarına bağlı olarak hareketli, sabit, iç ortamda veya dış ortamda olmak üzere çeşitli şekillerde olabilir.

2.1.4 Hava Sızdırmazlık Sağlamak

Hava sızıntısı (air leakage, infiltrasyon) kontrol edilemeyen ve istenmeyen hava hareketi olarak tanımlanabilir. Hava sızdırmazlık tamamen sağlamasa da kontrol edilebilir bir olaydır [3]. Hava sızıntısı rüzgar hızına ve iç ortam ile dış ortam arasındaki sıcaklık farkına bağlı olarak değişkenlik gösterir. İstenmeyen bu hava hareketi, mekandaki konfor koşullarının bozulmasına, ısıtma ve soğutma yüklerinin artmasına neden olur.

Hava sızıntı miktarı, iklim koşullarına, rüzgar koşullarına ve bina çevresindeki hava hareketlerine bağlıdır [11].

Hava sızıntısı, pencere sistemlerinde birleşme noktalarında görülür. Duvar kasa birleşimleri, kasa kanat bağlantıları ve cam doğrama birleşim yerleri hava geçişi için olası bölgelerdir. Özellikle açılabilir pencerelerde, kasa kanat birleşim yerlerinde yine hava sızıntısı daha çok görülür [11].

Pencere sistemlerinde hava sızdırmazlık, doğru detaylandırma ve özenle yapılmış uygulama ile sağlanabilir. Birleşim bölgeleri hava sızdırmaz elastik dolgu ile tamamen doldurulmalı, conta, fitil gibi malzemelerle desteklenmelidir. Ayrıca kasa kanat gibi hareketli bölgelerin detayı hava geçişine engel olacak şekilde tasarlanmalıdır.

2.2 Pencere Sistemlerinin Kullanıcı Konfor Koşullarını Etkileyen Özellikleri

Pencere sistemleri kullanıcı konfor koşulları açısından bir takım görevleri üstlenir. Pencere sistemleri bu özellikleri, görsel ilişki, doğal aydınlatma, temiz hava, ses kontrolü, mahremiyet ve güvenlik sağlamak olarak sıralanabilir.

2.2.1 Görsel İlişki Kurmak

Pencere sistemleri düşünüldüğünde; genellikle ilk akla gelen pencere sisteminin kendiden çok, pencerenin sağladığı manzaranın nasıl olacağı üzerinedir. Dış kabuğun saydam elemanları olan pencere sistemleri, mekanların doğal hayat ile ilişki kurmasını sağlayan, binaların gözleri gibidir. Dış ortamdaki hareket ve değişimler, gün içindeki hava ve ışık değişimlerini takip edebilmek insanlara ruhsal açıdan dinlenme sağlar ve insanları motive edici bir etki gösterir [11].

Dış ortamla ilişki kurmak, pencere sisteminin diğer performanslarından daha önemlidir. Bazen tasarımlarda manzaraya göre konumlanma enerji etkinliğinden daha ön plana gelebilir. Psikolojik açıdan değerlendirildiğinde bu durum bir gerekliliktir ve gerekli konfor koşullarının sağlanmasında enerji ihtiyacı aktif sistemlerle desteklemekte mümkündür.

Pencerelerin bu görsel işlevini yerine getirebilmesi için, boyutları ve kullanılan cam çeşidinin de göz önünde bulundurulması gerekir [3]. Küçük parçalı camlar kullanmak yerine, daha büyük tek parça pencere sistemleri kullanmak, görsel açıdan iç ve dış ortam arasında bağlantı kurmak için etkili bir yöntemdir. Seçilen cam çeşidinin de, mekan kullanıcılarının dışarıyı görmesine olanak sağlayacak şeffaflıkta olması gerekir. Camların gün ışığı geçirgenlik değeri (Tvis), pencerelerin görsel ilişki kurma performansını en çok etkileyen değeridir [11]. Ticari ve ofis binalarının tasarımında renkli ve yansıtıcı camların kullanımına dikkat edilmesi gerekir.

2.2.2 Kamaşma Kontrolü Sağlamak

Gün ışığını kullanmak genellikle tercih edilse de, çok miktarda direkt ışık, özellikle küçük açıklıklardan içeri alınan rahatsız edici miktarda kamaşmaya neden olabilir. Kullanıcı konforunun ön plana çıktığı, özellikle bilgisayar kullanımının yaygın olduğu ofis binalarında kamaşma kontrolü sağlamak çok önemlidir [4].

Işık kaynağı, mekandaki yüzeylerden daha parlak olduğu zaman kamaşma problemi ortaya çıkar. Kullanıcıların eylemlerini konfor koşullarında yerine getirebilmeleri için ortamdaki ışık miktarının yeteri kadar olması gerekir. Işık miktarının fazla olması rahatsız etmeye başlar. Amaç, kamaşma problemini kontrol altına alarak maksimum gün ışığını kullanmak olmalıdır [11]. Mekanlarda görsel konforun

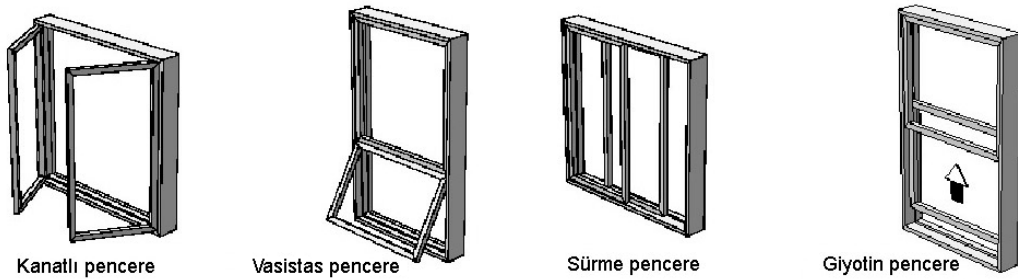
sağlanması için her noktanın aydınlık düzeyinin aynı olması gerekir. Bunun için, direkt güneş ışığının yanı sıra, mekana yaygın ve yansımış ışığın alınması gereklidir. Direkt alınan güneş ışığının da zemin veya duvarlara yansması ve sonra mekana yaygın olarak dağılması istenir [11]. Mekanlarda dengelenmiş aydınlık düzeyinin oluşması pencere sistemlerinin konumuna, boyutlarına, cam katman sayısına, camların ışığı geçirgenlik özelliği ve gölgeleme elemanlarının durumuna bağlıdır.

Rahatsız edici güneş ışığını kontrol altına almak için pencere sistemiyle bütünleşik çalışan gölgeleme elemanları kullanılır. Yarı saydam, buzlu yada kumlu camlarda direk ışığı kırarak yayılmasını sağlarlar.

2.2.3 Doğal Havalandırma Sağlamak

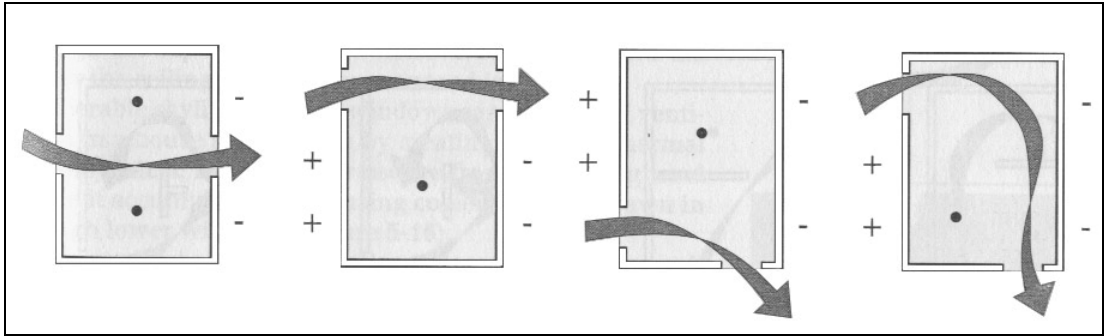
Dış ortam ile ilişkili olan pencere sistemlerinin en önemli özelliklerinden biri de doğal havalandırma sağlamasıdır. Kapalı mekanlarda, yapılan işe ve kullanıcı sayısına bağlı olarak temiz havaya ihtiyaç duyulur.

Pencere sistemlerinin vantilasyon sağlama kabiliyeti, pencere sisteminin boyutlarına ve çalışma çeşidine bağlıdır. Tamamı açılabilir pencerelerde, tüm pencere sistemi vantilasyonu sağlar. Sürme sistemlerde ve tek kanadı açılan çok kanatlı sistemlerde vantilasyon biraz daha kısıtlıdır. Açılış şekline göre pencere sistem çeşitleri Şekil2.3'te görülebilmektedir. Pencerenin vantilasyon kabiliyetini etkileyen diğer unsurlar, bölgenin rüzgar özelliği, pencerelerin yöne bağlı olarak konumları, binanın konumuna bağlı olarak oluşan dış engeller (komşu binalar, bitki örtüsü gibi) sayılabilir [11].



Şekil 2.3: Açılış şekline göre pencere sistemleri [15]

Etkin bir ventilasyonu sağlamak için, hava akışını sağlamak gerekir. Mekanın değişik cephelerinde yer alan pencereler sayesinde bu hava akışı sağlanır (cross – ventilation). Normal rüzgar koşullarında, binanın rüzgara maruz kalan cephesi pozitif basınç bölgesi olarak kabul edilir ve bu cephesinin karşısındaki cephede negatif bölge olarak adlandırılır. Bu iki cephede açılan yeterli boşluklar sayesinde pozitif bölgeden negatif bölgeye doğru hava akışı sağlanır. Böylece iç ortam soğutulmuş ve taze hava sağlanmış olur. (Şekil 2.4)



Şekil 2.4: Pencere sisteminin yardımıyla hava akışı [11]

Pencerelere gerekli havalandırmayı sağlayacak minimum boyutlarda açılabilir havalandırmalar yapılmaktadır. Bu havalandırmaların boyutu, genel olarak mekan taban alanının %5'i olarak kabul edilmektedir [11]. Fakat bu değer iklim bölgelerine uygun enerji etkin tasarımı yapmak ve farklı yaşayış tarzlarına uygun olarak farklılık göstermektedir. Son olarak, güvenlik önlemi açısından da doğal havalandırma boşlukları belli boyutlar içinde tasarlanmalıdır.

Buna ek olarak, yapay havalandırma sağlayan havalandırma sistemlerinden yararlanılır. Vantilatör ve merkezi havalandırma sistemleri mekanları mekanik olarak havalandırmasına rağmen, direk dış ortama bağlayan pencereleri açmak daha çok direk ve doğal havanın elde edilmesini sağlar.

2.2.4 Yoğuşmaya Dayanıklılık

Yoğuşma, havanın çığ noktasında veya çığ noktasının altındaki sıcaklıkta bir yüzeye çarptığında gerçekleşir. Yoğuşma pencerenin her noktasında gerçekleşebilir ama ilk olarak pencere sisteminin sıcaklığının düşük olduğu bölgelerinde yani hava sirkülasyonunun olduğu kenarlarda gerçekleşmeye başlar [15].

Yüzeylerde yoğuşma, uygun ısıtma ve havalandırma sisteminin kurulması ve ısı yalıtım değeri yüksek pencere kullanılmasıyla mümkün olur. Özellikle metal doğramalarda ısı iletimi çabuk olduğu için yoğuşma ve donma olayı gözlenir. Yoğuşma problemini çözmek için ısı bariyerli çerçeve sistemleri geliştirilmeye başlanmıştır.

İç ortamın nem seviyesi bu olaya katkıda bulunduğu için iç ortam nemini azaltmak yoğuşmayı kontrol altına almak için önemlidir. Buharlaşmanın yoğun olduğu mutfak, banyo gibi mekanların havalandırılmasıyla ortam nemini ortadan kaldırmak gereklidir. Sürekli devam eden yoğuşma küflerin oluşmasına, boyalı yüzeylerin zarar görmesine, ahşap elemanların çürümesine neden olur.

Bazı iklim bölgelerinde yoğuşma, pencere sisteminin iç yüzeyinde oluşabildiği gibi dış yüzeyinde de oluşabilir. Low-e kaplamalı veya ara boşluğun özel gazlarla doldurulduğu yüksek performanslı pencere sistemlerinde, dış ortam ile temas halinde olan sistemin en dış yüzeyi yoğuşmaya maruz kalır. Bu olay don olayı görülen ve bağıl nemin yüksek olduğu gecelerde görülür ve gündüz güneş ışığı ile ısındığında yüzeydeki yoğuşma kaybolur. Bu olay pencere sisteminin ısı performansı açısından ne kadar iyi olduğunun da göstergesidir [11].

2.2.5 Su Sızdırmazlık Sağlamak

Pencere sistemlerinin, yağmur kar ve rüzgar gibi iklimsel olaylara karşı korunması gereklidir. Suya maruz kalma, rüzgarı şiddetine ve yönüne de bağlı olarak etkisini gösterir. Öncelikli düşünülmesi gereken, suyun pencere yüzeyine en az miktarda ulaşmasını sağlamaktır. Pencere yüzeyine, doğrama kesitin içine girmiş suyun ise en kısa yoldan uzaklaştırılması gerekir [11].

Pencere sistemlerinde, duvar-kasa birleşimleri, kasa-kanat bağlantıları ve cam doğrama birleşim yerleri yine suyu geçişi için de olası bölgelerdir. Doğrama ile duvar arasındaki bağlantının su geçirmez olması ve gerekli yalıtım örtüleri ile desteklenmesi gerekir. Suya maruz kalan en dış katman su geçişine karşı dirençli olmalıdır. duvar-denizlik-doğrama detayları ve montajı ve doğramadan su tahliyesi sistemi önem taşımaktadır. Doğrama ve doğrama-cam birleşim yerleri suyun sisteme girmemesi, giren suyun ise en kısa yoldan sistemden uzaklaştırılması gerekmektedir.

Suyun iç ortama girmesi istenmeyen bir durum olmakla beraber, pencere sistemine giren su, sistemin performansını da kötü yönde etkiler. Sistemin bozulması da yol açar. Doğrama-duvar detaylarından sızan su, yine duvar ısı yalıtımına zarar verebilir hatta dış duvar kabuğunun tamamen bozunmasına kadar durum ilerleyebilir [11].

2.2.6 Ses Kontrolü Sağlamak

Ses, havanın titreşmesiyle oluşur ve katı, sıvı, gaz maddelerde titreşimler halinde yayılırlar. Sesin birimi desibel (Db)'dir. Günümüzde aşırı ses yani gürültünün sağlığı tehdit eden ve hastalıklara yol açan bir etmen olduğu bilinmektedir. İç mekandaki eylemin türüne bağlı olarak, dış ortamda oluşan seslere ve gürültüye bağlı olarak dış kabuğun ses kontrolü sağlama performansının iyi olmalıdır. Malzemelerinin kütleleri ses yalıtım özelliklerini etkilemektedir [12].

Ses iletimini azaltan en önemli aşamalardan biri, hava sızıntısını minimize edilmesiyle sağlanmıştır. Pencere sistemi ile duvar birleşim bölgesinin hava geçirimsiz hale getirilmesi ve pencere sisteminde malzeme birleşim yerlerinde kullanılan lastik ve contaların doğru kullanılması sızıntıyı azaltan uygulamalardır.

Çok katmanlı pencere sistemleri, tek cam geleneksel sistemlere göre ses iletimini oldukça azaltmıştır. Kullanılan camların kalınlığının artırılması ve ara boşluk boyutunun 16-20 mm geçmeyecek şekilde artırılması ses kontrolü açısından olumlu sonuç verir. Ayrıca ara boşluğun kuru hava veya Argon (Ar) ile doldurulması yerine ağır bir gaz olan Sülfürhexaflorür (SF_6) ile doldurulması da ses yalıtımını artırmaktadır. SF_6 gazı ağır bir gaz olduğu için bir yay gibi ses dalgalarını yumuşatarak ses yalıtımı sağlar [3,11]. Lamine camlar çok katmanlı yapıları nedeniyle ses yalıtımı bakımından yüksek performansa sahiptir [16].

2.2.7 Mahremiyet Sağlamak

Pencere sistemleri, binaların kullanım amacına bağlı olarak, gerekli durum ve zamanlarda mahremiyet sağlayacak nitelikte olmalıdır. Dış hayat ile sürekli bağlantı sağlayan pencerelerin, kullanıcı aktivitelerine bağlı olarak, yerleri ve saydamlık oranları ve saydamlıkları dikkatle belirlenmelidir. Kaplamalı, buzlu ya da yansıtıcı camlar kullanarak da mahremiyet sağlanabilir. Bunların yanı sıra; otomatik yada el

ile kontrol edilen jaluzi ve perde sistemleri değişen şartlara uygun olarak gerekli düzeyde mahremiyeti sağlamak için kullanılabilir. [11].

2.2.8 Güvenlik Sağlamak

Pencere sistemleri, özellikle yüksek binalarda rüzgar, deprem gibi doğal olaylara, saldırılara ve patlama gibi olaylara karşı güvenli olmalıdırlar. Kırılğan bir yapıya sahip oldukları için ilk akla gelen cam güvenliği olsa da doğrama güvenliği de cam kadar önem taşımaktadır [11].

Doğramalar, pencere sistemin taşıyıcısı ve duvar sistemine bağlayıcı elemanları olduğu için sistemin yukarıda sayılan olaylara karşı dayanıklı olmalıdır. Kırılğan bir yapıya sahip olan ve yaralanmalara sebep olabilecek camlar, güvenlik açısından iyileştirmek için özel ‘Güvenlik camları’ geliştirmiştir. Bu camlar kırılmalara karşı dayanımlı, kırılrsa bile sivri ve keskin kenarlar oluşturmayacak parçacıklara dağılan camlardır. Temperli ve laminasyonlu camlar üzere 2 şekilde güvenlik camı üretilir.

Temperleme, camın basınç, darbe vb. gibi yüklere ve farklı ısı genleşmelerden doğan iç gerilmelere karşı daha fazla direnç kazanmasını sağlayan ısı veya kimyasal olarak yapılan işlemlerdir. Temperlenmiş camlar, kırıldıklarında çok küçük parçalara bölünerek yaralanmalara sebebiyet vermezler [16].

Laminasyonlu camlar, iki ya da daha fazla katmanlı camın ara malzemeler kullanılarak birleştirilmesiyle oluşturulurlar. Camları birleştirmek için kullanılan malzeme, camın kırılmaya karşı dirençli olmasına, kırılmalar karşısında da dağılmayı önlemeyi sağlar [16].

Camın hem kırılmaya karşı direncini artırmak hem de kırıldığında dağılmasını engellemek üzere içine tel yerleştirilmesi ile elde edilen camlara telli cam adı verilir [16]. Telli camlar içinde yer alan diğer cam grubu alarm camlarıdır. Bu camlar, içinde bulunan ve elektrik akımı geçirilen ince tellerin camın kırılması ile kopmasıyla bir alarm devresini çalıştırmak üzere tasarlanmış bir güvenlik camıdır.

Yangın gibi tehlikeli anlarda, kullanıcıların binayı terk etmeleri ve dışarıdan müdahaleleri kolaylaştırmak için pencerelerin bir kaçının açılabilir olması gereklidir.

Özellikle acil çıkış güzergahlarında dumanı tahliye edebilmek için açılabilir camlar yer almalıdır [11].

2.3 Pencere Sistemlerinin Yapısal Performansını Etkileyen Diğer Özellikleri

2.3.1 Renk Solmasını Önlemek

Mekan içinde kullanılan tekstil ürünleri, resimler, ahşap elemanlar gibi organik malzemeler güneş ışığına maruz kaldığında renklerinde solma görülür. Solma; malzemenin cinsine ve rengine, ışıının (radyasyon) çeşidine, ışıının yoğunluğuna, maruz kalma süresine bağlıdır [11].

Seçilen cam çeşidine göre camın geçirdiği ışıının çeşidi ve yoğunluğu değişir. Ultraviyole ışınlar en zararlı ışıındır ve malzemedeki kimyasal bağları bozarak malzemenin solmasına yol açarlar. Camlara uygulanan kaplamalar ve low-e camlar daha az ultraviyole ışıının alınmasını sağlar. Yine de, cam sisteminden geçen görünür ışık halen bazı malzemelerde ciddi renk solmasına neden olabilir.

2.3.2 Estetik

Pencere sistemleri, işlevselliğinin yanı sıra gerek bina dış kabuğu elemanı gerekse iç mekanların bir parçası olması açısından görsel olarak da bir takım görevleri üstlenmelidir. Tasarım açısından bina sisteminin diğer elemanlarıyla da uyum içinde olmalıdır. Bu uyum doluluk boşluk açısından, malzeme bütünlüğünü sağlamak açısından ve renk bakımından bir uyum sağlanmalıdır.

Seçilen doğrama çeşidi, bu doğramaya uygun detayların geliştirilmesi, yine doğrama sisteminin rengi hem pencere sisteminin hem de binanın kimliğini belirleyen yapı elemanlarıdır.

Büyük bir renk yelpazesine sahip camlardan, binaya ve doğramalara en uygun renkte ve yansıtıcılıkta olanı seçilmelidir. Doğrama kalınlığı, cam alanlarının oranı rahatsız edici olmamalıdır.

2.3.3 Taşıyıcılık

Dış kabuğun bir parçası olan pencere sistemleri rüzgar ve mekanik yükler ile sistemin kendi ağırlığına karşı belli bir taşıyıcılıkta olması gerekir. Ulaşım araçları ve rüzgar etkisinin oluşturduğu titreşimler doğramaların hiçbir noktasında bozulmalara ve camlarda kırılmalara yol açmamalıdır. Cam sistemi ile doğrama bağlantıları ve kasa duvar bağlantıları bu titreşimleri karşılayacak toleransta ve esneklikte olmalıdır. [3,4].

Her pencere türünde doğrama ve onu oluşturan elemanlar, boyut ve şekil bakımından rüzgarın uyguladığı basınç ve karşı basınç etkilerine karşı koyacak nitelikte olmalıdır. Doğramalar, kendi ağırlığını, camın ağırlığını, kullanıcılardan kaynaklanan yüklere karşı ve bina yüksekliğine bağlı olarak rüzgar yükünü taşıyabilmelidir. Doğramalar tasarlanırken, toplam yük miktarına göre kesitlendirilmeli ve detaylandırılmalıdır [3].

2.3.4 Dayanıklılık ve Bakım Koşulları

Yapı malzemelerinin dayanıklılığı, güneş ışınımı, nem ve yağış durumu, hava kirliliği ve değişen ortam koşulları gibi çeşitli çevresel olaylardan etkilenirler. Bu etkilenmeye minimuma indirmek ve malzemenin ömrünü artırmak için bir takım önlemler almak alınmalıdır [21].

Pencere sistemlerinin uzun ömürlü olması ve beklenen diğer performanslarını (görsel ilişki kurmak, gün ışığı almak vb.) yerine getirebilmesi için sistemin belli bir dayanıklılığa sahip olmalıdırlar. Bu dayanıklılıklarını sürdürebilmeleri ve performanslarını yerine getirebilmeleri için belli zaman aralıklarında temizlenmeli ve bakımdan geçmelidirler.

Pencere sistemi elemanlarının bakımı ve temizliği dikkatli bir şekilde ve sistem elemanlarına zarar vermeyecek malzemelerle yapılmalıdır. Özellikle kaplamalı camların, kaplamaya zarar vermeyecek şekilde temizlenmesi gerekir. Ayrıca bu kaplamaların, dış yüzeye uygulanması durumunda yağmur, rüzgar gibi olaylara karşı dirençli olması ve güneş ışınlarına karşında bozunmadan varlığını koruyabilmeleri gerekir.

Pencere sisteminde kullanılan malzemenin cinsi bakım periyodunu etkiler. Örneğin; geleneksel olarak kullanılan ahşap doğramalar en fazla bakım gerektiren sistemlerdir. Ahşap doğramalar böceklenmeye karşı korunmalı, suya ve rutubete karşı düzenli aralıklarla boyanmalıdır. PVC ve metal sistemler ya da kompozit ahşap doğramalar fabrikasyon yoluyla üretildiğinden gerekli önlemler üretilirken alınır, bakım periyodu daha uzundur. Çelik doğramaların paslanmasını önlemek için yine düzenli aralıklarla boyanması gerekir. Alüminyum doğramalar ise önceden eloksallama yolu ile koruyucu oksit tabakası oluşturulmuş sistem düzenli aralıklarla temizlenmelidir.

2.3.5 Ekonomiklik

Pencere sistemi seçimi yapılırken diğer beklenen performansların yanı sıra ekonomik olması da göz önünde bulundurulmalıdır. Ekonomiklik, sadece ilk yatırım maliyeti olarak değil, bunun yanında pencere sisteminin ömrü boyunca bakım ve onarım giderleri ile ayrıca ısıtma ve soğutma giderleri üzerindeki etkileri de beraber değerlendirilmelidir [3].

Pencere üzerinde geliştirilen yeni teknolojiler, pencerelerin enerji performansını geliştirmekte, gereksiz enerji tüketimini azaltmaktadır. Buna bağlı olarak, kullanımı sırasında ek maliyet getirmeyen, enerji harcamaları açısından kazanç sağlayacak bir sisteme yüksek bir maliyet aslında iyi bir yatırımdır. Bu yüzden, enerji etkin pencere kullanımı ekonomik bir seçim olacaktır.

2.3.6 Sürdürülebilirlik

Sürdürülebilirlik kavramı, bugünün gereksinimlerine gelecek nesilleri ve onların ihtiyaçlarını tehlikeye atmaksızın çözümler bulmak anlamına gelmektedir [22]. Sürdürülebilirlik, toplumun, ekosistemin ve devam eden sistemlerin gelecekte de devam edebilmesini ön görmektedir. Bu konu mimarlar için çevreye en az etkiye bulunarak; sağlık, üretim ve yaşam kalitesini yükselten tasarım anlayışını beraberinde getirir [23].

Sürdürülebilir enerji kavramı, enerjinin etkin kullanımı ve yenilebilir enerji kaynaklarının tercih edilmesi ile değerlendirilir. Güneş enerjisi, biyo kütle enerjisi,

rüzgar enerjisi, hidro elektrik üretimi ve jeotermal enerji üretimi yenilenebilir enerji kaynaklarıdır [24].

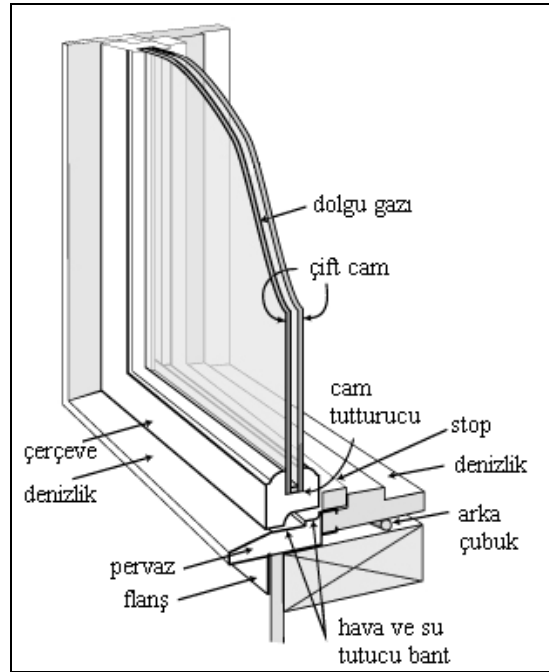
Sürdürülebilir mimarlık, ürün veya yapıları; çevresel, fonksiyonel ve gelecekteki durumu gibi kavramlarla beraber bütün yaşam döngüsünü ele alır. Enerji etkin bina tasarımı, doğal kaynakların verimli kullanımı, kaynakların bütünleşik ve sistematik kullanımı, çevre ile uyum içinde olmak ve çevre kirliliğini önlemek sürdürülebilir temel prensipleridir [25].

Pencere sistemlerinin enerji etkinliği, sürdürülebilir bina tasarımında önem taşır. Tükenmeyen enerji kaynağımız olan güneşten daha etkin yararlanmayı sağlayacak pencere sistemleri ile; ısıtma, soğutma yükleri azaltılarak kısıtlı olan enerji kaynaklarının kullanımını azalacaktır [26].

Sürdürülebilirlik açısından, pencere sistemlerinin tüm kullanım süresince enerji etkinliği, dayanımı gibi konular önem kazanmaktadır. Ayrıca sistemde kullanılan malzemelerin çevreye duyarlılığı ve geri dönüşüm süreci ve tekrar kullanımı da düşünülmelidir [11].

3. PENCERE SİSTEMLERİ

Pencere sistemleri, Bölüm 2’de bahsedilen performansları yerine getirebilmesi için bir takım alt sistemlerden oluşur. Bu sistemler, saydam elemanlar olan cam sistemleri, ara dolgu malzemeleri, sistemin taşıyıcılığını sağlayan çerçeve sistemleri ve güneş kontrol elemanlarıdır. Şekil 3.1’de pencere sistemi alt bileşenleri görülmektedir.



Şekil 3.1: Pencere sistemi alt bileşenleri

3.1 Çerçeve Sistemleri

Çerçeveler, pencere sistemine fiziksel karakterini veren elemanlarıdır. Çerçeve malzemeleri; doğrama kalınlığı, ağırlığı ve dayanıklılığı gibi fiziksel özellikleri belirler. Çerçeve sisteminde görülen ısı kayıplar ve ısı köprüsü gibi olaylar sistemin toplam ısı performansını büyük ölçüde etkiler [3].

Çerçeveler, yapının diğer bileşenleri ile ilişkili, saydam yüzeyleri taşıyan ara sistemlerdir. Taşıyıcılık açısından cam sistemi ile bina birleştiren ara elemanlardan olduğu için önemlidir. Birleşim yerlerinin yeterli rijitlikte olmasının yanında genişlemelere olanak verecek toleransa da sahip olması gerekir. Duvar – çerçeve birleşimi, kasa – kanat birleşim yerleri ve çerçeve – cam sistemi arasındaki bağlantı noktaları; pencere sisteminin kullanım ömrü boyunca, Bölüm 2’de anlatılan tüm performanslarını yerine getirebilmesi için hava ve su sızdırmaz bir şekilde elastik dolgu malzemeleri ve contalarla desteklenmesi gerekir.

Konut tipi yapılarda genellikle piyasada üretilen hazır çerçeve sistemleri kullanılır. Ofis tipi yapılarda ise, pencere sistemleri genelde dış kabuğu oluşturan sistemler haline geldiği için mimari tasarıma ve ihtiyaçlara uygun özel pencere sistemleri tasarlanmaktadır. Giydirme cephe olarak adlandırılan bu özel sistemler için gerekli profiller ve alt bileşenler fabrikalarda üretilir ve yerinde montajı tamamlanır [3].

3.1.1 Malzemelerine Göre Çerçeve Sistemleri

Çerçeve elemanları; ahşap, alüminyum, vinil, fiberglas ve kompozit sistemler gibi geniş bir malzeme seçeneğine sahiptir.

Alüminyum Doğramalar

Alüminyum; hafif, sert, uzun ömürlü, paslanmayan, kolay şekil alabilen bir malzemedir [22]. Kolay şekil alabilme özelliği sayesinde hava sızdırmaz, boşluklu, ince çerçeve detaylarının üretilmesi için elverişli bir malzemedir. Alüminyum çerçeveler; bu avantajları ile ofis tipi yapıların pencere sistemlerinde en çok kullanılan malzemelerdir.

Alüminyumun en önemli dezavantajı ısı iletim katsayısının çok yüksek olmasıdır. Bu durum pencere sistemlerinin toplam U değerinin yükselmesine neden olur. Alüminyum çerçevelerin ısısal direnci bakımından, kalınlığı ve projedeki toplam yüzey alanı dikkate alınmalıdır [3,20]. Alüminyum doğramaların ısı iletimi ve yoğunlaşma problemini çözen en yaygın yöntem, doğrama elemanlarını iç ve dış parçalara ayıran, bu parçaların ısı iletimi düşük başka malzeme ile birleştirilmesi ile oluşturulan ısıl bariyerlerinin oluşturulması yöntemidir, çerçeve kesiti parçalı hale

getirilir ve bu parçalar birbirine ısı iletim katsayısı düşük polimer esaslı bağlayıcı maddelerle birleştirilir.(Şekil 3.2) Isı bariyerleri alüminyum doğrama tasarımı ile, pencerenin toplam U değeri 10 W/m²K'den 5 W/m²K e yakın değerlere kadar indirilmiştir [3].



Şekil 3.2: Isı bariyerli alüminyum çerçeve

Ahşap Doğramalar

Ahşap; kolay bulunabilir, kolay şekil alabilir, düşük maliyetli olması ile yapı işlerinde çok kullanılan geleneksel bir malzemedir. Doğal ve sıcak bir malzeme olması nedeniyle estetik açısından da çok tercih edilen bir malzemedir.

Ahşabın ısı iletkenliği düşük olduğu için, ısısal performansı çok iyidir. Ahşap çerçeveler; ne kadar kalın kesitli olursa, ısısal açıdan o kadar iyi performans gösterirler. Fakat metal birleşim elemanları ahşap doğramaların ısısal performansını düşürürler [3]. Ahşap çerçevelerin tasarımı ve kesitine bağlı olarak u değeri 1.5 ile 2.5 W/m²K arasında değişir.

Yapı malzemesi olarak ahşap, çürümeye ve bozunmaya karşı çok dayanıklı bir malzeme değildir. Eğer iyi işlenirse ve iyi korunursa uzun ömürlü hale gelir. Ayrıca, vinil veya alüminyum malzemelerle kaplanmak suretiyle dış ortam koşullarına karşı dirençli bir doğrama elde edilir [3]. Böylece daha az bakım gerektirirler ve iç yüzeyde ise sıcak görümlü ahşap muhafaza edilirler. (Şekil 3.3)



Şekil 3.3: Ahşap – alüminyum çerçeve

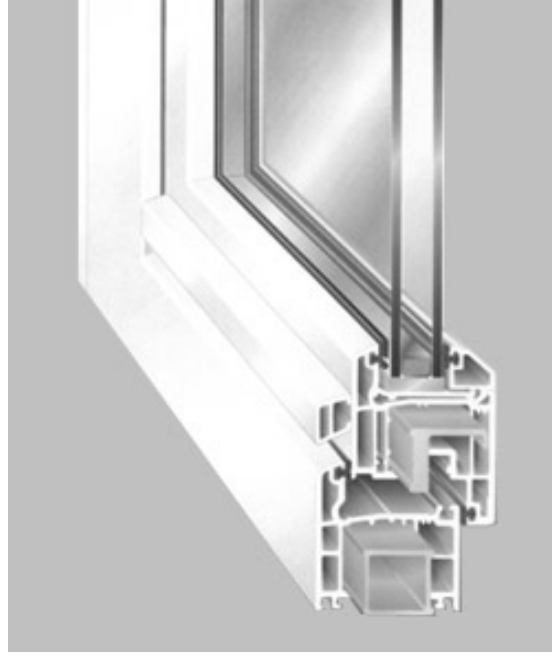
Doğal bir malzeme olan ahşabın, dış etmenlerden koruması için cila veya boya uygulanır. Ahşap çerçevelerin performansını kaybetmemesi ve ömrünün uzun olması için, zaman içinde aşınan ve bozulan bu kaplamaların, belli aralıklarda temizlenmesi ve yeniden boya ve cilanın uygulanması gerekir.

Vinil Doğramalar

Polivinilklorid (PVC) olarak ta bilinen vinil, iyi yalıtım değerine sahip, darbelere ve aşınmaya karşı dayanıklı, plastik bir malzemedir. Isıl performansı ise ahşapla kıyaslanabilecek kadar iyidir.

Çerçeve sistemi içinde oluşturulan odacıklar ısıl performansı artırır. Bu çok odacıklı yapıda olması, odacıkların ısı iletkenliği düşük diğer malzemelerle doldurulabilir olması ve birleşim yerlerinin elastik contalarla desteklenmesi ısıl performansını iyi yönde etkiler [3].

Vinil doğramalar çok az bakıma ihtiyaç duyarlar. Malzemenin kendi bünyesinde rengi barındırdığı için bozulmaya maruz kalacak bitirme kaplamasına gerek yoktur. Rutubete karşı da dirençlidir. Esnek bir yapıya sahip Vinil çerçeveler de, gerekli dayanımı sağlamak için ahşap doğramalar gibi kalın bir kesite sahiptir. Ayrıca, vinilin dayanımını desteklemek için bir takım metal ara elemanlar da çerçeve sisteminde kullanılabilir. (Şekil 3.4)



Şekil 3.4: Desteklenmiş vinil çerçeve

Vinil, ahşap ve alüminyumdan daha büyük genleşme katsayısına sahip olduğu için, vinil doğrama profilleri ısı genleşmeye bağlı büyümeler göz önüne alınarak tasarlanmalıdır.

Yukarıda sayılan olumlu özelliklerinin yanı sıra; hafif, uzun ömürlü, kolay işlenmesi, seri üretim olanağı ve bakımın az olması en büyük avantajları olduğu için, plastik esaslı çerçeve malzemeleri kullanımını yaygın hale getirmiştir.

Kullanım ömrünü tamamlamış olması, geri dönüşümünün olmaması, ultraviyole ışıklardan etkilenmesi ve ısı farkı olduğunda genleşmenin etkin olması, fazla ısı altında deformasyona uğraması, plastik esaslı malzemelerin dezavantajlarıdır.

Kompozit Çerçeveler

Çerçeve sistemlerinden daha iyi performans elde etmek amacıyla, birkaç malzemenin bir arada kullanılmasıyla kompozit sistemler oluşturulmuştur.

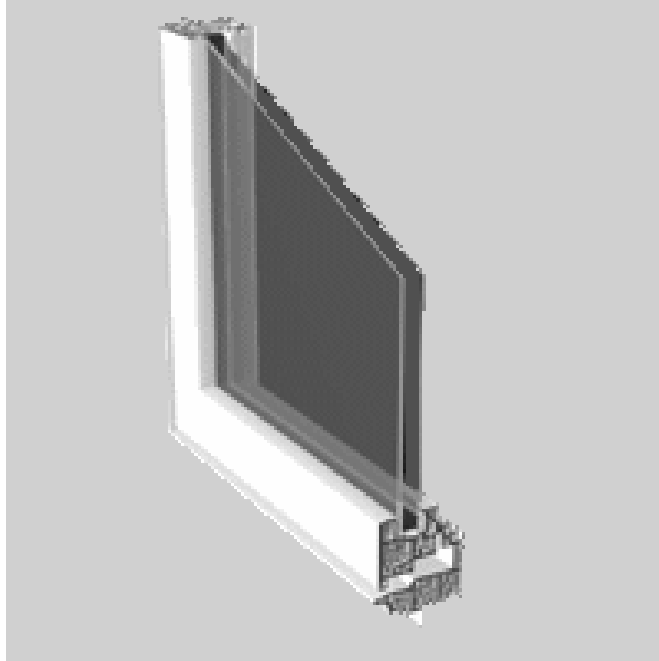
Yapı sektöründe en çok tercih edilen malzeme olan ahşabı daha dayanıklı hale getirmek için kompozit ahşap ürünleri geliştirilmiştir. Bu yöntemle, ahşap parçaları reçine ile kompreslenip, daha sert hale getirilir. Ahşap doğrama sektörü bu teknolojiyi bir adım öteye taşıyarak seri profiller ve elemanlar üretmişlerdir [3].

Ahşap doğrama sistemlerin dış yüzeyleri vinil ve alüminyum la kaplanarak bakım ihtiyacı azaltılmıştır. Vinil doğrama üreticileri de, sıcak bir görünüme sahip ahşap görünümlü doğramalar üretmeye başlamıştır.

Fiberglas Çerçeveler

Çerçeve sistemleri, fiberglas malzeme kullanılarak vinil çerçeveler gibi odacıklı olarak üretilirler. Bu doğrama sistemleri boyutsal olarak sağlam, hava hücrelerinin yalıtım malzemeleriyle doldurulmasıyla ısısal performansı yüksektir. Sert bir malzeme olduğu için alüminyum doğrama boyutlarında da kullanılabilirler ve U değeri de alüminyumdan daha iyidir [27]. (Şekil 3.5)

Fiberglas malzemeler, koyu renkte boyanabilme özelliğine sahip olduğu için daha yüksek ısı değişim sıcaklığına sahiptir [11].



Şekil 3.5: Isı yalıtımlı, dolgulu fiberglas çerçeve

3.1.2 Çerçeve Bileşenleri

Çerçeve sistemlerine temel taşıyıcı malzemelerin yanı sıra, sistemin açılır olması durumunda bağlantı menteşeleri, kilitleme mekanizmaları ve camlarla birleştiği yerlerde fitil veya contalar da katılırlar.

Kasa-kanat bağlantılarını menteşeler ve kilitleme takımları gerçekleştirir. Kanat ağırlığının kanada iyi aktarılması ve sızdırmazlık görevinin tam yerine getirilebilmesi için menteşelerin sağlam olması ve montajının iyi yapılması gerekir.

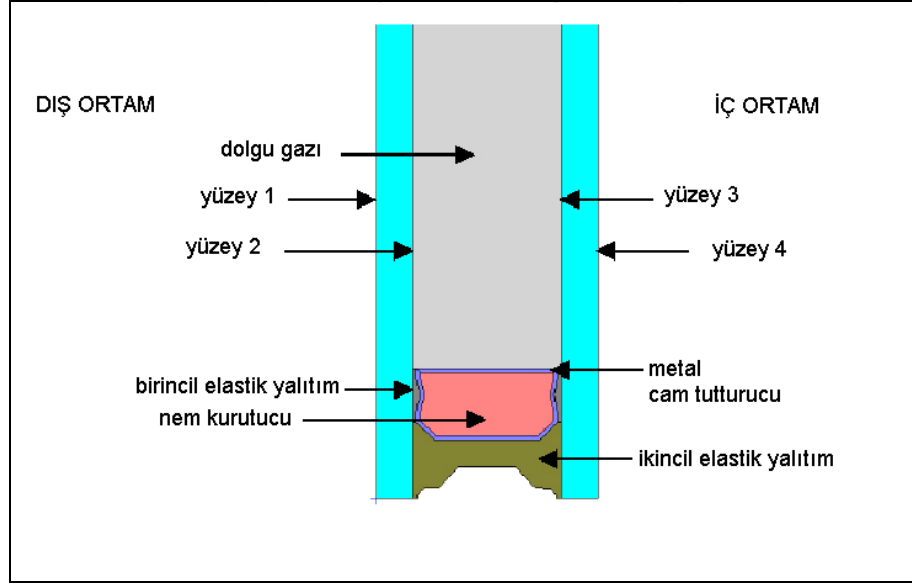
Kasa kanat binilerinde ve kanat pencere bağlantılarında hava ve su sızdırmazlık sağlamak için elastik yapılı fitil ve contalar kullanılır, bu malzemelerin değişen dış ortam koşullarında elastikliğini koruması pencere sistemlerinin performanslarını etkin bir şekilde gerçekleştirmelerini sağlar.

3.2 Cam Sistemleri

Pencere sistemlerinde cam kullanımı tek cam uygulaması ile başlamış, teknolojik gelişmeler ve gereksinimleri daha iyi karşılaması için çift katmanlı veya üç katmanlı gibi çok katmanlı cam sistemi kullanımı yaygın hale gelmiştir. Çok katmanlı cam sistemlerini ısı performans ve ses kontrolü açısından tek camlı sistemlere oranla çok daha etkindir. Üç ve dört katmanlı cam sistemleri çift katmanlı cam sistemlerine oranla ısı ve ses açısından daha iyi performans gösterebilir de kalın kesitli olmaları ve ağır sistemler olmaları yüzünden çok fazla tercih edilmezler [11].

Cam sistemleri; cam tabakaları, ara boşluk genişliğini belirleyen cam tutucuları ve ısı performansını iyileştirilmesini sağlayan ara dolgu gazlarından oluşur.

Cam sistemlerinde beklenen performansa uygun olarak farklı cam tipleri bir arada kullanılabilir. Camların ve kaplamaların sistemdeki yeri ve hangi yüzeyde oldukları cam sisteminin performansı etkiler. Bu yüzden cam sistemlerinden söz edilirken cam yüzeylerine dış yüzeyden iç yüzeye doğru numara verilir. Şekil 3.6'da cam sistemi bileşenleri ve yüzey numaraları görülebilmektedir.



Şekil 3.6: Cam sistemi bileşenleri ve yüzeylerin numaralandırılması [15]

3.2.1 Cam Tipleri

Cam, kum (SiO_2 , %71 ile 75), soda (Na_2O , %12 ile 16) ve kireçten (CaO , %10 ile 15 arasında) oluşmaktadır. İçine küçük oranlarda başka malzemeler karıştırılarak ta renkli camlar üretilir [9]. Camın fiziksel özelliği ve kimsayal içeriği, onun optik, ısı ve dayanım gibi özelliklerini etkilemektedir [9].

Bölüm 1 ve Bölüm 2’ de bahsettiğimiz gibi, iklim tipleri, yapı tipleri ve kullanıcıya göre değişen performans gereksinimlerine bağlı olarak saydam bileşen olarak çeşitli camların kullanımını doğurmuştur.

Camların optik ve ısısal performansını geliştirmek için renkli camlar, yansıtıcı camlar ve düşük yayınlı kaplamalı camların yanı sıra, değişen koşullara göre özelliği değişebilen aktif sistemler geliştirilmiştir.

3.2.1.1 Berrak Camlar

Üzerinde herhangi bir kaplama bulunmayan camlardır. Farklı kalınlıkta olan berrak camlar en çok kullanılan camlardır. Berrak camlar, ısısal performansı artırmak için diğer cam çeşitleriyle kombine edilerek kullanılırlar.

Diğer cam türleriyle karşılaştırıldığında, berrak camların gün ışığı geçirgenliği daha yüksektir ($T_{vis}= 0.92$, $T_{sol}=0.90$) [9]. Enerji akışı, iklimsel özelliklere bağlı olarak ısı kaybı ya da ısı kazancı şeklinde de olabilir. Bu özelliği, yaz aylarında fazla güneş ısı kazancına paralel olarak soğutma giderlerinin artmasına; kış aylarında ise ısı performansını yeterli olmadığı için ısı kayıplarına neden olmaktadır.

Bu camların ısı performansını artırmak için çeşitli önlemlerin alınması gerekir. Berrak camların performansını artırmak için iki temel yaklaşım vardır. Bunlar;

- a. Camın kimyasal bileşimini ya da fiziksel karakterini değiştirerek (renkli camlar)
- b. Cam yüzeyinin ince film tabakası ile kaplanmak (yansıtıcı camlar ve düşük yayımlı camlar)

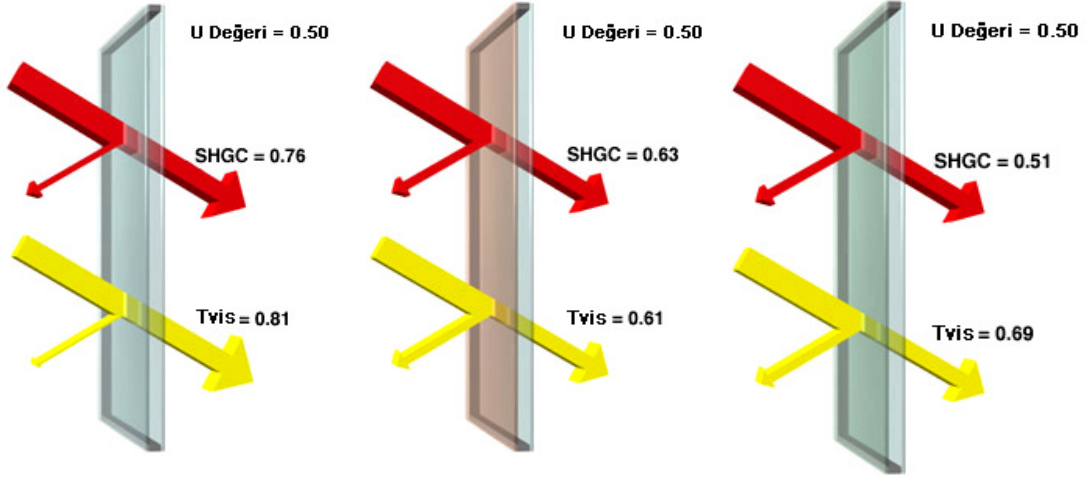
3.2.1.2 Renkli Camlar

Renkli camlar; cam eriğine metal oksitlerin (Fe_2O_3 , NiO vb.) eklenmesiyle camın kimyasal özelliğinin değiştirilmesi yoluyla elde edilir ve kullanılan metalin çeşidine bağlı olarak çeşitli renklerde olabilirler [3,9]. Camın renkli hale gelmesiyle, camın ışık geçirgenliğini, güneş ısı kazanç katsayısını ve yansıtıcılığı gibi gösterdiği performanslarda da değişimler olur. Bu camlar; kamaşmayı azaltmak ve pencerelerden geçen güneş enerji miktarını bir miktar azaltmak için kullanılırlar.

Renkli camlar dışarıdan içeriye göstermezler böylece mahremiyet sağlarlar, içeriden şeffaflığını koruduğu için dış ortam ile görsel bağlantıda kesilmemiş olur. Ama dış manzaranın parlaklığı azalır ve renklerde de değişiklik olur [11].

Renkli camlar; geleneksel renkli camlar ve yüksek performanslı renkli camlar olmak üzere iki çeşittir. Geleneksel renkli camlar; hem ışık hem de güneş ısı kazancı az olan camlardır. Bronz ve gri renkli camlar geleneksel renkli camlara örnektir. Yüksek performanslı, spektral seçici renkli camlar ise güneş ısı kazancı az, gün ışığı geçirgenlik değeri ise yüksektir. Bu camlar görünür bölge ışınlamını görünmez bölge ışınlamına oranla daha fazla emmektedir. Mavi, yeşil, fume ve bronz renkte olabilirler ve rengine bağlı olarak ışığı emme oranları değişiklik gösterir. Spektral seçici renkli camlar düşük güneş ısı kazancı, yüksek gün ışığı geçirgenliğinin tercih edildiği sistemlerde kullanılırlar [29]. Şekil 3.7’de berrak cam, renkli cam ve yüksek performanslı renkli camlara ait değerler görülmektedir [11].

Renkli cam kullanımı, soğutmanın istendiği zamanlarda güneş ısı kazançlarının azaltılması, etkin gün ışığı kullanımı ve kamaşmanın önlenmesi gibi konuların özelleştiği ofis yapılarında daha yaygındır.



Şekil 3.7: Berrak cam, renkli cam ve yüksek performanslı renkli camların orta noktalarına ait U, SHGC ve Tvis değerleri

3.2.1.3 Yansıtıcı Camlar

Yansıtıcı camlar, cam yüzeylerine yarı saydam ince bir metal film tabakasının kaplanması ile elde edilir [9]. Yansıtıcı kaplamalar; gümüş, bronz ve altın gibi metalik renklere sahip olup, berrak veya renkli camlara uygulanabilirler. Bu camlar, güneş ışınımının büyük bölümünü yansıttığı için gün ışığı geçirgenliği ve güneş ısı kazanç değerleri düşüktür. Yansıtıcı camların ışık geçirgenliği ve güneş kontrol performansları kaplamanın cinsine, kalınlığına ve uygulanan yöntemine göre değişir [3].

Güneş kontrolü açısından yüksek performansa sahiptirler. Ancak görünür bölge ışık geçirgenliğinin az olması nedeniyle doğal aydınlatma açısından yetersiz olabilirler [28]. İç ortamda istenen aydınlık düzeyinin sağlanabilmesi için yapay aydınlatma gereksiniminin artması soğutma yüklerinin artmasına, güneş ısı kazancının düşük olması ise ısıtma yüklerinin artmasına neden olur. Kullanıcı açısından gerek görsel gerekse yeterli aydınlık düzeyini sağlaması açısından yansıtıcı camların ışık geçirgenliğinin çok düşük olmaması istenilir.

Yansıtıcı camların kullanımında iki unsura dikkat edilmesi gerekir. Birincisi; yansıtıcı metal kaplamalar çok yumuşak olduğu için çabuk korozyona uğrayacaktır, bu yüzden camın iç yüzeyine uygulanması kullanım süresini artıracaktır. İkincisi ise; Işık alan yüzeyi ayna etkisi yarattığı için, gündüz dışarıda ayna etkisi yaratır, gece ise ışık içeride fazla olduğu için içeride ayna etkisi yaratacaktır [11].

3.2.1.4 Düşük Yayınımlı (Low-E) Camlar

Düz veya renkli camların üzerine çeşitli film tabakalarının (altın, gümüş, bakır, alüminyum) uygulanmasıyla elde edilen, görünmez bölgedeki (kızıl ötesi) uzun dalga boylu ışınmı yansıtan, görünür bölgede ise güneş ışığını geçiren ve oda sıcaklığından kaynaklanan daha uzun dalgalı ışınmı enerjisini iç ortama geri yansıtan cam tipidir [29].

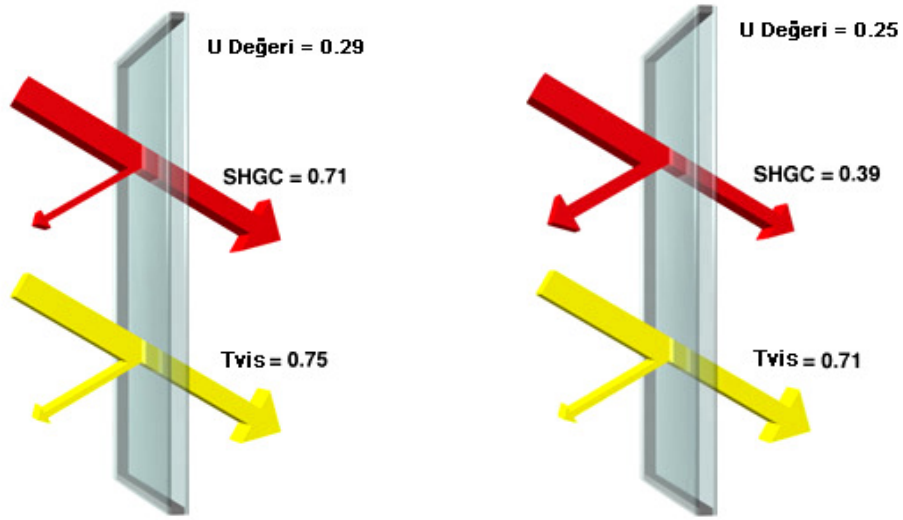
Berrak camın emissive değeri % 84 gibi bir değerde iken Low-E camlarda bu değer % 4'e kadar düşebilmektedir [9]. Düşük yayınımlı (Low-E) camlar, düşük emissivite değerlerine bağlı olarak uzun dalga boyundaki (3-30 mikron) ışınmı yayınlama özelliği taşımaktadır. Böylece, iç mekanda oluşan uzun dalga boylu ışınmın büyük kısmını geri yansıtarak ısı kaybını önlerler. İç ortamdaki ısıyı tekrar içeriye yansıttığı için, ısı kaybı azaldığı için ısı iletkenlik değeri (U değeri) düşüktür, güneş ısı kazanç değeri (SHGC), güneş ışık geçirgenliği değeri (Tvis) yüksektir. Low-e kaplamalı bir çift cam sistemini ısı performansını üçlü cam sisteminin sağladığı ısı performansına eşittir [29].

Spektral seçici Low-E camların yine ısı iletkenlik değeri ve güneş ısı kazanç değeri düşük, gün ışığı geçirgenlik değeri yüksektir ancak ultraviyole, yakın kızıl ötesi ve dışarıdan gelen uzun dalga boylu ışınmaların geçişi engellenir [29].

Spektral seçici camların güneş ısı kazancı az olduğu için kışın ısıtma yüklerinin artmasına neden olabilir. Ancak, soğutma yüklerinin fazla olduğu ofis tipi binalarda güneş kontrolü sağlaması daha çok fayda sağlar [5].

Düşük yayınımlı kaplamalar; sert ve yumuşak olmak üzere iki çeşittir. Yumuşak kaplamalar, hava koşullarına karşı dayanıklı olmadıkları için cam ünitesinin iç yüzeyine bakan yüzeylerinden birine kaplanır.

Düşük yayınlımlı kaplamalarının cam sistemindeki yeri, içte veya dışta yer alması, ısıtma ve soğutma enerjisi bakımından cam sisteminin ısıl performansını etkiler. Düşük yayınlımlı kaplamanın dış katman cam yüzeylerinden birinde olması, güneş ışınlımlarının geçirilmesine engel olacaktır. Bu durum, yazın soğutma enerjisini azalmasına yardımcı olacaktır. Ancak, kışın kazanım az olacağı için ısıtma yükü çoğalacaktır. Bu yüzden pencere sistemi seçimi yapılırken, daha önce de belirtildiği gibi iklim koşulları ve etkin mevsim göz önüne alınarak optimizasyona gidilmelidir.



Şekil 3.8: Low-E ve ssLow-E cam tiplerinin orta noktalarına ait U değeri, SHGC ve Tvis değerleri

3.2.1.5 Kromik Camlar

Farklı iklim koşulları ve farklı gereksinimlere göre optik özelliklerini değiştirebilen pencere sistemlerine akıllı camlar ya da kromik sistemler (chromogenic, switchable) denir. Akıllı camlar henüz test aşamasındadır ve piyasaya sürülmemiştir.

Yapılan çalışmalar; kromik sistemlerin, aydınlatma ve soğutma enerjisi giderlerinin dikkate alınması gereken ofis yapılarında enerji tasarrufu bakımından büyük miktarda yararlı olduğunu kanıtlamıştır. [29].

Üç akıllı cam sistemi vardır. Bunlar; ışığa duyarlı fotokromik sistemler, sıcaklığa duyarlı termokromik sistemler ve üçüncüsü ise kullanıcıların isteklerine veya ısıtma, soğutma sisteminin gereksinime duyarlı olarak çalışan elektrokromik sistemlerdir [30].

Fotokromik Sistemler

Fotokromik sistemler, ışık yoğunluğuna duyarlı olarak şeffaflığı değişen sistemlerdir. Fotokromik malzemeler güneş gözlüklerinde de kullanılan, ışığın miktarına göre şeffaflığı değişebilen malzemedir [24].

Fotokromik sistemler, güneş ışınımının az olduğu dönemlerde şeffaf, güneş ışınımına maruz kaldıkça rengi koyulaşarak, ışık geçirgenliği azalan sistemlerdir.

Termokromik Sistemler

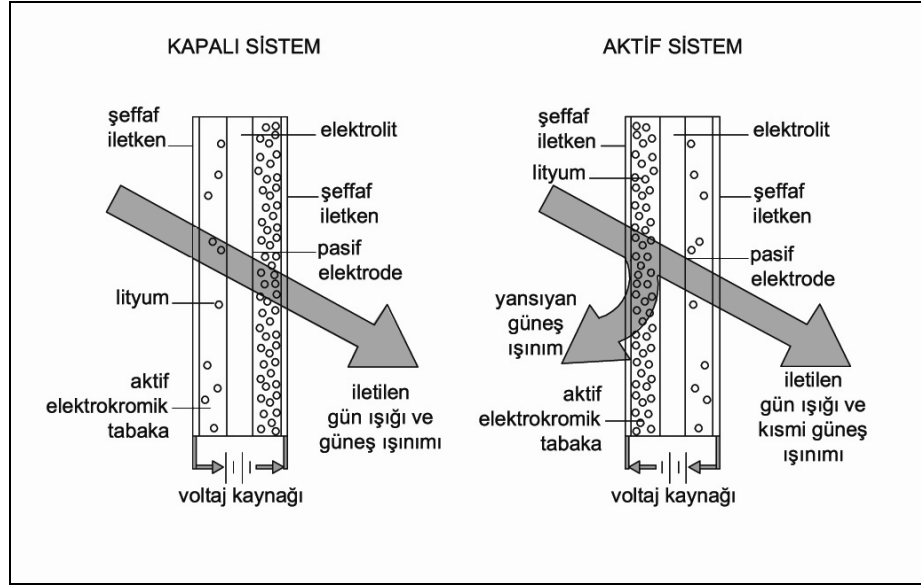
Termokromik sistemler, ortam sıcaklığının değişimine duyarlı olarak şeffaflığını değiştiren sistemlerdir. Bu sistemlerde iki cam tabakası arasına sıkıştırılmış likit veya jeller halen kullanılır. Sıcaklık arttığında, sistemin optik özellikleri değişmeye başlar yansıtıcı hale gelirler ve ısıyı geçirmezler. [24].

Ayrıca, pencere sistemlerinin sıcaklığı, hem iç hem de dış ortam sıcaklığından etkilendiği için, termokromik sistemler; termal depolayıcı elementte ulaşan toplam güneş ışığını da dengeler.

Elektrokromik Sistemler

En çok ilgi görecektir olan akıllı cam sistemi elektrokromik sistemlerdir. Diğer sistemler gibi henüz ticari anlamda satışa sunulmamış bu sistemler, performans ve maliyet bakımından diğer sistemlere göre piyasaya yayılma şansı daha yüksektir [24,30].

Elektrokromik sistemler; düşük elektrik akımı ile sistemin aktif hale gelmesiyle rengi koyulaşır, güneş enerjisi geçirgenliği ve gün ışığı geçirgenlik değeri azalır. Sistemi çalıştıran voltaj kesildiği zaman sistem durur ve şeffaf hale döner.



Şekil 3.9: Beş katmanlı elektrokromik sisteme ait şematik kesitleri

3.2.1.6 Likit Kristalli Camlar

Elektrik akımını ileten plastik filmle kaplı iki cam arasında ısı performansını çok yüksek, akışkan kristal ile doldurulmasıyla oluşturulan cam sistemleridir [9].

Sistem kapalı iken; likit kristaller düzensiz haldedir ve ışığı yansıttıkları için buzlu cam gibi direkt manzarayı keserler. Işığı yayarak geçirdikleri için, güneş ısı kazanım katsayısı da yüksektir. Sistem aktif hale geldiğinde; elektriksel alan sayesinde likit kristaller düzenli bir hal alır, ve cam sistemi berrak hale geçer, iki yönde de görüşe izin verir [9].

Sistemin şeffaf konumda kalması için sürekli elektrik enerji kullanmak gerekmektedir. Sistem; standart ev aletleri gibi, 120 voltluk bir voltajda çalışmaktadır. Bu yüzden pahalı bir sistemdir. Ama mahremiyeti sağlamak ve kamaşmayı önlemek için otomatik kontrol gerektiren yararlı aktif sistemlerdir.

3.2.1.7 Aerojel Camlar

Çift cam tabakası arasında yoğunluğu düşük silika aerojel ile doldurularak aerojel pencere sistemleri oluşturulur. Aerojel; silisyum esaslı, % 4 silisyum, %96 hava içeren köpük gibi, açık hücreli yapıya sahiptir. Mikroskopik hücrelerde bulunan hava sayesinde taşınım yoluyla ısı kayıplarını önler; aynı zamanda ışığın geçişine izin

verirler. Çünkü silika partikülleri görünür ışığın dalga boyundan daha küçük olduğu için, silika aerogeller şeffaf gibi hissedilirler [9,29].

Hem ısı yalıtımı hem de ışık geçişine karşı şeffaf olduğu için şeffaf izolasyon (transparent insulation material, TIM) olarak adlandırılırlar. Cam merkezinde U değerini 0.05 gibi çok düşük değerlere çekmek aerogel sistemlerde teknik olarak olasıdır.

3.2.2 Ara Dolgu Malzemeleri

Cam sistemlerinin ısı performansını artırmak amacıyla cam tabakaları arasındaki iletim yoluyla ısı transferini azaltmak için ara boşluk ısı iletkenliği düşük bir gazla doldurulur [11]. Ara boşluk genişliği ve dolgu malzemeleri cam sistemlerinin Bölüm 2’de bahsedildiği gibi ısı ve ses yalıtımı sağlayan önemli etmenlerdir.

Çift cam sistemlerinde ısı kontrolünün açısından ara boşluk genişliği 4mm ile 16-20 mm diğer değerler arasında olmalıdır. Çift cam sistemlerinde genellikle 6 mm, 9mm, 12 mm ve 16 mm. boyutlarında ara boşluk genişliği kullanılır.

Ara boşluğun daha az iletken bir gazla doldurulması cam sisteminin ısı iletkenliğini düşürür, böylece iç ortam ile dış ortam arasındaki ısı transferi azalır. Kış aylarında, iç ortama bakan cam yüzeyi daha sıcak olacağı için yoğuşmanın azalmasına ve iç ortamın konfor koşullarının iyileşmesine yardımcı olur.

Ara dolgu malzemesi olarak kuru hava, Argon (Ar), Karbondioksit (CO_2), Xenon (Xe), Krypton (Kr), Sülfürhexaflorür (SF_6) gazları kullanılmaktadır. Kuru hava en yaygın kullanılan dolgu malzemesidir. Kryptonun ısı performansı daha iyi olmasına rağmen, ucuz olması bakımından argon daha çok tercih edilir. Ayrıca, performans ve fiyat açısından optimizasyonu sağlamak amacıyla argon ve krypton gazları karışım olarak da kullanılırlar. Xenon gazlı cam sistemlerinin maliyeti yüksek olduğundan kullanımı çok yaygın değildir. SF_6 gazı da ağır bir gaz olduğu için, yay görevi görerek ses dalgalarını yumuşatarak, iyi bir ses yalıtımı sağlamaktadır [18].

Dolgu malzemeleri, renksiz oldukları için camların optik özelliklerini değiştirmezler ve güneş ısı kazanç (SHGC) değeri ve gün ışığı geçirgenlik değerini (VT) etkilemezler [11].

3.2.3 Cam Tutucular

Cam tutucular, iki cam arasında boşluğun tanımlayan sağlayan ve cam yalıtımlı cam ünitelerinin (YCÜ) oluşmasını sağlayan bağlayıcı bileşenlerdir [16].

Cam tutucular, ara boşluğu oluşturmak dışında; ısı genleşme ve basınç farklılıklarından doğacak gerilme etkilerinin azaltılmasında, suyun ve buğulanmaya neden olabilecek buharın ara boşluğa geçişini önlemek, boşluk arasına doldurulan gazın kaybını önlemek, çerçeve köşelerinde yoğuşmanın oluşmasını önlemek gibi görevler de üstlenirler [11].

Cam tutucular metal plastik ya da alüminyumdan yapılırlar. Alüminyumun ısı iletkenliği yüksek olduğu için cam sisteminin ısı performansını olumsuz yönde etkilemektedir. Alüminyum yerine ısı iletkenliği düşük metaller kullanılması olumlu sonuç verir. Cam tutucu ile cam bileşim yerlerinde tam yalıtım sağlamak için elastik malzemeler kullanılır. Birincil elastik yalıtım genellikle bitümden oluşur ve ara boşluğu dolduran gazın kaçışına engel olmak ve içeriye nem girişini önler. İkincil sızdırmaz olarak poliüretandan oluşur ve sistemin dayanıklılığı artırır [9]. (Şekil 3.6)

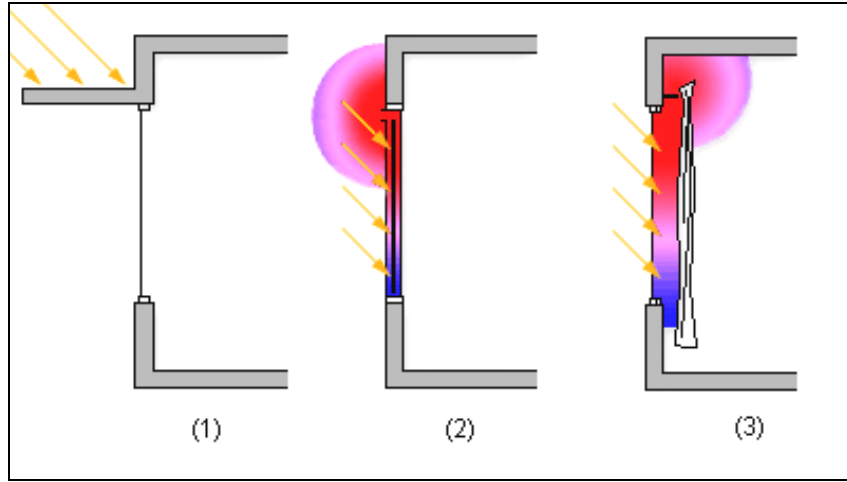
3.3 Güneş Kontrol Elemanları

Pencere sistemlerinde güneş kontrolü esas olarak; 2. Bölüm’de de bahsedildiği gibi güneş ışıınımlarından kaynaklanan ısı yüklerini en aza indirmek ve ortamda kamaşmaya engel olmak için güneş ışıınının tamamen ya da kısmen engelleyerek iç mekanda konfor koşullarını sağlamaktır.

Güneş kontrol elemanlarının hareketli olması ve değişen koşullarda denetlenebilir olması pencere sisteminin ısı ve görsel performansı bakımından önem taşır. Elle, kullanıcının tarafından denetlenen sistemler etkin bir yöntem değildir. Çünkü kullanıcıların her değişen koşulda müdahale etmeyi unutmaları olağandır. Otomatik bir kontrol sistemi ile çalışan sistemin enerji etkinliği daha fazla olacaktır. Sisteme gelen güneş ışıınım değeri, geliş açısı, iç mekan aydınlık seviyesi gibi değerler otomatik kontrol sistemlerinde veri olarak kullanılır ve bu değişkenlere bağlı olarak sistem denetlenir. Otomatik güneş kontrol elemanları, kullanıcı konforu sağlamada yapay aydınlatma ve ısıtma enerjisi yüklerinin azalmasını sağlar [3].

Kontrol elemanlarının cam sistemine göre konumu, günışığı geçişi ve güneş ısı kazanımı miktarını etkiler. Güneş kontrol elemanları, pencere sistemi içinde bulunduğu konuma göre 3 grupta sınıflandırılırlar. Bunlar;

1. Dış güneş kontrol elemanları
2. Çift cam tabakası arasında güneş kontrol elemanları
3. İç güneş kontrol elemanlarıdır. (Şekil 3.10)



Şekil 3.10: Güneş kontrol elemanları; (1) Dış gölgeleme elemanı, (2) Çift cam tabakası arasında gölgeleme elemanı, (3) İç gölgeleme elemanı

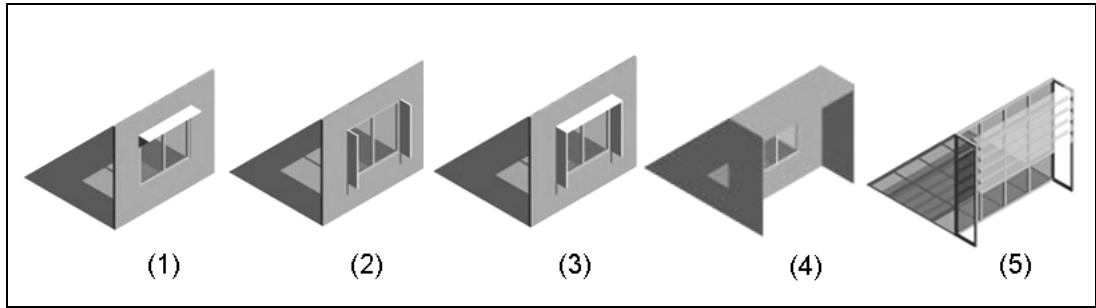
Dış Güneş Kontrol Elemanları

Pencere sistemlerinin dış yüzeyinde konumlanan güneş kontrol elemanlarıdır. Bu elemanlar sabit veya hareketli olabilirler. Şekil 3.10'da görüldüğü gibi ışınlamalar sisteme gelmeden engellendiği için hem gün ışığı hem de istenmeyen güneş ısı kazancı açısından etkin sistemlerdir [9]. Dış güneş kontrol elemanları iklim ve kullanıcı ihtiyacına göre sabit ya da hareketli olabilirler.

Sabit elemanlar, değişen ışınlam koşullarında hareket ettirilemeyeceği düşünülerek, maksimum fayda sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır. Güneşin mevsimsel yüksekliği ve cephe yönü sabit güneş kontrol elemanının tasarlanmasını etkiler [24]. Bu elemanların güneş ışığını yansıtma özellikleri, şekillerine, kesitlerine ve açılmasına bağlıdır. Güneş kontrol elemanları tek parçadan oluşabileceği gibi çok parçalı elemanlardan da oluşabilir. Güney yönünde; güneş ışınları yüksek açılarla ulaştığı

için, yatay sabit gölgeleme elemanları, batı ve doğu da ise, güneşin geliş açısı alçak olduğu için düşey sabit elemanlar kullanılır [5, 24].

Hareketli dış kontrol elemanları, güneş ışıının açısına ve yönüne bağlı olarak değişen durumlara göre hareket edebilen sistemlerdir. Bu sistem ya bina kullanıcılarının kontrolünde hareket ettirilebilen veya bir otomasyon tarafından kontrol edilebilen sistemler olabilirler. Bir otomasyon sistemiyle kontrol edilen sistemler; güneş ısı kazanımı ve aydınlatma açısından ele alındığında, diğer sistemlerle bütünleşik çalıştığı için daha verimli çalışan elemanlardır. Şekil 3.11’de dış gölgeleme elemanı çeşitleri görülmektedir [5].



Şekil 3.11: Dış gölgeleme eleman çeşitleri; (1) yatay gölgeleme sistemi, (2) düşey gölgeleme sistemi, (3) yatay-düşey bütünleşik gölgeleme sistemi, (4) korunaklı cephe sistemi, (5) hareketli veya sabit düşey gölgeleme sistemi

Çift Cam Tabakası Arasında Gölgeleme Elemanları

Pencere sistemlerinde, çift cam tabakası arasında yer alan, genellikle göz seviyesini üzerinde veya manzarayı kesmeyecek şekilde uygulanan gölgeleme elemanlarıdır. Cam ara boşluğu içine yerleştirilmiş elemanlar; boşluğun boyutuna ve havalandırılma durumuna bağlı olarak, dış ve iç elemanların sağladığı kontrol değeri arasında değerlerde performans sağlarlar [11]. Çünkü güneş kontrol elemanı iki cam tabakası arasında olduğu için, güneş kontrol elemanının dış yüzeyinde kalan cam tabakası ve ara boşluk gün ışığına ve güneş ışıının maruz kalır. Kontrol elemanın iletkenlik değerine, detaylandırılmasına bağlı olarak iç tarafa kısmı olarak ısı iletimi gerçekleşebilir. (Şekil 3.10)

Çift cam tabakası arasında gölgeleme elemanları, diğer hareketli sistemler gibi, kullanıcı tarafından elle, bir anahtar yardımıyla çalıştırılan motorize edilmiş bir

sistem tarafından ya da önceden programlanmış otomasyon sisteminden kontrol edilebilirler.

İç Güneş Kontrol Elemanları

Pencere sistemin iç ortama bakan kısmında yer alan, genelde kumaş, plastik veya metalden yapılmış jaluzi sistemleri şeklinde düşey elemanlardır. İç güneş kontrol elemanları hareketli elemanlardır ve kontrolü elle veya otomatik olarak yapılabilmektedir.

İç güneş kontrol elemanları, direkt güneş ışınımı pencere sistemine ulaştıktan sonra alınan bir önlem olduğu için dış elemanlar kadar etkin değillerdir [9]. (Şekil 3.10) İç ortam güneş kontrol elemanlarının etkinliği; cam sistemin emdiği güneş enerjisinin, içeride ısı enerjisine dönüşmeden, dış ortama geri yansıtılma özelliğine bağlıdır.

4. PENCERE SİSTEMLERİNİN PERFORMANSININ ELEMAN DÜZEYİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ

Pencere sistemi seçiminde karar verme ölçütü olarak pencere sistemlerinden ne gibi performans gereksinimlerinin beklenildiğinin tayin edilmesi gerekir [5]. Pencere sistemlerinden beklenen performans gereksinimleri Bölüm 2’de detaylı olarak ortaya konmuştur. Etkin pencere sisteminde tüm bu gereksinimler göz önünde bulundurularak optimum şartları sağlayacak sistemler tercih edilmelidir.

Pencere sistemi seçiminde, pencere sistemi seçenekleri arasında karşılaştırma yapabilmek için pencereleri özelliklerine göre sınıflandırmalar yapan araştırma kuruluşları oluşmuştur. National Fenestration Rating Council (NFRC), Amerika’da; British Fenestration Rating Council (BFRC) ise İngiltere’de kurulmuş, pencere sistemlerinin sınıflandırılması yapan kuruluşlardır. Bu karşılaştırmalar, iklim ve bina özelliklerinden bağımsızdır ve pencerelerin ısı ve doğal aydınlatma performansına yönelik ısı iletkenlik katsayısı (U değeri), güneş ısı kazanç katsayısı (SHGC) ve gün ışığı geçirgenlik değeri (VT) ile pencere sistemlerine ait tanıtıcı etiket oluşturlar [31].

Bu bölümde pencerelerin ısı performansını değerlendirmek için eleman düzeyinde değerlendirme yapılacaktır. Window 5.2 programı kullanılarak oluşturulan farklı pencere tiplerine ait U değeri, SHGC değeri ve VT değerleri ile karşılaştırmalı olarak sonuçlar değerlendirilecektir.

4.1 Window 5.2 Programının Tanıtılması

‘Window 5.2’ programı ‘Lawrence Berkeley Laboratuvarı’nda Window and Daylighting Group’ tarafından, pencere sistemlerinin toplam ısı performans değerlerinin (U değerleri, SHGC değeri, VT değeri gibi) belirlenmesine olanak sağlayan PC uyumlu bir bilgisayar programıdır. Window 5.2 programı ISO 15099

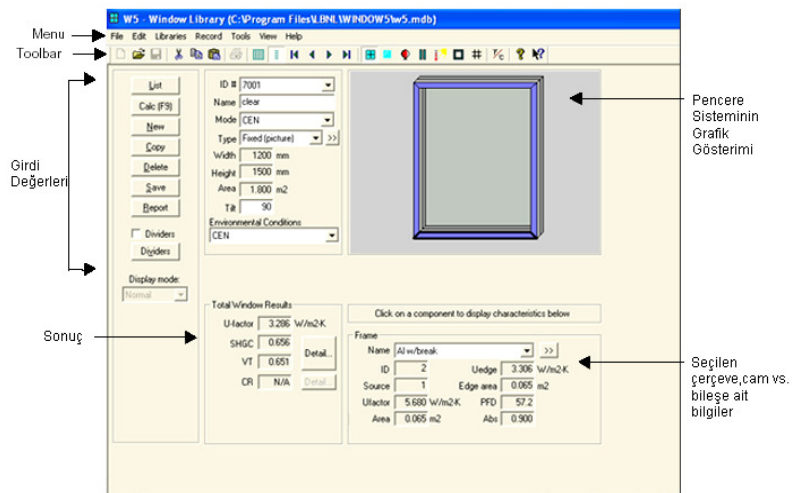
standartları ile uyumlu, National Fenestration Rating Council (NFRC) ratinglerini temel olarak geliştirilmiş ısı transfer metotlarını içerir [32].

Program kapsamında, pencere sisteminin özelliklerine ve çevresel özelliklerine ait değerler için kütüphaneler vardır. Bu kütüphaneler; cam sistemi, cam, gaz, doğrama, ayırıcı bantlar, gölgeleme elemanı, gölgeleme elemanı malzemesi ve çevresel koşullar için kütüphanelerdir. Ayrıca bu kütüphanelere kullanıcı tarafından yeni seçeneklere ait bilgiler de eklenebilir.

Window 5.2 programı ile aşağıdaki değerleri hesaplamak mümkündür. Kullanıcı tarafından tanımlanmış herhangi bir pencere sistemi ve çevresel etmenlerin verileri de kullanılarak;

- Yalıtımlı cam ünitesinin (YCÜ) orta noktasına ait U değeri, gölgeleme katsayısı (SC), güneş ısı kazanım katsayısı (SHGC), gün ışığı geçirgenlik değeri (VT), bağlı ısı kazancı (relative heat gain), açılara bağlı optik bilgiler ve renk bilgileri (Alandan bağımsız bilgiler verir.);
- YCÜ + doğrama, toplam pencere sistemine ait U değeri, güneş ısı kazanım katsayısı (SHGC), gün ışığı geçirgenlik değeri (VT),

hesaplanabilmektedir [32]. Window 5.2 ile ilgili ayrıntılı bilgiler ve rapor dosyaları Ek-A bölümünde yer almaktadır.



Şekil 4.1: Window 5.2 programı arayüzü

4.2 Window 5.2 Programında Pencere Sistemi Seçeneklerinin Oluşturulması

Pencere sistemlerinden beklenen enerji performans gereksinimleri Bölüm 2’ de açıklanmıştır. Çerçeve sisteminin, cam sistemindeki cam katman sayısı, boyutları ve ara boşluğun genişliği ve ara boşluk gazının pencere sisteminin enerji performansı üzerinde etkili olduğu Bölüm 3’de açıklanmıştır.

Pencere sistemlerinin enerji performansının bileşen düzeyinde değerlendirilmesi Window 5.2 programı kullanılarak yapılacaktır. Oluşturulacak pencere sistemine ait veriler Window 5.2 programı bünyesinde yer alan kütüphanelerdeki verilerden yararlanılarak tanımlanacaktır.

Pencere sistemi seçeneklerinin sabit kanat olduğu kabul edilmiştir ve boyutları ise genişliği 120 cm., yüksekliği 150cm.’dir. Çevresel koşul için Window 5.2 programı kütüphanesinde tanımlı Orta Avrupa Standartları (Central European Norm, CEN) koşulları tanımlanmıştır. CEN koşulları için kabul edilen değerler Tablo 4.1’deki gibidir.

Tablo 4.1: Window 5.2 programı CEN çevresel koşullarına ait değerler

Değişkenler	U değeri hesabı için değerler	SHGC ve VT hesabı için değerler
Dış hava Sıcaklığı	0°C	30°C
İç Ortam Sıcaklığı	20°C	25°C
Isı taşımını için sabit katsayı	17.6W/m²K	8W/m²K
Gökyüzü sıcaklığı (Tsky)		30°C
Gökyüzü emissivitesi (Esky)		1.00

Çerçeveler

Oluşturulan pencere sistemlerinde; çerçeve sistemleri sabit olarak belirlenip, tüm pencere sistemlerinde ısııl bariyerli alüminyum çerçeve sistemi kullanılmıştır. Window 5.2 programı doğrama kütüphanesinden U değeri 5.68 W/m²-K olan ısııl bariyerli alüminyum çerçeve sistemi seçilmiştir.

Camlar

Cam sistemlerinde kullanılan cam alternatifleri Window 5.2 programı cam kütüphanesinden seçilmiştir. Seçilen camlar ve optik özellikleri Tablo 4.2'deki gibidir.

Tablo 4.2: Window 5.2 programında tanımlanan cam tipleri ve optik özellikleri

CAM TİPLERİ	Cam Kodu	Kalınlık (d) (mm)	Tsol	Rsol1	Rsol2	Tvis	Rvis1	Rvis2	E1	E2	İletkenlik W/mK
Berrak Cam	C	6.00	0.770	0.070	.070	0.880	0.080	0.080	0.840	0.840	0.900
Low-E+	E	6.00	0.606	0.286	0.241	0.893	0.039	0.051	0.048	0.840	0.900
SS Low-E+	EE	6.00	0.410	0.315	0.418	0.788	0.052	0.041	0.837	0.037	0.900
Yeşil Cam	G	6.00	0.333	0.050	0.050	0.656	0.064	0.064	0.840	0.840	0.900
Yansıtıcı Cam	S	6.00	0.227	0.319	0.141	0.307	0.275	0.152	0.656	0.840	0.900

Tsol : Güneş Enerjisi Toplam Geçirgenlik Değeri

Rsol1 : Camın Dış Yüzeyinin Güneş Enerjisi Yansıtıcılık Değeri

Rsol2 : Camın İç Yüzeyinin Güneş Enerjisi Yansıtıcılık Değeri

Tvis1 : Camın Dış Yüzeyinin Gün Işığı Geçirme Değeri

Tvis2 : Camın İç Yüzeyinin Gün Işığı Geçirme Değeri

Rvis1 : Camın Dış Yüzeyinin Gün Işığı Yansıtıcılık Değeri

Rvis2 : Camın İç Yüzeyinin Gün Işığı Yansıtıcılık Değeri

E1 : Camın Dış Yüzeyinin Emisivite Değeri

E2 : Camın Dış Yüzeyinin Emisivite Değeri

Ara Dolgu Gazları

Oluşturulan pencere sistemlerinde, ara boşluk mesafesi 16 mm olarak belirlenmiş olup, ara dolgu gazı olarak gaz kütüphanesinde tanımlanmış kuru hava ve Argon gazı kullanılmıştır. Bu ara dolgu gazlarına ait bilgiler Tablo 4.3'deki gibidir.

Tablo 4.3: Window 5.2 kütüphanesinden seçilen ara dolgu gazları tipleri

Gazın Adı	İletkenlik (W/mK)	Akma Direnci (kg/(ms)(E5)	Yoğunluk (kg/m³)
Kuru Hava	0.02	1.7300	1.29
Argon	0.02	2.1100	1.78

Oluşturulan Pencere Sistem Seçenekleri

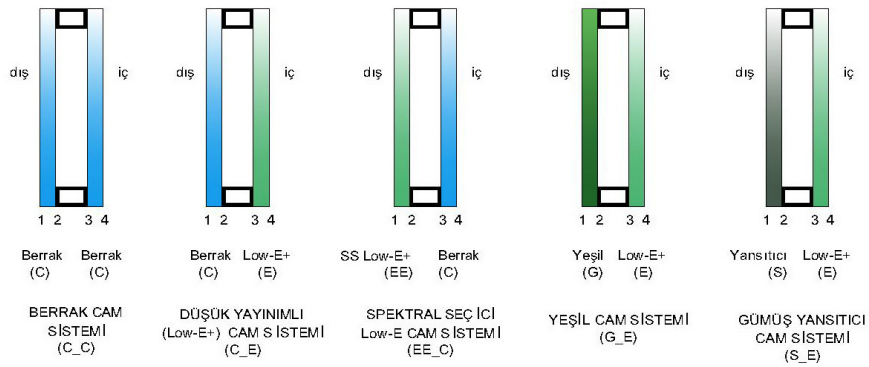
Window 5.2 sisteminde tanımlanan pencere sistemlerinde; 6mm cam 16 mm ara boşluk mesafesi ve 6 mm camdan oluşan çift camlı pencere sistemleri oluşturulmuştur. Tablo 4.3'te oluşturulan bu sistemlerin isimleri ve Şekil 4.2'de ise camlama sistemlerinin şematik kesitleri yer almaktadır. Ayrıca tanımlanan camlara ait ayrıntı bilgilerin yer aldığı Window 5.2 programının oluşturduğu rapor dosyası EK-A'da görülmektedir.

Tablo 4.4: Çift cam sistemlerinin adlandırılması

No	Cam Kodu	Açıklama
101	C_C	Berrak Cam Sistemi
102	C_E	Düşük Yayınlı Cam Sistemi
103	EE_C	Spektral Seçici Cam Sistemi
104	G_E	Yeşil Cam Sistemi
105	S_E	Yansıtıcı Cam Sistemi

Değerlendirme için, Tablo 4.3 ve Şekil 4.2'de görüldüğü gibi pencere sistemleri;

- 2 adet berrak cam katmanı ile oluşturulan 'Berrak Cam Sistemi' (C_C),
- Berrak cam ve Low-E cam ile oluşturulan 'Düşük Yayınlı Low-E Cam Sistemi' (C_E),
- Spektral Seçici Low-E cam ile berrak cam ile oluşturulan 'Spektral Seçici Cam Sistemi' (EE_C),
- Yeşil cam ve Low-E cam ile oluşturulan 'Yeşil Cam Sistemi' (G_C),
- Yansıtıcı cam ve Low-E cam ile 'Yansıtıcı Cam Sistemi' (S_C) şeklinde adlandırılmıştır.



Şekil 4.2: Çift cam sistemlerinin şematik kesitleri

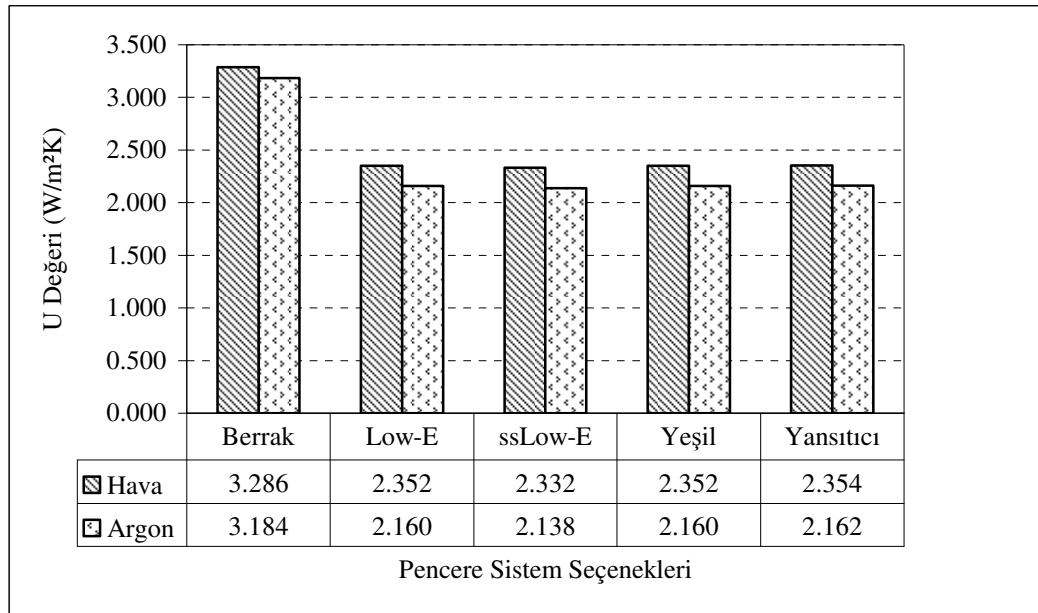
4.3 Pencere Sistem Seçeneklerinin Değerlendirilmesi

Window 5.2 programında tanımlanan pencerelerin ısı performansını U değeri, SHGC değeri ve VT değerleri arasında karşılaştırma yapılarak eleman düzeyinde değerlendirilecektir.

Değerlendirmede berrak cam sistemi (C_C) ile oluşturulan pencere sistemi temel pencere sistemi olarak ele alınacaktır. Ara boşluk gazının hava olarak tanımlandığı berrak cam sistemi (C_C) ile oluşturulan pencere sisteminin U değeri 3.286 W/m²K olarak hesaplanmıştır. Düşük yayınlı cam sistemi (C_E) ile oluşturulan pencere sisteminin U değeri 2.352 W/m²K olup, berrak cam sistemli (C_C) pencere sistemine göre %28.42 oranla daha iyi ısı yalıtımı sağlamaktadır. Spektral seçici düşük yayınlı cam sistemi (EE_C) ile oluşturulan sistemin U değeri 2.332 W/m²K olup, berrak cam sistemine göre % 29.03 oranla ısı yalıtımı sağlamaktadır. Yeşil cam sistemi (G_E) ile oluşturulan pencere sistemi 2.352 W/m²K U değeri ile % 28.42 oranında ve yansıtıcı cam sistemi (S_E) ile oluşturulan pencere sistemi 2.354 W/m²K U değeri ile % 28.36 oranında ısı yalıtım sağlamaktadır. (Şekil 4.3)

Ara boşluk gazı olarak argon kullanıldığında ise argon gazının ısı iletkenlik değeri daha düşük olduğu için sistemlerin ısı iletkenlik değerlerinde iyileşme kaydedilmiştir. Argon gazı kullanılarak elde edilen berrak cam sistemi (C_C) ile oluşturulan pencere sisteminin U değeri 3.184 W/m²K ile hava dolgulu berrak cam sistemine göre % 3.10 oranla daha iyi yalıtıma sahiptir. Low-E cam sistemi (C_E) ile oluşturulan pencere sistemi 2.160 W/m²K U değeri ile % 8.16 oranında; spektral seçici Low-E (EE_C) ile oluşturulan pencere sistemi 2.138 W/m²K U değeri ile % 8.32 oranında iyileşme olmuştur. Yeşil cam sistemi (G_E) ile oluşturulan pencere sisteminde 2.160 W/m²K U değeri ile ve yansıtıcı cam sistemi (S_E) ile oluşturulan pencere sisteminde 2.162 W/m²K U değeri ile % 8.16 oranında iyileşme olmuştur.

Düşük yayınlı kaplamalara sahip Low-E, Spektral seçici Low-E camlar düşük emissive değerleri ($e=0.048$ ve $e=0.060$) ile iç mekandaki uzun dalga boylu ısı enerjisini geri yansıtma özelliğinden dolayı ısı performansları berrak camlarla oluşturulan sistemlere oranla daha iyidir.



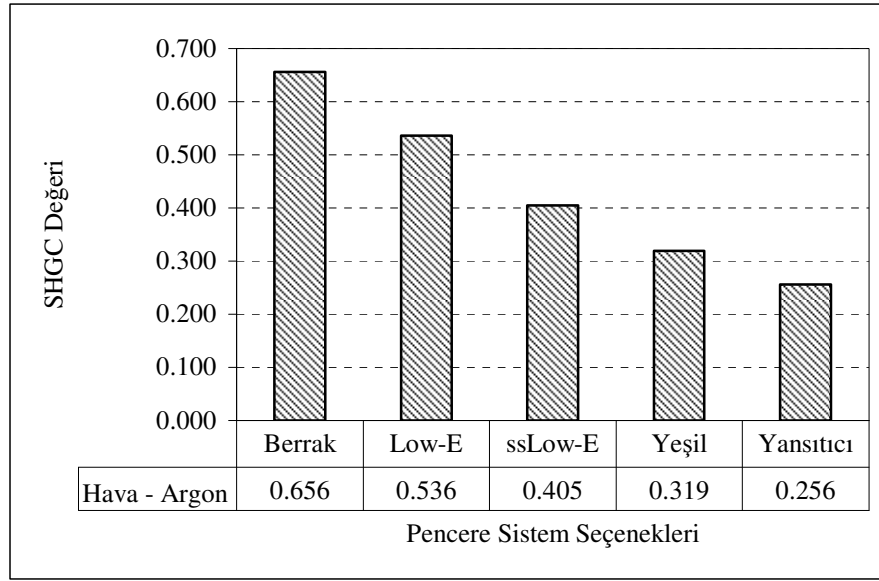
Şekil 4.3: Pencere sistemlerine ait U değerleri (ısııl bariyerli alüminyum çerçeve, U Değeri 5.68 W/m²K, ara boşluk genişliği: 16 mm)

Pencere sistemlerinin ısııl performansını etkileyen diğer bir ölçüt olan güneş ısı kazanç değerini (SHGC) camların güneş ısı geçirgenliği değeri (Tsol) etkilemektedir ve güneş ısı geçirgenlik değeri yüksek olan cam tiplerinin oluşturduğu cam sistemlerinin SHGC değeri de yüksektir. Güneş ısı kazanımının fazla olması ısıtmanın istendiği dönemde ısı yükleri açısından yarar sağlayacaktır. Ancak, soğutmanın istendiği dönemde soğutma yükü bakımından güneş ısı kazancının az olması istenmektedir.

Berrak cam sisteminin (C_C), SHGC değeri 0.656 ile en yüksek güneş ısı kazanç değerine sahip olmakta beraber emissivite ($e=0.840$) değeri çok yüksek olduğu için berrak cam sisteminin (C_C) ısııl performansı düşüktür. Güneş ısı geçirgenlik değeri (Tsol) 0.606 olan Low-E camla oluşturulan pencere sisteminin SHGC değeri 0.536'dır. Düşük emissivite değerine bağlı olarak U değerinin iyi olması ve iyi bir güneş ısı kazanımı sağlaması ile Low-E cam sisteminin ısıtma dönemi için performansı iyidir, ancak yüksek SHGC değeri ve düşük emissivite değerine bağlı olarak iç mekandaki uzun dalga boylu ışıınımları geri yansıtmasıyla soğutmanın istendiği dönemde soğutma yükünün fazla olacağı göz önünde bulundurulmalıdır.

Spektral seçici düşük yayınlı (ssLow-E) cam sistemi ile oluşturulmuş sistemde ssLow-E camın Tsol değeri 0.410'dur ve SHGC değeri 0.405'dur. Spektral seçici

olması ile güneş ısı kazanımı az, güneş ışığı geçirgenliği fazladır. İyi bir U değerine sahip olduğu için ısı performansları iyidir, ayrıca SHGC değerleri Low-E cam sistemlerine göre düşük olduğu için soğutmanın istendiği dönemde güneş kontrolü sağlarlar. Güneş ısı geçirgenliği 0.333 ile düşük olan yeşil cam sistemi (G_E) 0.319 değerinde güneş ısı kazanç katsayısına sahiptir. Yeşil cam sistemi Low-e cam sistemiyle takviye edildiği için ısı performansı iyileştirilmiş ve berrak cam ve düşük yayınlı cam sistemlerine göre SHGC değeri düşük olduğu için iyi güneş kontrolü sağlarlar. Yansıtıcı cam sistemi (S_E) ile oluşturulan pencere sisteminin 0.227 Tsol değeri ile SHGC değeri 0.256'dır, Low-e cam sistemi ile kombine edildiği için U değeri ısı bakımından iyidir ve soğutmanın istendiği dönemde ise düşük SHGC değeri ile iyi bir güneş kontrolü sağlar. Ancak yansıtıcı cam sisteminin ve yeşil cam sistemin gün ışığı geçirgenlik değerleri de göz önünde bulundurularak değerlendirilmesi gerekir. (Şekil 4.4)

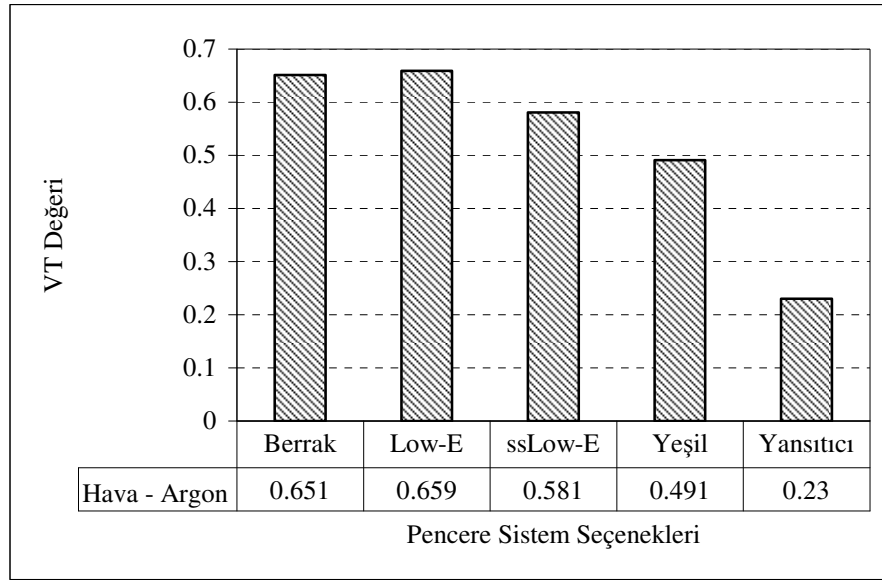


Şekil 4.4: Pencere sistemlerine ait SHGC değeri (ısı bariyerli alüminyum çerçeve, U Değeri 5.68 W/m²K, ara boşluk genişliği: 16 mm)

Pencere sistemlerinin gün ışığı geçirgenliği ve doğal aydınlatma performansını pencere sisteminin VT değeri belirler. VT değerinin büyük olması sistemden geçen ışık miktarının o kadar büyük olduğunu gösterir.

Berrak cam ile oluşturulan pencere sisteminin (C_C) gün ışığı geçirgenlik değeri (VT) 0.651 ve VT değeri 0.659 ile Low-E cam sistemi ile oluşturulan pencere sisteminin (C_E) VT değerleri en yüksektir. Bu pencere sistemlerini doğal

aydınlatma bakımından iyi sistemlerdir. SHGC değeri düşük olan ssLow-E camlı pencere sisteminin (EE_C) VT değeri 0.581'dir, berrak camlı pencere sistemi ve Low-e camlı pencere sistemlerine göre VT değeri düşüktür ama bu pencere sistemi de doğal aydınlatma bakımından iyi bir sistemdir. Yeşil camlı pencere sisteminin (G_E) Tvis değeri 0.491, yansıtıcı camlı pencere sisteminin (S_E) VT değeri 0.230'dur. Yansıtıcı camlı pencere sisteminin VT değeri çok düşük olduğundan doğal aydınlatma sağlamada bu pencere sistemi yetersiz kalacaktır. Bu durum yapay aydınlatma sistemine olan ihtiyacı artıracak elektrik harcamalarını artıracaktır. Ayrıca yapay aydınlatma duyulan ihtiyacın artmasıyla iç ortamda ısı kazanım miktarı artacak ve soğutma yüklerinin artmasına neden olacaktır. (Şekil 4.5)



Şekil 4.5: Pencere sistemlerine ait VT değerleri (ısı bariyerli alüminyum çerçeve, U Değeri 5.68 W/m²K, ara boşluk genişliği: 16 mm)

Eleman düzeyinde yapılan uygulama sonuçlarından görüldüğü gibi farklı camlarla oluşturulan sistemlerin U değerleri, SHGC değerleri ve VT değerleri seçilen camın optik özelliklerine bağlı olarak birbirinden farklıdır. Cam yüzeylerine emissivite değeri düşük kaplamaların uygulanması ve ara boşluğun ısı iletkenliği düşük argon gazı ile doldurulması pencere sistemlerinin ısı iletkenlik değeri (U değeri) ve ısı performansı iyileşmiştir. Camların yüzeyine uygulanan kaplamalar ve eklenen katkı maddeleri ile renkli hale gelmesi, camların güneş ısı geçirgenliği (Tsol) ve gün ışığı geçirgenlik değerinin (Tvis) farklı olmasıyla beraber, pencere sistemlerinin SHGC ve VT değerlerini etkilemektedir. Güneş ısı kazanç değeri, SHGC değerinin yüksek

olması ısıtmanın istendiği dönemlerde fayda sağlayacaktır ancak soğutmanın istendiği dönemlerde ise aşırı ısınmaya neden olacaktır. Berrak camlı (C_C), Low-E camlı (E_C) pencere sistemlerinin SHGC değerleri yüksektir ve VT değerleri yüksektir, yansıtıcı (S_E) ve yeşil camlı (G_E) pencere sistemlerinin SHGC değerleri ve VT değerleri düşüktür. Gün ışığı geçirgenlik değeri VT ortama alınan gün ışığı miktarını belirler ve yüksek olması istenir. SHGC değerinin düşük olması güneş kontrolü açısından tercih edilebilir ancak gün ışığı geçirgenliğinin kullanıcı konforu açısından belli bir değerin altına inmemesi gerekir. Isıl performansı yüksek pencere sistemi seçiminde ısıtma, soğutma ihtiyacı ve doğal aydınlatma ihtiyacı birlikte göz önünde bulundurulmalıdır. Tüm gereksinimlere cevap verebilecek pencere sistemi seçiminde; U değeri, SHGC değeri ve VT değeri açısından optimize edilmiş sistemleri oluşturulmalıdır.

Eleman düzeyinde yapılan bu uygulamada farklı pencere sistemlerinin U değeri, SHGC değeri ve VT değeri birbirleri ile karşılaştırılmalı olarak değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme iklimsel veriler ve bina tipi, kullanıcıları ve işletme sistemi gibi bina ile ilgili verilerden bağımsız olduğu için, enerji etkin bina tasarımında pencere sistemi seçimi konusunda eleman düzeyinde yapılan bu değerlendirme etkin pencere sistemi seçimi kararında yetersiz kalmaktadır.

5. PENCERE SİSTEMLERİNİN ISIL PERFORMANSININ BİNA DÜZEYİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ

Pencere sistemlerinin bina düzeyinde ısıtma ve soğutma giderleri üzerindeki etkilerini ortaya koyabilmek için ikinci aşamada pencere sistemlerinin ısı performansını bina düzeyinde değerlendirilmiştir. Bina düzeyinde değerlendirmede, binaların enerji performansını etkileyen özellikleri değerlendirme sürecine takılmıştır.

5.1 Binalarının Enerji Performansını Etkileyen Özellikler

Binalar içinde bulunduğu çevresiyle sürekli etkileşim halindedir ve iklimsel değişimlerden ve kullanıcı gereksinimlerinden etkilenirler [33]. Enerji etkin bina tasarımında değerlendirme yapılırken; iklimsel verilere bağlı olarak güneşten faydalanma, binanın konumlanması, bina kabuğuna ait özellikler ve iç kazanım ve işletme sistemleri bütünsel olarak ele alınmalıdır [34].

5.1.1 Binanın İklimle Bağlı Özellikleri

Binanın bulunduğu çevredeki iklimsel özellikler, çevresi ile sürekli ilişkili olan binaların enerji performansını büyük ölçüde etkiler. Değişen iklim koşulları karşısında iç ortam konfor koşullarının minimum etkilenmesi beklenmelidir [35].

İklimsel özellikler makroklima ve mikroklima olmak üzere ikiye ayrılır.

Makroklima, bölgede hakim olan iklim özelliklerini içerir. Makroklima bölgeye ait sıcaklık, nem, rüzgar durumu, güneş ışıınımları gibi karakteristik iklimsel özellikleri içeren bilgileri kapsar. Bu bilgiler günlük ya da sezonluk bilgiler olabilir [35].

Enerji etkin tasarımda genel iklimsel bilgileri içeren tipik yıla ait iklimsel bilgiler kullanılır. İklimsel veriler, bölgenin konumuna bağlı olarak hakim iklim koşullarını yansıtan nümerik bilgiler içerir. Binanın bulunduğu yerin enlem ve boylam

özellikleri bina kabuğunu gelen ışıının açısını ve miktarını etkiler. Güneşin geliş açısı ve binanın konumuna bağlı yön durumu, bina kabuğuna gelen güneş ışıının miktarını belirler. Bina kabuğuna gelen güneş ışıının, direkt güneş ışıını, yöne bağlı güneş ışıının ve yaygın ışıının toplamıdır ve W/m^2 ile ifade edilir.

Mikroklima ise, binanın yakın çevresindeki komşu binalar, bitki durumlarına ve bina yönlerine bağlı rüzgar ve ışıının durumunu hakkında bilgiler içerir [37].

Bina tasarımında iklimsel özellikler göz önünde bulundurularak, iklimsel koşullardan maksimum yararlanmak ve pasif anlamda kazanç sağlamak amaç haline gelmelidir.

5.1.2 Binanın Konumuna Bağlı Özellikleri

Binanın konumu, binanın coğrafik olarak yeridir ve bina tasarımı üzerinde etkilidir. İklimsel verileri enerji etkin bina tasarım yararına dönüştürmek için, binanın konumlanışı ve yönlendirişi önemlidir. Binanın yerleştiği topografik koşullar, bina çevresindeki bitki durumu ve komşu binalar; rüzgar hızını ve yönünü, ışıının miktarını etkiler [35].

İklim özelliklerine bağlı olarak binanın konumlandırılması enerji etkin bina tasarımında büyük fayda sağlar. Sıcak iklimlerde hakim rüzgarın etkisinin en çok hissedildiğini vadilerin üst noktalarında, soğuk iklimlerde bitkilerle desteklenmiş daha korunaklı vadi tabanlarında ve ılıman iklim koşullarında ise vadi yamaçlarında konumlanmak pasif iklimlendirme açısından yararlıdır.

5.1.3 Bina Yönleri İle İlgili Özellikler

Binanın yönlendirilmesi, bina plan düzleminde bina cephelerinin durumunu belirler ve binanın konumuna bağlı olarak güneşten maksimum faydalanma ve rüzgar etkileri göz önünde bulundurulmalıdır [36].

Enlem ve boylam özelliklerine bağlı olarak, kuzey yarım kürede, kışın maksimum direk ışıının, yazın ise minimum ışıının almak için binaların güneye yönlendirilmesi en iyi yönlendirmedir. Temel yaşam mekanları gün ışığından ve güneş ısı kazanımlardan maksimum yararlanmak için güney yönünde konumlandırılmalıdır [36].

Güney cephesinde pencere alanının artırılması ısı kazanç sağlar, kuzey cephesinde minimum tasarlanması ısı kayıpları azaltacaktır [36].

5.1.4 Binanın Geometrik Özellikleri

Enerji korunumu açısından bina geometrisi önem taşımaktadır. Binaların kat alanı, cephe alanı gibi boyutsal büyüklükleri ısı kayıp ve kazançları üzerinde etkilidir. Bütüncül cephe sistemine sahip binalarda; ısı kayıpları az, doğal aydınlatma, ventilasyon ve ısı kazanım kolay olur.

Kare binalarda ısı kayıplar daha az olmasına rağmen, güneye yönlendirilmiş dikdörtgen binalar ısı performans açısından daha çok tercih edilir [8]. Güneye doğru yönlendirilmiş binalarda güneşten kazanım fazla olur ama kuzey cephesindeki ısı kaybın da çok olacağı göz önünde bulundurulmalıdır [36].

Binalarda mekan organizasyonu yapılırken yine gün ışığı ve ısı kazançları düşünülmeli, yoğun kullanıma sahip ana mekanlar binaların gün ışığı ve güneş ısı kazançlarının fazla olacağı bölgelerde konumlandırılmalıdır.

5.1.5 Binayı Oluşturan Yapı Bileşenlerinin Özellikleri

Isıl olaylar, binanın duvar, pencere, döşeme, çatı gibi her bileşeninde meydana gelir. Doğru malzeme seçimi ve doğru detay tasarımı binaya pasif anlamda kazanç sağlar [24]. Yapı bileşenlerinde kullanılan malzemelerin ısı performansı (ağırlığı, yoğunluğu, direnci gibi), elemanların doğru detaylandırılması binanın performansını etkiler. Dış kabukta kullanılan malzemelerin seçimi ve dış kabuk tasarımı iklimsel özelliklere bağlı farklı gereksinimlerden dolayı farklılık gösterir [36].

Opak Bileşenler

Bina opak elemanlarında temel ısı transferi iletim yoluyla gerçekleşir. Isı yalıtımı sağlayan malzemelerin kullanılması ve yalıtım sağlayan katmanların oluşturulması ısı kayıplara karşı direnç gösterir ve ısı kayıplarını azaltır. Isıl yalıtımlı malzemelerin yoğunlukları düşüktür ve hafif, boşluklu yapıya sahiptirler. Hafif olmaları nedeniyle taşıyıcı olamazlar. Taşıyıcı elemanlar ağır olurlar ve yoğunluğu

fazla olan malzemeler içerirler. Bu elemanların üzeri ısı kayıpları önlemek için ısı yalıtım malzemeleri ile kaplanırlar [24].

Binada dış kabuk elemanları dış hava koşullarına karşı direnç gösterirler, iç mekanlarda konumlanan elemanlar ısı depolayıcı özellik gösterirler.

Saydam Bileşenler

Saydam bileşenlerin bina enerji harcamalarına büyük bir etkisi vardır. Doğru pencere sistemi tasarımı bina enerji etkinliğini de beraberinde getirir. Pencere sistemlerinin enerji etkinliği yukarıda bahsettiğimiz iklimsel özellikler, binanın konumu ve yön durumuna bağlıdır. Örneğin, sıcak iklimlerde ilk amaç gerekli gün ışığı ve manzarayı sağlamak kaydı ile güneş ısı kazanımını minimuma indirmektir. Güneş kontrol elemanı tasarımı, renkli ve yansıtıcı camlar tercih edilir. Soğuk iklimlerde gereksinimler farklılık gösterir ve ısı kayıplarını önleyerek, güneş ısı kazanımı sağlamak için ara boşluğun gaz ile desteklendiği düşük yayımlı camların kullanıldığı ısı iletimi az çok katmanlı pencere sistemleri tercih edilmelidir. Isıl kayıpların çok fazla görüldüğü çerçeve sistemlerinde malzeme seçimi ve ısı bariyerlerinin oluşturulmalıdır.

Ofis tipi yapılarda tüm cephe sistemine hakim giydirmeye cephe sistemlerinin yaygın hale gelmesi, pencere sistemlerinden beklenen performansların çoğalmasına neden olmuştur. Soğutma yüklerinin fazla olduğu ofis yapılarda güneş kontrolü sağlayan pencere sistemi tasarımı ön plana çıkmıştır [5].

5.1.6 Binanın İşletme Sistemine İlişkin Özellikleri

Enerji etkin bina tasarımında binayı oluşturan bütün bileşenlerin sistemin alt elemanı olarak birlikte çalışması istenilir [24]. Binanın konumu, yön durumu ve yapı bileşenleri binanın pasif enerji kazanımlarını artırmak etkin olarak görev alırlar, ancak pasif kazanımların yetersiz kaldığı dönemlerde aktif sistemler devreye girer. Aktif sistemlerden kaynaklanan enerji maliyetlerini azaltmak için yukarıda bahsettiğimiz bina ile ilgili özelliklere bağlı pasif kazançların maksimum olmalıdır.

Bina ısıtma ve soğutma sistemi tasarımı, binanın geometrik şekli, büyüklüğü, fonksiyonu ve kullanıcı ihtiyaçlarına bağlıdır [36]. Konut tipi binalarda ısıtma

enerjisi ön plana çıkarken, saydamlık oranı yüksek ve iç kazanımlar ve kullanıcı gereksinimlerinin özelleşmesi bakımından ofis binalarında soğutma enerjileri ve soğutma sistemleri önem kazanır.

5.1.7 İç Ortam ve Ofis Kullanımı İle İlgili Özellikler

İç mekanda bulunan elektrikli gereçlerden, bilgisayarlardan, yapay aydınlatma sisteminden ve kullanıcılardan kaynaklanan ısı enerjisi iç kazanım olarak tanımlanabilir [38].

Yapay aydınlatma sistemi aktif iken ve elektrikli araçlar açık olduğunda elektrik enerjisinin bir kısmı ısı enerjisine dönüşmekte ve iç ortama iletilmektedir. [39].Mekanın kullanıcıları da eylem tiplerine ve kıyafetlerine bağlı olarak mekana ısı enerjisi iletirler [39].

Binalarda ısıtma ve soğutma yükleri hesaplanırken gerçek değerlere ulaşabilmek için iç kazanımlarında dikkate alınması gerekir. Bu nedenle ekipmanlarla ve kullanıcılar ile ilgili ısı enerjisi miktarları belirlenmiştir. Enerji etkin bina çalışmalarında kullanılan bu değerlere ASHRAE standartları ve EN ISO 7730 gibi ilgili standartlardan yararlanılmaktadır.

5.2 Metodolojinin Açıklanması

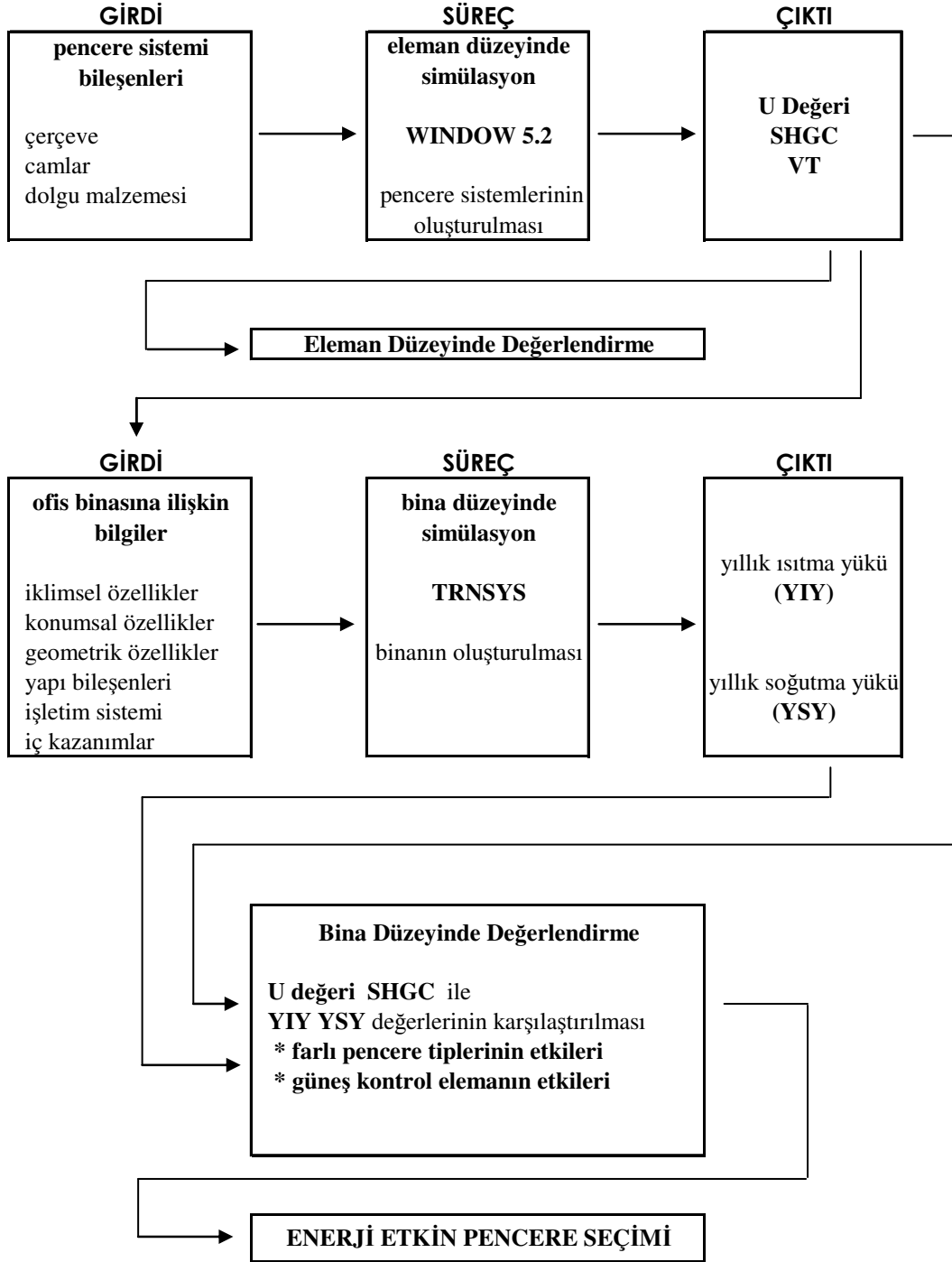
Pencere sistemi seçiminde, eleman düzeyinde değerlendirme genel bir değerlendirme sağlamaktadır ve iklim ve bina ile ilgili bilgilerden bağımsız ele alındığı için, sadece birbirleri ile karşılaştırılmalarına olanak sağlamaktadır. Enerji etkin pencere sistemi seçiminde, pencere sistemlerinin bina düzeyinde ele alınması ve enerji etkin yapı tasarımını etkileyen diğer özelliklerinde değerlendirmeye katılması gerekmektedir. Bu bölümde, bileşen düzeyinde değerlendirme de Window 5.2 programında oluşturulan pencere sistemleri, bina düzeyinde ele alınmış TRNSYS programı kullanılarak farklı pencere sistemlerinin bina enerji performansına etkileri değerlendirilecektir.

Bina düzeyinde değerlendirme; enerji etkin bina tasarımında, ısıl performans açısından pencere sistemlerinin önemli hale geldiği ofis binaları ele alınmıştır. Ofis

binalarında verimli çalışma ortamını oluşturmak için kullanıcıların konfor koşullarının etkin olmalıdır. Enerji etkin ofis bina tasarımında, dış kabuk saydam elemanı olarak pencere sistemleri, Bölüm 2’de bahsettiğimiz gibi pencere sistemlerinin enerji performansı ve kullanıcı konfor koşulları açısından birçok özelliğe sahiptir. Konfor koşullarını oluşturmada pencere sistemlerinin sağlayacağı pasif kazanımlar ile bina aktif sistemleri birlikte değerlendirilerek bütün gereksinimlere cevap verebilecek optimum özelliklere sahip pencere sistemi tasarımına gidilmelidir.

Türkiye’de özellikle İstanbul’da özelleşmiş yapı kompleksleri olarak ofis binaları çoğalmış ve enerji etkin ofis bina tasarımı bir ihtiyaç haline gelmiştir. Bu gelişmeler doğrultusunda, saydamlık oranı yüksek ofis binaların da pencere sistemlerinin bina yıllık ısıtma ve soğutma enerjileri üzerindeki etkilerini ortaya koymak için, pencere sistemlerinin bina düzeyinde değerlendirilmesinde İstanbul’da konumlanan bir ofis bloğu ele alınmıştır.

WINDOW 5.2 de oluşturulan farklı pencere sistemi seçenekleri ile örnek ofis bloğu TRNSYS modelleri yinelenerek, farklı pencere tiplerine ait ısıtma ve soğutma enerjileri karşılaştırılarak, pencere sistemi seçiminin bina enerji harcamalarına ne ölçüde katkıda bulunduğu pencere sistemi U değeri ve SHGC değeri ile karşılaştırmalı olarak belirtilecektir. Enerji etkin pencere tasarımında değerlendirme sürecini anlatan akış şeması Şekil 5.1’te görülmektedir.



Şekil 5.1: Enerji etkin pencere tasarımı için değerlendirme süreci akış şeması

5.3 TRNSYS Programının Tanıtılması

TRNSYS; ‘Transient Simulation Program’ kelimelerinin kısaltılmışıdır. 1972-73 yıllarında University of Wisconsin Madison Solar Energy Lab. ve University of Colorado Solar Energy Applications Lab. tarafından geliştirilmiş ve 1975 yılında kullanılmaya başlanmıştır. TRNSYS programı FORTRAN diliyle yazılmış bir programdır [40].

TRNSYS, grafiksel bir ara yüze ve geniş bir bileşen kütüphanesine sahiptir. Program, modüler yapıya sahip bir sistem olması ile bütün aktif ve pasif sistemlere ait detaylı analizleri gerçekleştirebilmektedir.

Simülasyonu oluşturan her bileşen FORTRAN diliyle tanımlanmış bir TYPE numarası ile ifade edilir ve bu numara bileşenin fonksiyonunu tanımlar ve diğer bileşenlerden ayırt edilmesini sağlar. TRNSYS programında yeni bileşenlerde tanımlanabilir. Kullanıcı FORTRAN dilini kullanarak yeni bileşene ait matematiksel tanımlamayı formüle edebilir. Simülasyonun doğru sonuçlar vermesi simülasyonun bileşenlerinin doğru tanımlanmasına, girdi ve çıktı dosyalarının doğru eşleştirilmesine bağlıdır.

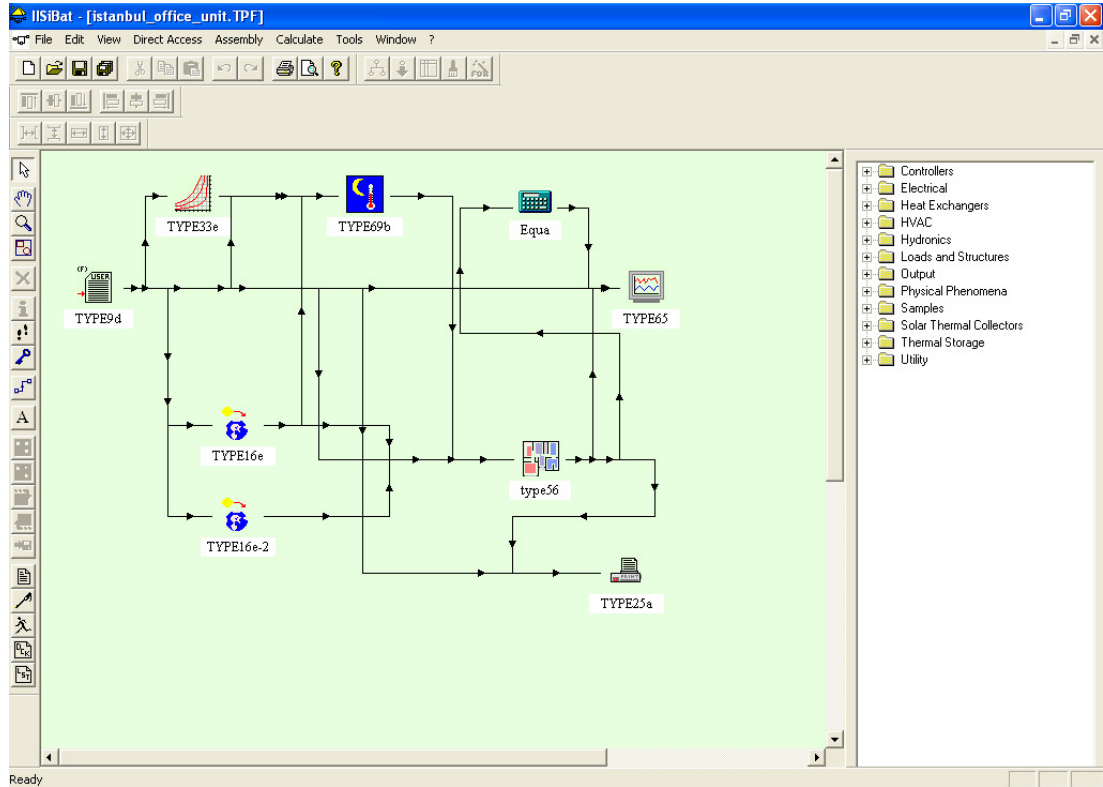
Binaya ait enerji dengeleri en doğru ‘Multi-Zone Model’ çoklu bölge modelleme yöntemiyle hesaplanır. Bu modelde bölgeler (zone) arası ısı transferi de hesaplara dahil edilir. Bina bileşenleri, ASHRAE transfer fonksiyon yaklaşımı ile modellenir. ‘Multi-Zone Model’ TYPE 56 ile sembolize edilir. Çok bölgeli binaya ait TYPE 56 parametreleri karmaşık olduğunu için, bu parametreler TRNSYS girdilerinde tanımlanmazlar. Bunun yerine, interaktif bir program olan PREBID programında binaya ait gerekli bilgiler tanımlanır [38,40].

PREBID programında, bina yapı bileşenleri, kullanım programı, iç kazanımlar, havalandırma, ısıtma ve soğutma sistemlerine ait bilgiler tanımlanır. PREBID programında oluşturulan çıktı dosyaları TRNSYS programı TYPE 56 dosyalarında girdi olarak kullanılır [38].

TRNSYS programının simülasyon motoru, IISibat ‘Intelligent Interface for the Simulation of Buildings’ dir. IISibat, TRNSYS bileşenlerini temsil eden TYPE

ikonlarına ait input ve outputları birleştirerek TRNSYS INPUT dosyalarını hazırlayan entegre bir sürece sahiptir. IISibat ara yüzünde tanımlanan bütün sistemler birbiri ile ilişkilendirilir ve simülasyon sonuçları grafiksel ara yüzde ve oluşturulan sonuç dosyasında sayısal olarak değerlendirilebilir.

WINDOW 5.2 programı kullanılarak eleman düzeyinde tanımlanan pencere sistemleri bina ile bilgilerin tanımlandığı TYPE 56 ile beraber çalışan PREBID programı pencere kütüphanesine eklenebilmektedir. Window 5.2 programında oluşturulan her bir pencere sistemine ait 'DOE-2 style report' dosya türünde rapor dosyası oluşturulur ve bu veriler tnsys\Building\Lib\American\W4-lib.dat dosyasına kopyalanır ve tnsys\Building\Lib\American\prgwin.dat dosyasına pencere sistemi ile ilgili bilgiler özet halinde tanımlanır [41,42].



Şekil 5.2: TRNSYS programı ara yüzü

5.4 Örnek Ofis Binasının Tanıtılması

Kanyon Projesi, Beşiktaş, Şişli ve Levent'in kesiştiği İstanbul'un en merkezi noktalarından birinde konumlanan; Eczacıbaşı Topluluğu - İş GYO ortaklığında; Tabanlıoğlu, Jerde ve Arup firmalarının imzalarını taşıyan; konut, alışveriş ve iş merkezinden oluşan kompleks bir projedir. (Şekil 5.3) 30.000 m² arsa alanı üzerine, 25.000 m² lik kullanım alanı ile 27 katlı ofis bloğu, farklı büyüklüklerdeki 179 konut ünitesi ile 27.000 m² lik konut alanı ve 170 mağaza ve 9 sinema ile 50.000 m² lik eğlence ve alışveriş alanı ile toplam 250.000 m² inşaat alanına sahip proje, 2006 Haziran ayından itibaren kullanıma açılmıştır.



Şekil 5.3: Kanyon Projesi genel perspektifi

Şehir merkezinde, ortak yeşil alanlarla çevrelenmiş, konut, ofis, mağazalar, eğlence alanları ve diğer sosyal alanlar gibi farklı mekanların bulunduğu yeni bir kent yaşamı modeli hayata geçirilmiştir. Ulaşım olanaklarının çeşitliliği nedeniyle, kolay erişilebilir ve yenilikçi bir mimari yaklaşımla, alışveriş alanında "sokak alışverişi" ve "şehir içi" etkisi yaratılarak kente açık yeni bir kent merkezi oluşturulmuştur.

Mimaride tercih edilen organik kıvrımlar planın tamamına hakim; yerleşim planının, her binanın ve bağlantı yollarının sahip olduğu yumuşak kavisler zarif bir akış sağlamakla beraber; yeşillikle desteklenen eğrisel form, değişen binaların yükseklikleri, doğal taş gibi özgün malzemelerin kullanılması, doğal ışık ve kent

manzarasını optimum düzeyde iç mekana taşınması; doğallık, derinlik ve ferahlık hissi vermektedir.

Komplekse genel giriş, Büyükdere Caddesi üzerinde bulunmaktadır. Girişin hemen arkasında caddeyle ve çevredeki diğer yüksek katlı binalarla ilişki kuran ofis bloğu yer almaktadır. Girişin gerisinde yer alan alışveriş ve eğlence mekanları kavisli form içinde yer alarak ilk 4 katta devam etmektedir. Konut alanı ise alışveriş katlarının üzerinde yer almaktadır ve teraslarla yeşil mekanlar yaratılmıştır.

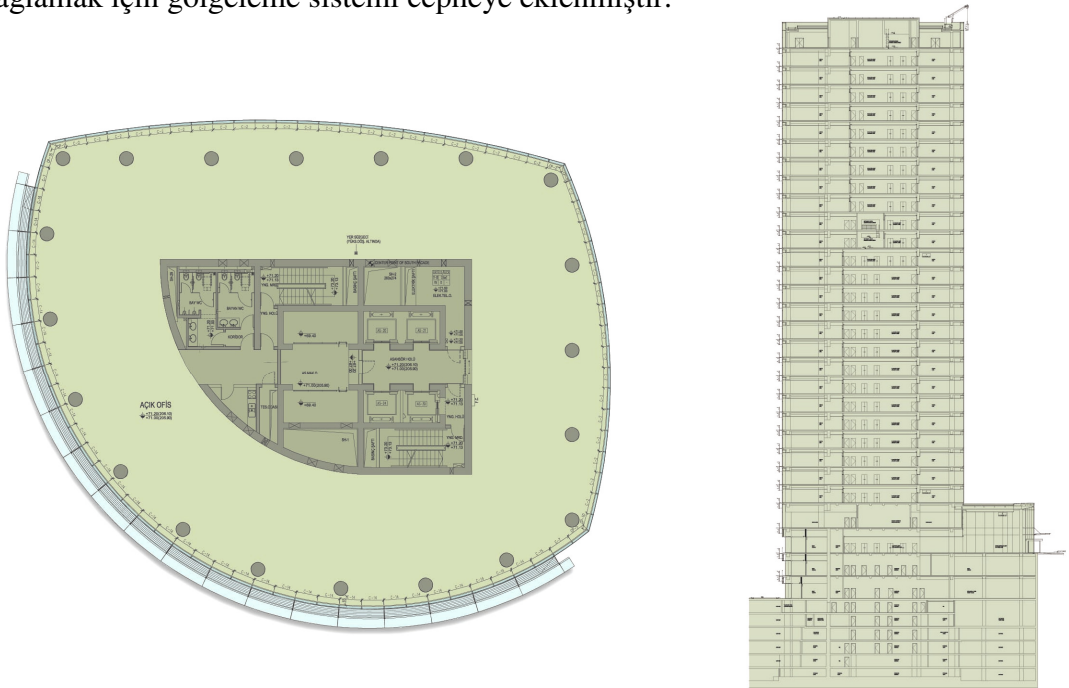
Ofis bloğunda; doğallık ve dışa açık olma ilkesini desteklemek üzere, şeffaf yapı kabuğu tasarımı geliştirilmiş, bulvarda yer alan yuvarlak formlu 26 katlı ofis kulesinde çalışanlar dışarıyla bütünleşir hale getirilmiştir. Bulunduğu çevresel ortama duyarlı bu tasarım anlayışıyla, şeffaf bir bina kabuğuna sahip ofis bloğuna koruyucu önlem olarak güneş kırıcı elemanlar yerleştirilmiştir. Ofis Bloğunun görünüşü Şekil 5.4’te görülmektedir.



Şekil 5.4: Ofis binası perspektifi

Bu çalışma kapsamında Kanyon Ofis Bloğu, pencere sistemlerinin bina düzeyinde performansının değerlendirilmesinde örnek bina olarak ele alınmıştır. Ofis bloğu 26 açık ofis şeklinde tasarlanmış kattan oluşmaktadır ve Katlar birbirinin aynıdır. Ofis katları 2. kattan itibaren başlamaktadır. Zemin ve 1. katlarda giriş lobisi ve restoran bulunmaktadır ve bu katlar alışveriş kısmı ile bağlantılıdır.

Ofis normal katları, güneye yönelen büyük bir ana cephe ile birlikte 3 eğimli cepheye sahiptir. Ofis katları; 903 m² açık ofis alanı ve 264 m² sirkülasyon elemanları ve tuvaletlerin yer aldığı bir çekirdek olmak üzere 1167 m² kat alanına sahiptir. Ofis bloğu, şeffaf bir dış kabuğa sahiptir ve güney cephesinde gerekli gölgelemeyi sağlamak için gölgeleme sistemi cepheye eklenmiştir.



Şekil 5.5: Kanyon Projesi tipik kat planı ve genel kesiti

5.5 Örnek Ofis Binasının TRNSYS Programında Tanımlanması

Ofis bloğunun simülasyonu iki aşamalı olarak yapılacaktır. Birinci aşamada, binaya ait verilerin tanımlanması TRNSYS programında yer alan TYPE 56 ‘multi-zone building component’ da zor olduğu için, interaktif PREBID programında yapılacaktır. İkinci aşamada, Prebid programında oluşturulan input dosyaları ve iklimsel veriler IISibat simülasyon motorunda tanımlanarak farklı pencere tipleri ile gerçekleştirilecek olan simülasyonlar sonucunda ısıtma ve soğutma yükleri çıktıları alınacaktır.

PREBID programında ofis bloğu tanımlanırken; binanın konumuna ilişkin veriler, duvar, pencere sistemi gibi binayı oluşturan yapı bileşenlerine ilişkin bilgiler, binanın işletim sistemine ait bilgiler, iç kazanım ve kullanıcıya ait bilgiler girdi olarak kullanılmıştır.

Bina katları birbirinin aynı olduğu kabul edilerek açık ofis alanı 1. bölge (zone), çekirdek bölümü 2. bölge olarak ele alınmıştır. PREBID programında tanımlanan ofis binasına ait rapor dosyaları EK-B’de görülmektedir.

5.5.1 Binanın Bulunduğu Yere İlişkin İklimsel Veriler

Örnek ofis bloğu İstanbul Levent’te konumlanmaktadır. İstanbul 40° 97’ Kuzey enlemi ve 28° 82’ Doğu meridyeni üzerinde bulunmaktadır ve ılıman iklim özelliği göstermektedir. Örnek ofis bloğuna ait ısı performansını değerlendirmede; İstanbul’un, tipik bir yıla ait saatlik veriler (TMY), TRNSYS programında iklimsel veri olarak tanımlanmıştır. Tipik yıla ait saatlik veriler Meteonorm programı kullanılarak hazırlanmıştır. TRNSYS programında, tipik yıl boyunca; direkt ışıınım (beam radiation), yaygın ışıınım (diffuse radiation), Dış ortam sıcaklığı (ambient temperature), rüzgar hızı (wind velocity), bağıl nem (relative ambient humidity) saatlik değerlerden elde edilen TMY dosyası kullanılmaktadır. Aylık ortalama iklimsel veriler Tablo 5.1’deki gibidir.

Tablo 5.1 : Aylık ortalama iklimsel veriler

Aylar	Direk Işınım (kJ/h m ²)	Yaygın Işınım (kJ/h m ²)	Sıcaklık (°C)	Rüzgar Hızı (m/s)	Bağıl Nem Oranı (%)
Ocak	75.41	147.79	7.34	3.60	80.06
Şubat	94.93	191.83	6.27	3.43	72.13
Mart	127.96	275.06	7.25	3.69	79.99
Nisan	194.84	372.46	11.06	3.69	78.00
Mayıs	221.50	425.70	15.25	3.50	78.98
Haziran	249.75	431.74	19.45	3.40	76.01
Temmuz	252.36	427.37	21.75	3.49	73.99
Ağustos	240.03	374.55	22.25	3.70	73.99
Eylül	183.51	332.94	20.24	3.89	75.99
Ekim	131.58	229.05	16.54	3.90	78.01
Kasım	88.75	165.07	13.13	3.30	80.00
Aralık	66.01	123.32	10.04	3.30	79.00

5.5.2 Binanın Konumuna İlişkin Veriler

Örnek ofis bloğu, yüksek katlı ofis bloklarının bulunduğu Büyükdere Caddesi üzerinde konumlanmaktadır. Yapı Bloğunun arsası yeterince büyük olduğundan çevre binalar, binanın gün ışığından yararlanmasına herhangi bir engel teşkil etmemektedir. Ofis bloğunun güneyinde yer alan konut bloklarının teraslar şeklinde alçalması da ofis bloğunun güneşten ayarlanması etkilememektedir. Örnek Ofis bloğuna ait vaziyet planı Şekil 5.6’da görülmektedir.

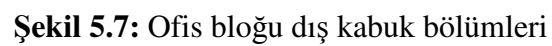


Şekil 5.6: Kanyon Projesi vaziyet planı

5.5.3 Bina Yönleri İle İlgili Veriler

Bina eğrisel üç cepheden oluşur ve ana cephesi güneye, diğer cepheler kuzeydoğu ve kuzeybatıya bakmaktadır. Bina cepheleri çok büyük olduğu ve ara yönlere baktığı için cepheler parçalara ayrılarak, yönleri tayin edilmiştir. Cepheler Şekil 5.6’daki gibi bölümlere ayrılmıştır. Tablo 5.2’de cepheler, baktığı yönler ve alanları görülmektedir.

Örnek ofis bloğu, eğrisel cephelere sahip şişkin bir üçgen forma sahiptir. Cepheler de girinti çıkıntı bulunmamaktadır ve 26 kat boyunca sürekliliği devam eden saydam kabuk şeklinde tasarlanmıştır. Güneye bakan cephede 26 kat boyunca devam eden yatay güneş kontrol elemanları bulunmaktadır. Bu saydam kabuğun gerisinde açık ofis bölümü bulunmaktadır. Tuvalet, merdiven ve asansörler, açık ofis planının merkezinde konumlanan çekirdek bölümünde yer almaktadır.



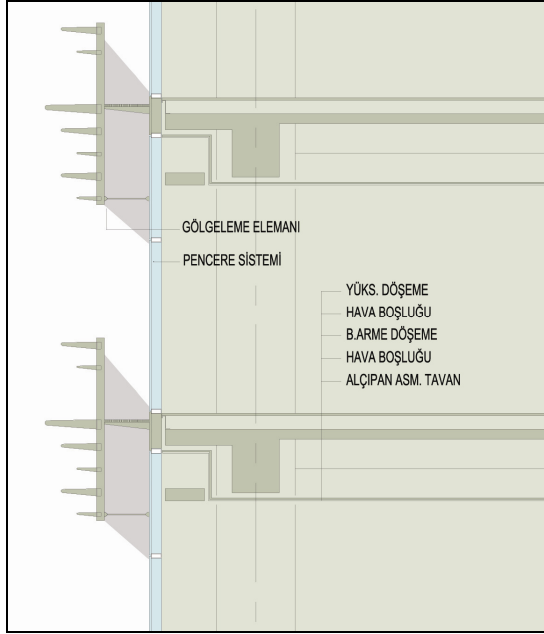
Tablo 5.2: Örnek ofis bloğuna ait bilgiler

Kanyon Ofis Bloğu						
Açık Ofis Hacmi (m³)		66352				
Duvar Adı	Yönler	Toplam Alan (m²)	Opak Alan (m²)	Pencere Alanı (m²)	Cam Alanı (m²)	Saydamlık Oranı %
A_1	KD 15°	1212.38	134.68	1077.7	997.1	92.5
A_2	KB 30°	1248	138.84	1109.16	1027.52	92.6
A_3	KB 60°	1368.38	152.10	1216.28	1125.54	92.5
A Cephesi Toplam		3828.76	425.62	3403.14	3150.16	92.5
B_1	KD 45°	905.84	100.62	804.96	744.9	92.5
B_2	KD 60°	936	104.00	832	770.64	92.6
B_3	D	903.76	100.36	803.4	743.08	92.5
B Cephesi Toplam		2745.6	304.98	2440.36	2258.62	92.5
C_1	GD 60°	1137.76	126.36	628.42	579.28	92.2
C_2	GD 45°	992.16	110.24	548.08	505.44	92.2
C_2	G	1157.52	128.70	639.6	589.68	92.2
C_4	GB 30°	1157.52	128.70	639.6	589.68	92.2
C_5	GB 60°	992.16	110.24	548.08	505.44	92.2
C_6	B	1137.76	126.36	628.42	579.28	92.2
Gölgeleme Elemanının olduğu bölüm		C_1_G		382.46	343.2	89.7
		C_2_G		333.58	299.52	89.8
		C_2_G		389.22	349.44	89.8
		C_4_G		389.22	349.44	89.8
		C_5_G		333.58	299.52	89.8
		C_6_G		382.46	343.2	89.7
C Cephesi Toplam		6574.88	730.60	5842.72	5333.12	90.96
TOPLAM		13149.24 m²				
Döşeme Alanı (m²)		880				
Tavan Alanı (m²)		880				
İç Döşeme Alanı (m²)		22000				
Aydınlatılan Net Alan (m²)		22880				
Çekirdek Hacmi (m³)		26416				
İç duvar (m²)		6680				

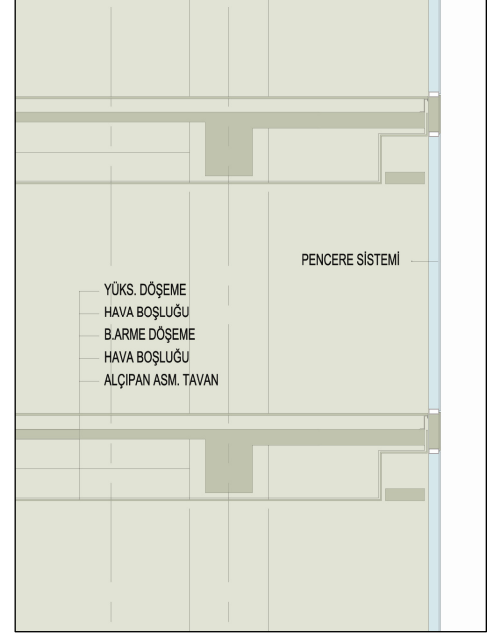
5.5.5 Binayı Oluşturan Yapı Bileşenlerine İlişkin Veriler**Duvarlar ve Dış Cepheler**

Duvar ve cephe özellikleri tüm katlarda aynıdır. Cephe sistemi genişliği 144 cm ve yüksekliği 343 cm alan cam bloklarından oluşur. Cam blokları arasında 5 cm genişliğinde alüminyum çerçeve bulunmaktadır. Güneye yönelen büyük cephede yatay parçalı gölgeleme elemanı bulunmaktadır ve cam sistemi bu cephede

gölgelenen ve gölgelenmeyen kısım olarak ikiye ayrılmıştır. Gölgelenmeyen kısmın zeminden itibaren yüksekliği 221cm ve gölgeli cam sisteminin yüksekliği 134 cm'dir. (Şekil 5.8) Kuzeybatı ve kuzeydoğu cepheleri gölgeleme elemanı olmaksızın saydamlık oranının %92 olduğu cam sistemleri şeklindedir.(Şekil 5.9) Tüm cephe sistemi boyunca döşemelerin cepheyle birleştiği yerlerde içten dışa doğru ısı yalıtımı ve metal kaplamadan oluşan bir opak bir şerit yer almaktadır. (Tablo 5.3)



Şekil 5.8: Ofis bloğu güney cephesi detayı



Şekil 5.9: Diğer cephelerin detayı

Tablo 5.3: Cephe opak kısmına ait katmanlar

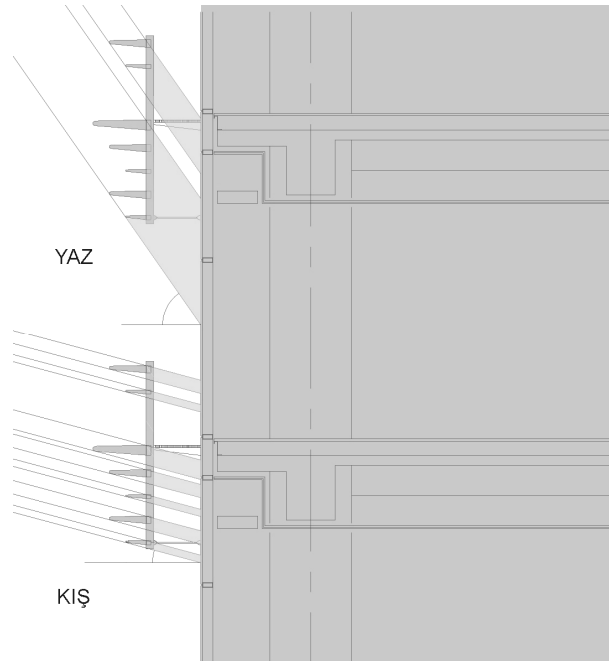
Katmanlar	Dış Duvar				
	Kalınlık (m)	İletkenlik		Özgül ısı (kJ/kgK)	Yoğunluk (kg/m³)
Polistren Isı Yalıtımı	0.13	0.11	0.03	1.25	20
Alüminyum Levha	0.005	720	200	3.43	2700
Hava Boşluğu	Direnç: 0.047 hm²K/kj				
Alüminyum Levha	0.005	720	200	3.43	2700
U Değeri	0.218 W/m²K				

Güney cephesinde yer alan gölgeleme elemanlarının gölgeleme değerlerini hesaplamak için, kış ve yaz dönemlerine ait tipik günlerde güneşin geliş açılarına ait saatlik değerlerinin ortalaması alınmıştır. Bu hesaplamada, İstanbul' ait konumsal

değerlere (41.01°N ve 28.96°E) göre güncel değerleri belirlemek için 2005 yılı, 21 Aralık ve 21 Temmuz günlerine ait saatlik veriler hesaplanmıştır. (Tablo 5.4) 21 Aralık için saat 08:00 ile 16:00 arasındaki değerlerin ortalaması 18° olarak hesaplanmıştır. 21 Temmuz için ise saat 08:00 ile 17:00 arasındaki değerlerin ortalaması 54° bulunmuştur. Kış ayı için güneşin geliş açısı 18°, yaz ayı için güneşin geliş açısı 54° olduğu kabul edilerek güney cephesindeki gölgeleme elemanlarının gölgeleme katsayısı kış ayı için %40, yaz ayı için %75 olarak hesaplanmıştır (Şekil5.10). Bu çalışmada farklı pencere sistemlerinin enerji performansı karşılaştırılacağı için gölgeleme elemanın bulunduğu tüm cephe parçaları (C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6) için aynı gölgeleme değerleri (%40 ve %70) kabul edilmiştir.

Tablo 5.4: Tipik günlere ait güneşin saatlik geliş açıları

Günler	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	Ortalama
21.Ara	12.7	19.4	23.9	25.5	24.2	20.1	13.7	5.5	-4	-14.4	18.1
21.Tem	44.6	55.3	64.3	69.2	67	59.2	49	37.9	26.6	15.4	54.3



Şekil 5.10: Güney cephesinde yer alan gölgeleme elemanlarının yaz ve kış aylarına ait gölgeleme durumları

Açık ofis ile çekirdek bölgesi arasındaki duvarlar ise taşıyıcı betonarme perde duvarlardır ve dış düzeylerinde bitirme katmanı olarak alçı sıva bulunmaktadır. Tablo 5.5'te iç duvara ait katmanlar görülmektedir.

Tablo 5.5: İç duvara ait katmanlar

İç Duvar					
Katmanlar	Kalınlık	İletkenlik		Özgül ısı	Yoğunluk
	(m)	(kJ/hmK)	(W/mK)	(kJ/kgK)	(kg/m ³)
Alçı Sıva	0.015	1.26	0.35	1	1200
Betonarme Perde Duvar	0.5	7.56	2.1	1	2400
Alçı Sıva	0.015	1.26	0.35	1	1200
U Değeri	2.025 W/m ² K				

Döşemeler

Her kattaki döşeme katmanlarının aynı olduğu kabul edilmiştir. Döşeme katmanlarına ait bilgiler Tablo 5.6'da görüldüğü gibidir. 26 katlı ofis bloğu aynı özelliklere sahip olduğu için tek bir bölge (zone) olarak tanımlanmıştır. Simülasyonda ilk kat döşemesi restorana komşu olarak tanımlanmış, diğer katlara ait döşemelerin toplam alanı alınarak iç döşeme olarak tanımlanmıştır.

Tablo 5.6: Döşemeye ait katmanlar

Döşeme					
Katmanlar	Kalınlık	İletkenlik		Özgül ısı	Yoğunluk
	(m)	(kJ/hmK)	(W/mK)	(kJ/kgK)	(kg/m ³)
Doğal Taş	0.03	1.26	0.35	1	2800
Hava Boşluğu	Direnc: 0.047 hm ² K/kj				
Betonarme Döşeme	0.125	7.56	2.1	1	2400
Hava Boşluğu	Direnc: 0.047 hm ² K/kj				
Alçıpan Asma Tavan	0.015	1.26	0.35	1	1200
U Değeri	1.673 W/m ² K				

Çatı

Ofis bloğunun bitişi üzerinde gezilebilen teras çatı şeklinde tasarlanmıştır. Çatı katmanlarına ait bilgiler Tablo 5.7'de görüldüğü gibidir.

Tablo 5.7: Çatı katmanları

Katmanlar	Çatı				
	Kalınlık (m)	İletkenlik		Özgül ısı (kJ/kgK)	Yoğunluk (kg/m ³)
Alçıpan Asma Tavan	0.015	1.26	0.35	1	1200
Hava Boşluğu	Direnc: 0.047 hm ² K/kj				
Betonarme Döşeme	0.125	7.56	2.1	1	2400
Polistren Isı Yalıtımı	0.04	0.11	0.03	1.25	20
Düzeltilme Betonu	0.06	2.52	0.7	1	1300
Yapıştırma Harcı	0.04	3.13	0.87	1	1800
Kompozit Taş Kaplama	0.03	12.6	3.5	1	2800
U Değeri	0.532 W/m ² K				

5.5.6 Binanın İşletme Sistemine İlişkin Veriler

Isıtma Sistemi

Açık ofis bölümünde ısıtma sisteminin hafta içi günlerde saat 7.00 ile 18.00 arasında 22°C, diğer zamanlarda 18 °C’de sabit olduğu ön görülmüştür. Çekirdek bölümünde ise 18 °C’de sabit olduğu ön görülmüştür. Ayrıca 1. ofis katı ile galeri katı arasında ısı akışı olacağı için, 1. ofis katına komşu olan galeri katında bulunan restoran için, kullanım süresinin hafta içi 12.00 ile 22.00 arası olduğu bu süre içinde 22°C, diğer zamanlarda 18 °C olacağı ön görülmüştür. (Tablo 5.8)

Tablo 5.8: Isıtma dönemine ait iç ortam sıcaklıkları

Mekanlar	Günler	Saat		Sıcaklık (°C)
Açık ofis	Hafta içi günleri	00:00	07:00	18 °C
		07:00	18:00	22 °C
		18:00	00:00	18 °C
	Haftasonu	24 saat		18 °C
Çekirdek	H.içi ve H.sonu	24 saat		18 °C
Restoran	Hafta içi günleri	00:00	12:00	18 °C
		12:00	22:00	22 °C
		22:00	00:00	18 °C
	Haftasonu	24 saat		18 °C

Soğutma Sistemi

Soğutma Sisteminin, soğutmanın istendiği haziran – ağustos ayları boyunca (yılın 3625. ile 5832. günleri arasında), hafta içi günlerde 08.00 ile 18.00 saatleri arasında sıcaklığın 26°C'yi geçtiği durumlarda aktif olduğu kabul edilmiştir. Ofis çalışma saatleri dışında ve hafta sonu ise ortam sıcaklığı 32°C'yi aştığında soğutma sisteminin devreye girdiği ön görülmüştür. (Tablo 5.9)

Tablo 5.9: Soğutma sisteminin devreye girdiyi sıcaklık değerleri

Mekanlar	Günler	Saat		Sıcaklık (°C)
Açık ofis Çekirdek	Hafta içi günleri	00:00	07:00	> 32 °C
		08:00	18:00	> 26 °C
		18:00	00:00	> 32 °C
	Haftasonu	24 saat		> 32 °C
Restoran	Hafta içi günleri	00:00	12:00	> 32 °C
		12:00	22:00	> 26 °C
		22:00	00:00	> 32 °C
	Haftasonu	24 saat		> 32 °C

5.5.7 İç Kazanımlar ve Kullanıcılara Ait Veriler

Çalışma Saatleri

Ofis bloğunun hafta içi günlerde saat 8.00 ile 18.00 arasında kullanıldığı diğer zamanlarda kullanılmadığı kabul edilmiştir (Tablo 5.10). İç kazanımlar, ısıtma sistemi ve soğutma sistemi bu çalışma programına bağlı olarak tanımlanmıştır.

Tablo 5.10: Örnek ofis kullanım programı

Günler	Saat		Kişi
Hafta içi günleri	00:00	07:00	0
	07:00	18:00	650
	18:00	00:00	0
Hafta sonu günleri	24 saat		0

İç Kazanımlar

Açık ofis bölümünde her katta 25 kişi çalışacağı öngörülerek toplam 650 kişinin çalıştığı kabul edilmiştir. Kullanıcılardan sağlanan kazanç için kişi başına düşen kazanım, ISO 7730'ya göre tanımlanmış TRNSYS programı kazanım listesinden 'oturarak hafif iş yapan kişiler' için 120 W/kişi değeri seçilmiştir. Bilgisayardan elde edilen kazanım; yine TRNSYS programı kazanım listesinden renkli monitörlü bilgisayar için 230W/pc değeri alınmıştır. Yapay aydınlatma sistemi için; %30 ısı yayını olan 5W/m²'lik aydınlatma elemanı seçilmiştir. Yapay aydınlatma sisteminin çalışma günlerinde sabah 08.00 ile 09.00 arası ve akşam 16.00-18.00 saatleri arasında aktif olduğu tanımlanmıştır. Diğer zaman dilimlerinde yapay aydınlatmaya ihtiyaç duyulmadığı ve bu zaman dilimlerinde yapay aydınlatmanın soğutma yüklerine etkide bulunmadığı kabul edilmiştir.

İnfiltrasyon Değeri

İnfiltration değeri olarak 0.1 değeri kabul edilmiştir.

5.6 Pencere Sistem Seçeneklerinin Ofis Binasının Isıtma ve Soğutma Yüklerine Etkisinin Değerlendirilmesi

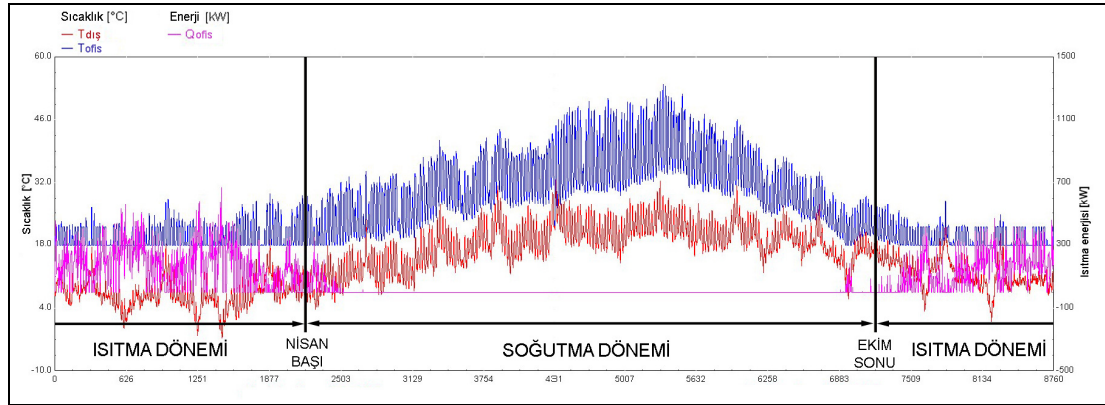
Pencere sistemlerinin ısıl performansını bina düzeyinde değerlendirmede, farklı pencere sistemlerinin örnek ofis binası 'Kanyon ofis binası' üzerinde ısıtma ve soğutma yükleri üzerinde etkileri ortaya konacaktır. Farklı pencere tipleri için TRNSYS programında simülasyonlar yinelenmiştir.

TRNSYS programında Bölüm 5.5.1'de belirtildiği gibi saatlik direk ışıınım, yaygın ışıınım, sıcaklık, rüzgar hızı ve bağıl nem verilerinin bulunduğu metenorm programı tarafından tanımlanan yıllık iklimsel verileri içeren TMY dosyası kullanılmıştır. Simülasyon sonucu TMY dosyası verilerine bağlı olarak bir yıl boyunca saatlik dış ortam sıcaklığı, iç ortam sıcaklığı ve ısıtma, soğutma yükleri çıktı olarak alınmıştır.

Isıtma sisteminin aktif olduğu kış ayları 'ısıtma dönemi' ve soğutma sisteminin aktif olduğu yaz ayları için 'soğutma dönemi' olarak tanımlanmıştır. Isıtma dönemi boyunca iç ortam sıcaklığının çalışma saatlerinde 22 °C, diğer zamanlarda 18°C'de

sabit olacağı, soğutma döneminde ise iç ortam sıcaklığı çalışma saatlerinde 26°C'yi diğer zamanlarda 32°C'yi aştığında soğutma sistemi devreye girmektedir.

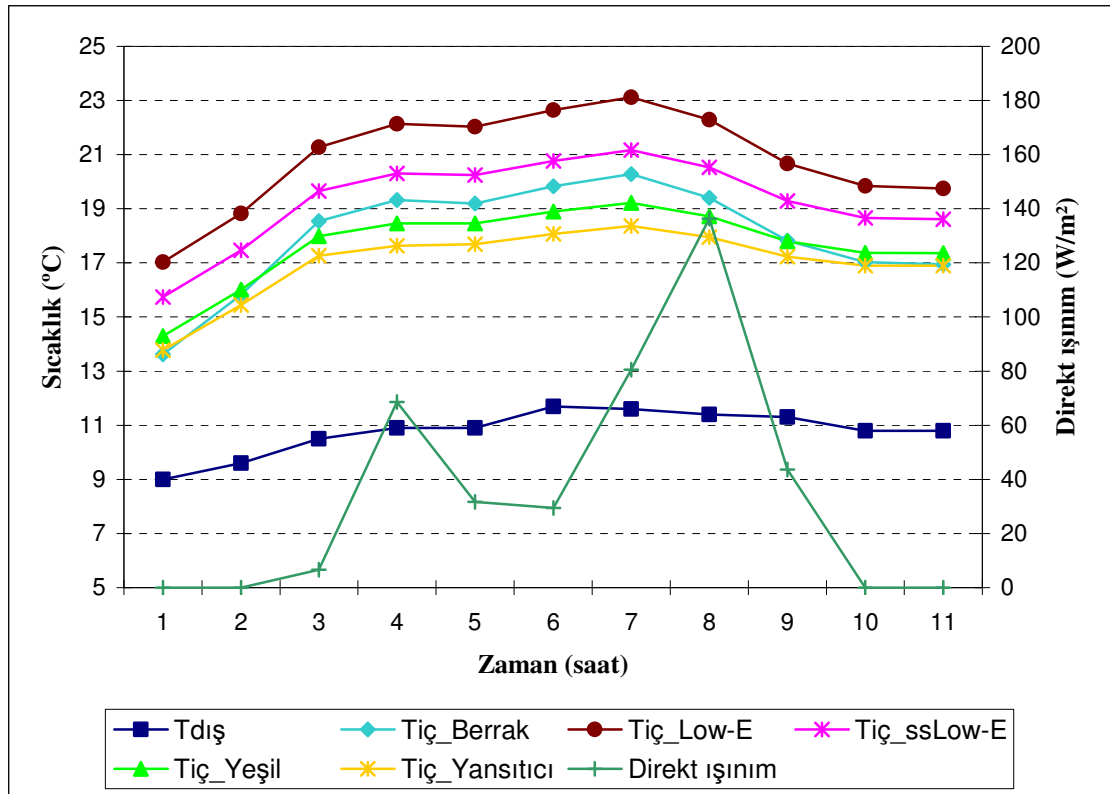
Çalışma boyunca yapılacak ısıtma ve soğutma dönem aralıklarını belirlemek için yıllık (0-8760 saatler boyunca) dış ortam sıcaklığı, ısıtma sistemi tanımlı olarak iç ortam sıcaklığı, ısıtma enerjisi miktarı değerlerine bakılmıştır. (Şekil 5.11) Isıtma döneminin ocak - mart ayları (0-2160 saatleri arasında) ve kasım - aralık sonuna kadar (7297-8760 saatleri arasında) etkin olduğu gözlenmiştir. 0 ile 2160 ve yine 7297 ile 8760 saatleri arası ısıtma dönemi olarak tanımlanmıştır. Nisan başından ekim sonuna kadar olan zaman aralığı (2161-7296 saatleri arası) soğutmanın istendiği dönem olarak belirlenmiştir. Simülasyonlar bu zaman dilimlerine göre yinelenmiştir.



Şekil 5.11: Kanyon ofis binası ile yapılan bina simülasyonu için kabul edilen ısıtma ve soğutma dönemleri

Farklı Pencere Sistemlerinin Bina Isıtma Enerjisi Üzerindeki Etkileri

Isıtma döneminde pencere sistemlerinin etkisini görebilmek için ısıtma sistemi kapalı iken farklı pencere seçeneklerine bağlı olarak iç ortam sıcaklığını ortaya koymak için direkt gün ışığının da hakim olduğu 19 Aralık günü çalışma saatleri boyunca iç ortam sıcaklığının değişimi gözlenmiştir. Şekil 5.12'de 19 Aralık günü 8.00 ile 18.00 saatleri arasında dış hava sıcaklığı ve pencere sistemlerine bağlı olarak iç ortam sıcaklıkları görülmektedir.



Şekil 5.12: 19 Aralık günü dış hava sıcaklığı ve farklı pencere sistemlerine ait iç hava sıcaklıkları

Grafikten görüldüğü gibi 19 Aralık günü çalışma saatlerinde dış hava sıcaklığı maksimum 11.70°C ye ulaşmaktadır. Berrak camlı pencere sistemi (C_C) kullanıldığında ortalama iç ortam sıcaklığı maksimum 20.28°C, Low-E camlı pencere sistemi (C_E) kullanıldığında maksimum 23.12 °C, ssLow-E camlı pencere sistemi (EE_C) ile 21.17°C, yeşil camlı pencere sistemi ile 19.22 °C ve yansıtıcı camlı pencere sistemi (S_E) ile 18.36°C sıcaklığı bulmaktadır. Düşük emissivite değerleri ile uzun dalga boylu iç ışıınımları geri yansıtan ve yüksek güneş ısı kazanç değerine sahip Low-E ve ssLow-e camlı pencere sistemlerinin oluşturduğu iç ortam sıcaklıkları en yüksektir. Yeşil camlı ve yansıtıcı pencere sistemlerinde de Low-E cam bulunmasına rağmen SHGC değerleri düşük olduğu için iç ortam sıcaklıkları Low-E ve ssLow-E camlı pencere sistemleri ile elde edilen iç ortam sıcaklığı kadar yüksek değildir. Pencere sistem seçenekleri ısıtma dönemi boyunca aynı performansı göstermiş olup, yine en yüksek iç ortam sıcaklıkları Low-E camlı pencere sistemi ile elde edilmiştir. Isıtma dönemi boyunca minimum, maksimum ve ortalama dış hava sıcaklığı ve iç ortam sıcaklıklarına ait değerler Tablo 5.11’de görülmektedir.

Tablo 5.11: Isıtma dönemi boyunca ısıtma sistemi kapalı iken dış hava sıcaklığı ve iç hava sıcaklıkları

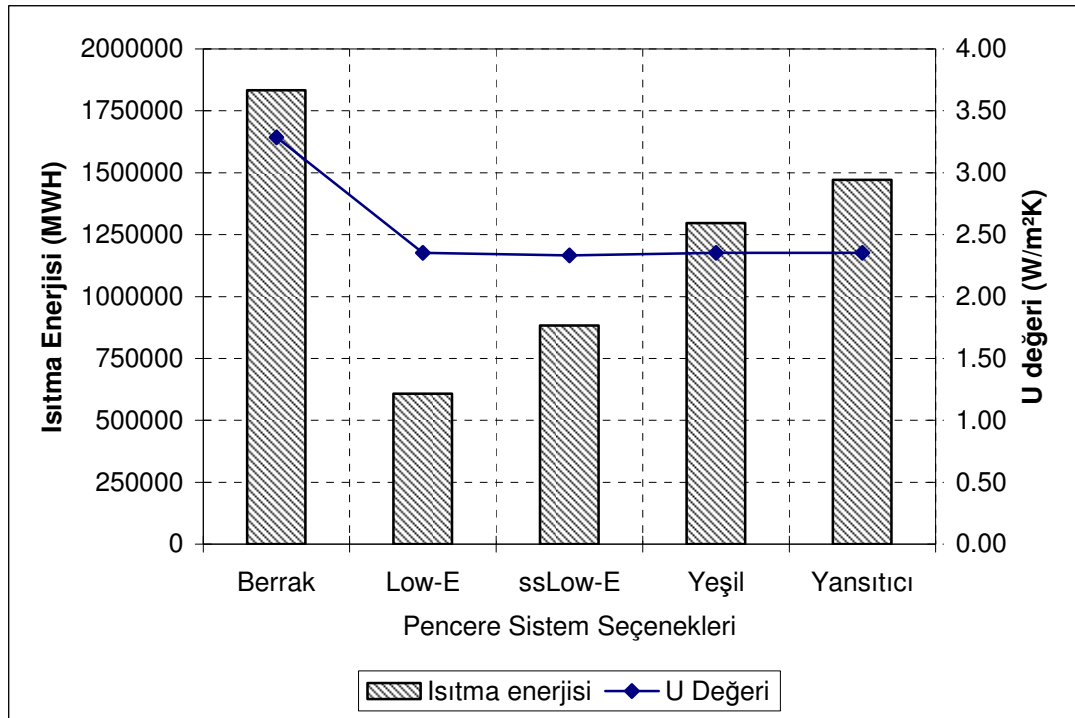
Isıtma Dönemi	T _{dış}	Tiç_Berrak	Tiç_Low-E	Tiç_ssLow-E	Tiç_Yeşil	Tiç_Yanstc.
Minimum Sıcaklık (°C)	-2.60	6.55	11.17	9.71	8.04	7.45
Maksimum Sıcaklık (°C)	24.40	31.76	34.31	30.75	27.41	26.33
Ortalama Sıcaklık (°C)	8.95	16.26	19.79	17.91	15.92	15.13

Bina düzeyinde tanımlamada, ısıtma sistemi için ortam sıcaklığının çalışma saatlerinde 22°C, diğer zamanlarda 18°C olarak tanımlanmıştır. Eleman düzeyinde tanımlanmış pencere sistemlerinin kullanıldığı Kanyon ofis binasında ısıtma dönemi boyunca (ocak-mart ayları ile kasım-aralık ayları boyunca) aylık ve yıllık toplam ısıtma yükleri Tablo 5.12’de görülmektedir.

Tablo 5.12: Farklı pencere tiplerine ait aylık ve yıllık ısıtma enerjileri

Isıtma Dönemi	Berrak C.	Low-E C.	ssLow-E C.	Yeşil C.	Yansıtıcı C.
Ocak	542872	218395	288095	377344	411118
Şubat	432797	145687	218828	318819	359348
Mart	338428	79611	146165	257909	310148
Kasım	95173	5424	20344	63280	87467
Aralık	424054	158018	210103	279634	302555
Yıllık Isıtma Enerjisi (MWh)	1833324	607135	883535	1296986	1470636
Yıllık Isıtma Yüğü (MWh/m²)	80	27	39	57	64

Kanyon ofis binası üzerinde kullanılan pencere sistemlerinin U değeri ısıtma enerjisi ilişkisi Şekil 5.13’da, pencere sistemlerine ait SHGC değeri ile ısıtma enerjisi arasındaki ilişki Şekil 5.14’de görülmektedir.

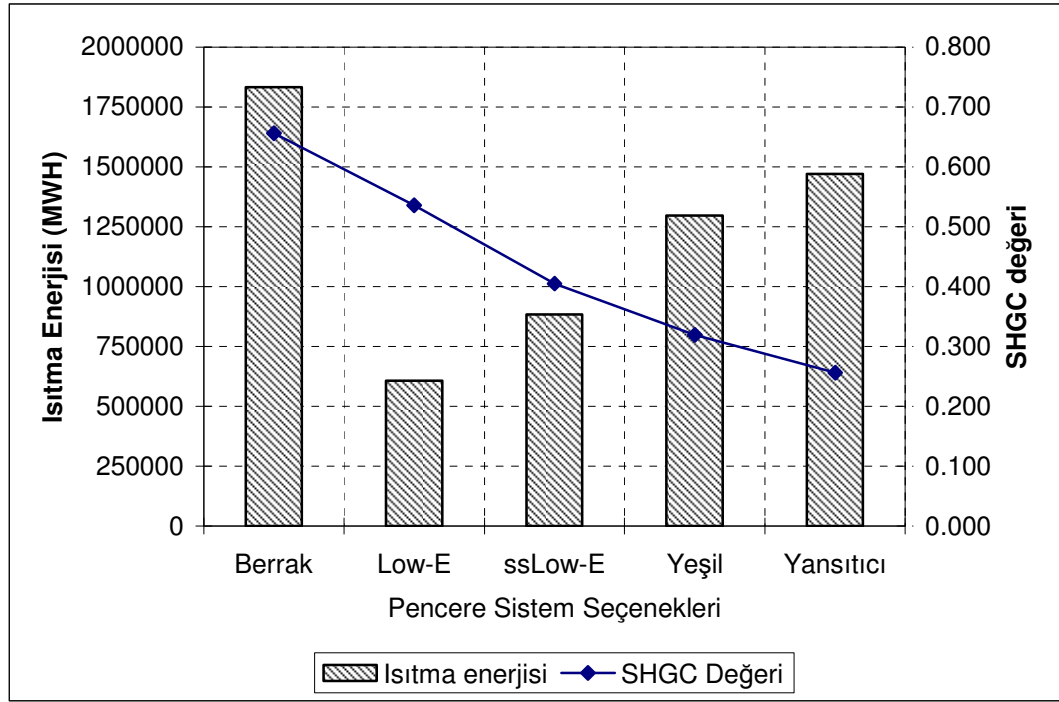


Şekil 5.13: Kanyon ofis binası üzerinde tanımlanan farklı pencere sistem seçeneklerine ait U değeri – Isıtma enerjisi ilişkisi

Grafikten görüldüğü gibi ısı iletkenlik değerinin iyileşmesi ısıtma enerjisi miktarının azaltmaktadır. U değeri 3.286 W/m²K olan berrak cam sisteminin ısıtma yükü en yüksektir. U değeri iyileştiğinde ısıtma yüklerinde büyük düşüşler olmuştur. Ancak diğer cam sistemlerinin U değeri birbirine yakın değerlerde olduğu halde ısıtma yükü değerlerinin birbirinden farklı olduğu görülmektedir.

Isıtma yüklerini değerlendirirken ısı iletkenlik değeri (U değeri) ve güneş ısı kazanç değeri (SHGC değeri) beraber ele alınmalıdır. Isı iletkenlik değerindeki düşüş ısıtma yüklerinin azalmasına neden olurken, güneş ısı kazanç değerinin yüksek olması ısı kazanımı sağlamakta ve ısıtma yüklerinin azalmasına yardımcı olmaktadır. Berrak cam sistemi 0.656 gibi büyük bir SHGC değerine sahiptir ancak U değeri 3.286 ile yüksek olduğu için binada ihtiyaç duyulan ısıtma enerjisi 1833324 MWh değeri ile en yüksek değere sahiptir. Low-E, ssLow-E, yeşil camlı ve yansıtıcı camlı pencere sistemlerinin U değeri birbirine çok yakın olup, 2.3 W/m²K civarındadır, SHGC değerleri birbirinden farklı olduğu için bu durum ısıtma yüklerinin farklı olmasına neden olmuştur. Yansıtıcı camlı pencere sisteminin (S_E) SHGC değeri 2.56 olup binada 1470636 MWh ısıtma enerjisine ihtiyaç duyulmaktadır. Yeşil camlı pencere sisteminin (G_E) SHGC değeri 0.319 olup binada 1296986 MWh ısıtma enerjisine

ihtiyaç duyulmaktadır. Yeşil camlı pencere sisteminin (G_E) SHGC değerinin yansıtıcı camlı pencere sisteminin (S_E) SHGC değerine göre %24.60'lık artış göstermesi bina ısıtma ihtiyacının % 11.80 oranında azaldığı görülmektedir. ssLow-E camlı pencere sisteminin (EE_C) SHGC değeri 0.405'dir ve yansıtıcı camlı pencere sisteminin SHGC değerine göre % 58.20 oranla daha yüksektir, bina ihtiyaç duyulan ısıtma enerjisi ise 883535 MWh değeri ile yansıtıcı camlı pencere sistemine % 39.92 oranla daha az ısıtma enerjisine ihtiyaç duyulmaktadır. Low-E camlı pencere sisteminin (C_E) SHGC değeri 0.536 olup yansıtıcı cam sistemine % 109.37 oranında yükselme ile binada ihtiyaç duyulan ısıtma enerji ihtiyacı 607135 MWh gibi bir değere inmiş, yansıtıcı camlı pencere sistemine (S_E) göre % 58.71 oranla çok daha az enerji giderine ihtiyaç duyulmaktadır.



Şekil 5.14: Kanyon ofis binası üzerinde tanımlanan farklı pencere sistem seçeneklerine ait SHGC değeri – Isıtma enerjisi ilişkisi

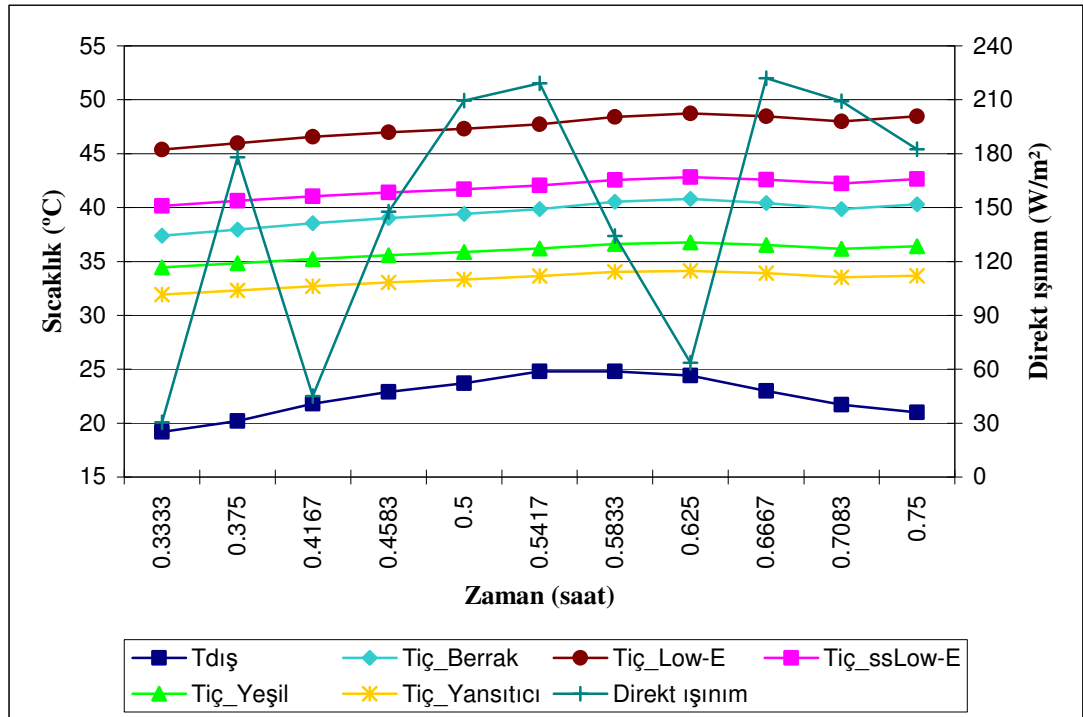
Bina düzeyinde duyulan enerji ihtiyaçları göz önünde bulundurularak değerlendirmeden görüldüğü gibi düşük emissivite değerine sahip Low-e camlı pencere sistemlerinin kullanımı düşük ısı iletkenlik değerleri ile berrak cama göre daha iyi performans sağlamaktadır. Güneş ısı kazanç katsayısının yüksek olması da ısıtma enerji yüklerinin azalmasına etkili olmuştur. Düşük yayınlı Low-e cam sistemi 2.352 W/m²K u değeri ve 0.536 gibi yüksek bir SHGC değeri ile ısıtma

döneminde en iyi performansı göstermiştir. Ancak, ofis binalarında soğutma yüklerinin ön plana çıkmaktadır ve soğutma dönemi boyunca pencere sistemlerinin güneş kontrolü sağlaması beklenmektedir. Bu yüzden soğutma döneminde güneş ısı kazanç değerinin soğutma yükleri üzerindeki etkilerinin de üzerinde durulmalıdır.

Farklı Pencere Sistemlerinin Bina Soğutma Enerjisi Üzerindeki Etkileri

Ofis binalarında, çalışma süresi boyunca güneş kazanımların, kullanıcı, ekipman ve yapay aydınlatmadan kaynaklanan iç kazanımların fazla olması nedeniyle soğutma yüklerinin fazla olması enerji etkin ofis bina tasarımında soğutma yüklerini ön plana çıkardığını Bölüm1’de belirtilmiştir. Soğutma yüklerinin azaltılmasında pencere sistemlerinden gerekli güneş kontrolünü sağlaması beklenmektedir. Soğutma yükleri açısından pencere sistemlerinin SHGC değeri üzerinde durulmaktadır.

Kanyon ofis binası üzerinde tanımlanan pencere sistemleri soğutma döneminde farklı performanslar göstermiştir. Farklı pencere sistemlerinin kullanılmasıyla iç ortam sıcaklığının nasıl bir değişiklik gösterdiği gözlemlemek için soğutma sisteminin kapalı iken 21 Temmuz günü 8:00 ile 18:00 arasında sıcaklık değerleri ele alınmıştır. (Şekil 5.15)



Şekil 5.15: 21 Temmuz günü dış hava sıcaklığı ve iç hava sıcaklıkları

Direkt Gün ışığının hakim olduğu 21 Temmuz günü 8:00 ile 18:00 arasında dış hava sıcaklığı maksimum 24.80 °C'yi bulmaktadır. Dış ortam sıcaklığına bağlı olarak, Kanyon ofis binasında iç ortam sıcaklığı iç kazanımlarının da etkisi ile çok yüksek değerlere çıkmaktadır. Berrak camlı pencere sistemi (C_C) ile oluşturulan ortamda sıcaklık 40.80 °C'ye kadar çıkmıştır. Güneş ısı kazançları ve iç ortamdaki uzun dalga boylu enerjileri geri yansıtması nedeniyle Low-E camlı pencere sistemi (C_E) ile iç ortam sıcaklığı ortalaması 48.72 °C ve ssLow-E camlı pencere sistemi (EE_C) ile iç ortam sıcaklığı 42.81 °C'ye kadar çıkmıştır. Yeşil ve yansıtıcı camlı pencere sistemleri güneş ışınımının bir kısmını geri yansıtıkları ve SHGC değerleri düşük olduğu için iç ortam sıcaklıkları biraz daha düşüktür. Yeşil camlı pencere sistemi (G_E) kullanılması ile elde edilen iç ortam sıcaklığı ortalaması 36.77 °C ve yansıtıcı camlı pencere sisteminin (S_E) kullanılması ile elde edilen iç ortam sıcaklık ortalaması 34.14 °C'dir. Soğutma dönemi boyunca soğutma sistemi kapalı iken dış ortam sıcaklığı ve farklı pencere sistemlerinin kullanılmasıyla elde edilen iç ortam sıcaklıklarının minimum, maksimum ve ortalama sıcaklık değerleri Tablo 5.13'de görülmektedir. Soğutma dönemi boyunca bu sıcaklık değerlerinden görüldüğü gibi pencere sistemlerinin performansı aynı kararlılıktadır. Berrak camlı, Low-E ve ssLow-E camlı pencere sistemleri kullanıldığında ortam sıcaklıkları yüksek, yeşil cam ve yansıtıcı cam kullanıldığında ortam sıcaklıklarının daha düşük olduğu gözlenmektedir.

Tablo 5.13: Soğutma dönemi boyunca dış hava sıcaklığı ve iç hava sıcaklıkları

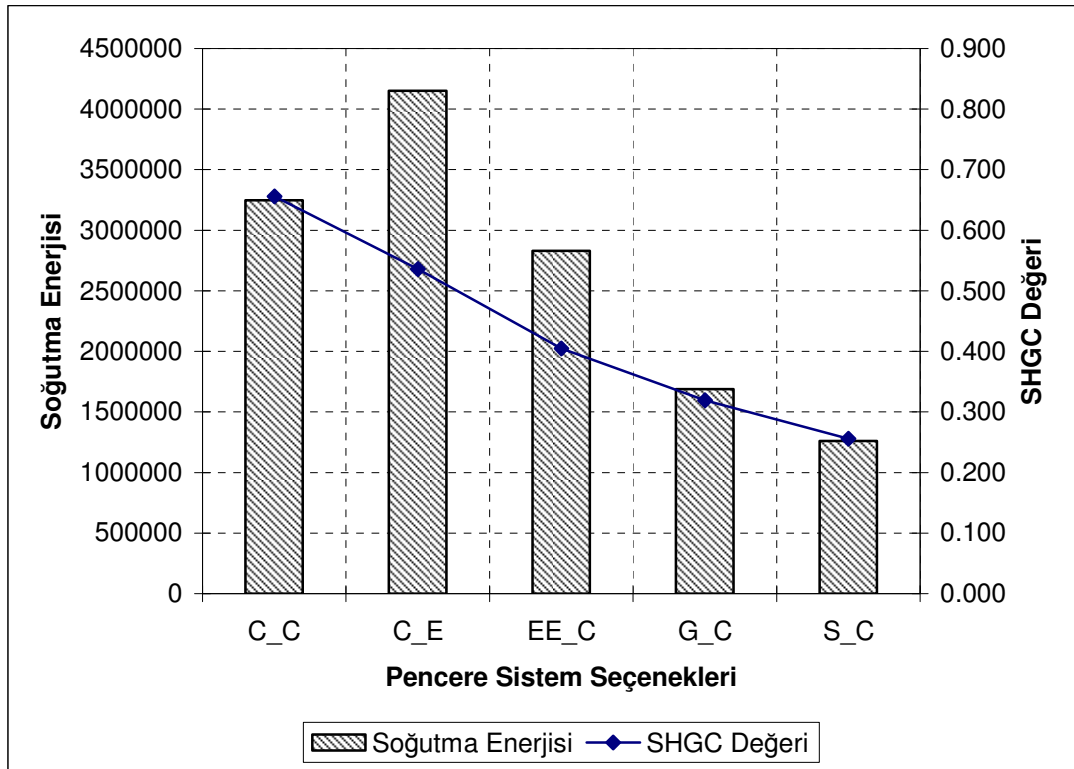
Soğutma Dönemi	T _{dış}	Tiç_Berak	Tiç_Low-E	Tiç_ssLow-E	Tiç_Yeşil	Tiç_Yanste.
Minimum Sıcaklık (°C)	5.30	15.26	18.63	17.58	16.39	15.97
Maksimum Sıcaklık (°C)	32.70	51.20	58.82	51.76	44.38	40.97
Ortalama Sıcaklık (°C)	18.09	30.34	36.27	32.71	28.83	27.23

Farklı pencereler kullanılarak Kanyon ofis bloğunda açık ofis kısmında ihtiyaç duyulan aylık ve yıllık soğutma enerjisi miktarı Tablo 5.14 görülmektedir. Açık ofis alanında nisan ve ekim ayların ihtiyaç duyulan soğutma enerjisi düşük olmakla beraber yaz aylarında iyice artmaktadır. Pencere sistemlerinin SHGC değerine ve optik özelliklerine bağlı olarak soğutma enerji miktarının farklılaştığı görülmektedir.

Tablo 5.14: Farklı pencere tiplerine ait aylık ve yıllık soğutma enerjileri

Soğutma Yüğü	Berrak C.	Low-E C.	ssLow-E C.	Yeşil C.	Yansıtıcı C.
Nisan	210877	360644	184134	57849	21348
Mayıs	574056	766934	500920	254306	157836
Haziran	742229	904492	629193	379366	283423
Temmuz	808927	952776	687987	450168	355352
Ağustos	582973	685817	506460	349868	289737
Eylül	277513	361894	257989	172384	137066
Ekim	51814	119479	63126	24975	14994
Yıllık Soğutma Enerjisi (MWh)	3248390	4152036	2829808	1688916	1259756
Yıllık Soğutma Yüğü (MWh/m²)	142	181	124	74	55

Pencere sistemlerinin güneş ısı kazanç katsayısı bina soğutma yükleri üzerinde etkilidir. Pencere sistemlerine ait SHGC değerleri ile soğutma enerjisi ilişkisi Şekil 5.16’de görülmektedir.



Şekil 5.16: Kanyon ofis binası üzerinde tanımlanan farklı pencere sistem seçeneklerine ait SHGC değeri – Soğutma enerjisi ilişkisi

SHGC değerinin düşük olması iyi güneş kontrolü sağlar ve bu durum soğutma enerjilerinin azalmasına yardımcı olur, ancak sisteme ait diğer özelliklerin ve bina ilgili özellikleri de ortaya konması gerekir. Şekil 5.16'da görüldüğü gibi berrak cam sistemi (C_C) SHGC değeri 0.656 ile ortamda 3248390 MWh soğutma enerji ihtiyacı duyulmaktadır. Low-e camlı pencere sisteminin (C_E) SHGC değeri 0.536'dır ve 4152036 MWh soğutma enerji ihtiyacı duyulmaktadır. Low-E camlı pencere sisteminin SHGC değeri berrak camlı pencere sistemine göre düşük olmasına rağmen, düşük emissivite değerine sahip kaplamaya sahip olduğu için içerine oluşan uzun dalga boylu ışınlamaları geri yansıttığı için iç kazanımların etkisi Low-E cam sisteminin kullanıldığı ortamda daha ihtiyaç duyulan soğutma enerji miktarı da çok artmıştır. ssLow-E camlı, yeşil camlı ve yansıtıcı camlı pencere sistemlerinde de emissivite değeri düşük kaplamalar vardır ancak SHGC değerlerinin düşük olması soğutma yüklerinin Low-E cam sistemine göre daha düşük olmasına yardımcı olmuştur.

ssLow-E camlı pencere sisteminde (EE_C) düşük emissivite değerine sahip spektral seçici cam yer almaktadır, spektral seçici özelliği ile gün ışığı geçirgenlik değeri yüksek, güneş ışığı kazanç değeri düşüktür. Bu özelliği ile Low-e camlara göre daha çok güneş kontrolü sağlarlar. ssLow-E cam sisteminin SHGC değeri 0.405 ve ihtiyaç duyulan soğutma enerjisi 2829808 MWh'dır. SHGC değeri Low-E camlı pencere sistemine %24.44 oranla daha düşük olmakla beraber soğutma enerji ihtiyacı %31.84 azalma olmuştur. Berrak camlı pencere sisteminin SHGC değerine göre %38.26 oranla daha düşük SHGC değerine sahiptir ve berrak camlı pencere sistemine göre düşük emissivite değerine sahip olduğu için %12.88 oranla daha düşük soğutma yüküne sahiptir. Yeşil camlı pencere sisteminin (G_E) SHGC değeri 0.319 dur 1688916 MWh değerinde soğutma yükü ihtiyacı gerektirmektedir. Yeşil camlı pencere sistemi (G_E), Low-E camlı pencere sistemine (C_E) göre % 40.48 oranında daha düşük SHGC değerine sahiptir ve Low-E sisteminin soğutma yüküne göre %59.32 oranında daha az soğutma yükü ihtiyacına gerek duyulmaktadır. Yeşil camlı pencere sistemi berrak camlı pencere sistemi göre %51.37 oranında daha düşük SHGC değerine sahiptir ve berrak camlı sisteme göre %48 oranında daha düşük soğutma enerjisi ihtiyacına gerek duyulmaktadır. Yansıtıcı cam sisteminin SHGC değeri 0.256 ile 1259756 MWh değerinde soğutma enerjisine ihtiyaç duyulmaktadır. Yansıtıcı cam sistemi, Low-E cam sistemine göre %52.23 oranında daha düşük

SHGC değerine sahiptir ve ihtiyaç duyulan soğutma enerji ise %69.65 oranında daha düşüktür. Berrak cam sistemine göre %60.97 oranında daha düşük SHGC değerine sahiptir ve %61.21 oranla daha düşük soğutma enerjisine ihtiyaç duyulmaktadır.

Pencere sistemi seçiminde bina ısıtma ve soğutma enerjileri bakımından değerlendirme yapılırken doğal aydınlatmaya duyulan ihtiyaçta göz önünde bulundurulmalıdır. Binalarda soğutma enerjisi gereksinimi azaltmak için pencere sistemlerinin güneş kontrolü sağlaması beklenir. Güneş kontrolü sağlamak amacıyla tercih edilen renkli ve yansıtıcı camların gün ışığı geçirgenlik değerleri (Tvis) değerleri düşüktür. Berrak camlı pencere sisteminin (C_C) gün ışığı geçirgenlik değeri (VT) 0.651, Low-E camlı pencere sisteminin (C_E) VT değeri 0.659, ssLow-E camlı pencere sisteminin (EE_C) VT değeri 0.581 ile doğal aydınlatma bakımından iyi performans gösterirler. Soğutma enerjisi ihtiyacı bakımından iyi performans gösteren yeşil camlı pencere sistemi (G_E) ve yansıtıcı camlı pencere sisteminin (S_E) gün ışığı geçirgenlik değerleri sırası ile 0.491 ve 0.230'dur ve bu değerler kullanıcıların doğal aydınlatma ihtiyacı ve dış ortamla görsel ilişki kurma ihtiyaçları bakımından yeterli değildir.

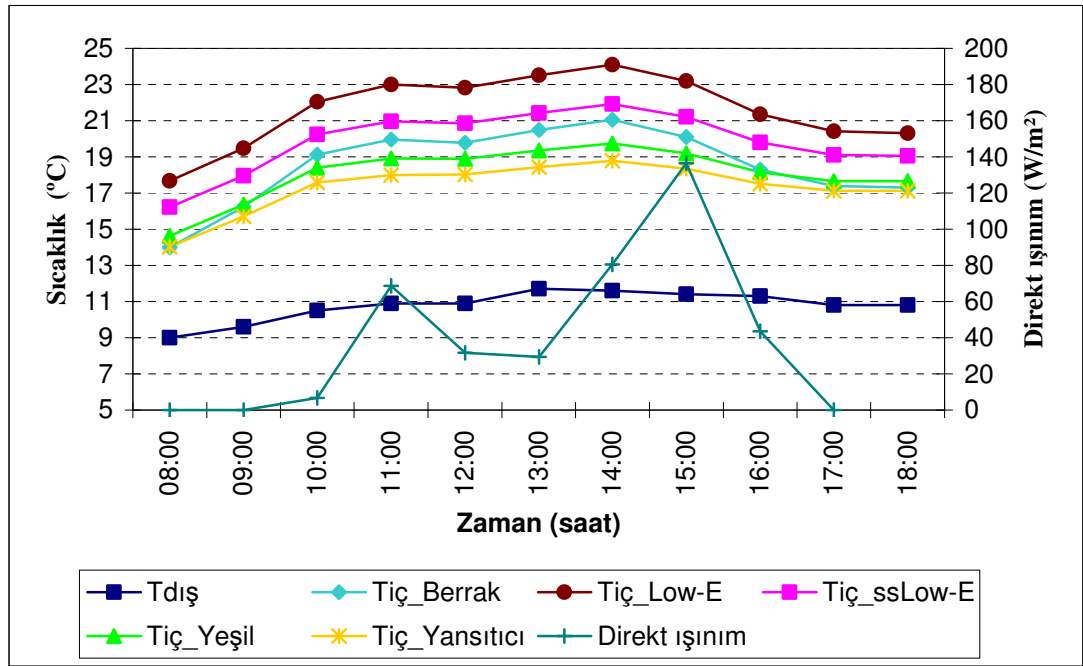
5.7 Güneş Kontrol Elemanının Bina Isıtma ve Soğutma Enerjileri Üzerindeki Etkileri

Güneş kontrol elemanının bina enerji giderleri üzerindeki etkilerini görmek için aynı simülasyon çalışmaları model üzerinde güneş kontrol elemanı olmaksızın tekrarlanmıştır. Güneş kontrol elemanının olduğu farklı pencere seçeneklerine ait enerji değerleri ile bu bölümde güneş kontrol elemanı olmaksızın elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak ele alınmıştır.

Güneş Kontrol Elemanının Bina Isıtma Yüğü Üzerindeki Etkileri

Güneş kontrolü olmaksızın oluşturulan model üzerinde direkt gün ışığının hakim olduğu 19 Aralık günü çalışma saatleri boyunca dış ortam sıcaklığı ve iç ortam sıcaklıklarına ait grafik Şekil 5.17'de görülmektedir. Dış ortam sıcaklığı maksimum 11.70 °C olduğu durumda berrak camlı pencere sistemi kullanıldığında iç ortam sıcaklığı maksimum 21.05 °C, Low-E camlı (C_E) pencere sistemi ile 24.09 °C, ssLow-E camlı (EE_C) pencere sistemi ile 21.91 °C, yeşil camlı (G_C) pencere

sistemi ile 19.75 °C ve yansıtıcı camlı (S_E) pencere sistemi ile 18.78 °C sıcaklıklara ulaşılmaktadır. Bu değerler, Güneş kontrol elemanının kullanıldığı durumda elde edilen ve Şekil 5.13’de görülen değerlerle aralarında büyük farklar yoktur. Bütün ısıtma dönemi boyunca minimum, maksimum ve ortalama sıcaklık değerlerine bakıldığında, güneş kontrolü olmaksızın elde edilen değerlerin (Tablo 5.15), daha önce elde edilen güneş kontrol elemanının var olduğu değerlerden (Tablo 5.11) yine çok farklı olmadığı görülmektedir. Bu sonuçlardan güneş kontrol elemanının ısıtma dönemi boyunca iç sıcaklıkların üzerinde etkili olmadığı görülmektedir.



Şekil 5.17: 19 Aralık günü dış hava sıcaklığı ve güneş kontrol elemanı olmaksızın iç hava sıcaklıkları

Tablo 5.15: Isıtma dönemi boyunca dış hava sıcaklığı ve iç hava sıcaklıkları

Isıtma Dönemi	Tdış	Tiç_Berrak	Tiç_Low-E	Tiç_ssL.	Tiç_Yeşil	Tiç_Yanste.
Minimum Sıcaklık (°C)	-2.60	6.92	11.77	10.18	8.35	7.70
Maksimum Sıcaklık (°C)	24.40	31.75	36.03	32.09	28.34	26.80
Ortalama Sıcaklık (°C)	8.95	16.85	20.62	18.56	16.37	15.48

Güneş kontrol elemanı bulunmaksızın tekrarlanan simülasyon sonuçlarına göre ihtiyaç duyulan ısıtma enerjileri Tablo 5.16’da görülmektedir. Bu değerler güneş kontrol elemanı mevcut iken alınan duyulan enerji miktarlarına oranla daha düşük değerlerdedir.

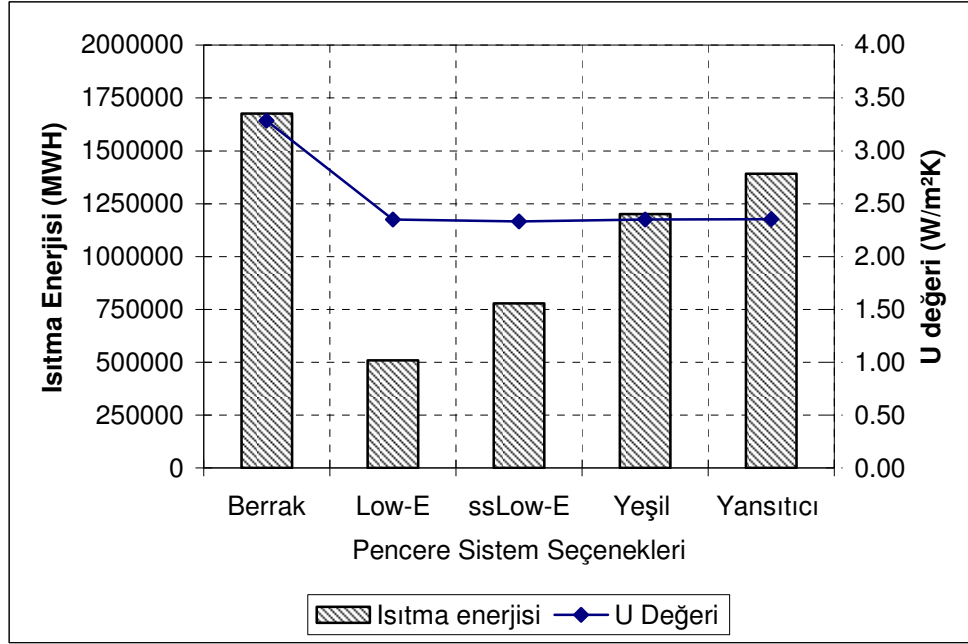
Tablo 5.16: Güneş kontrol elemanı olmaksızın farklı pencere tiplerine ait aylık ve yıllık ısıtma enerjileri

Isıtma Dönemi	Berrak C.	Low-E C.	ssLow-E C.	Yeşil C.	Yansıtıcı C.
Ocak	507122	188274	261095	357243	395513
Şubat	397582	117967	192335	296335	341164
Mart	299726	62667	121785	232520	287541
Kasım	73603	3071	12377	50063	75605
Aralık	398809	135674	191859	264792	291669
Yıllık Isıtma Enerjisi (MWh)	1676844	507653	779451	1200953	1391493
Yıllık Isıtma Yüğü (MWh/m²)	73	22	34	52	61

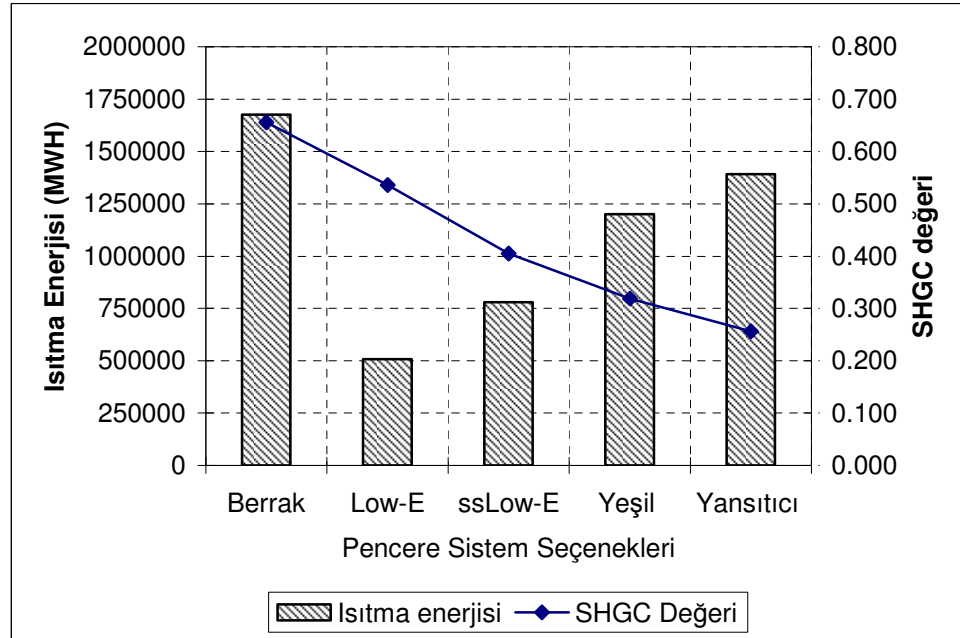
Güneş kontrol elemanı olmaksızın berrak camlı (C_C) pencere sistemi kullanıldığında ihtiyaç duyulan ısıtma enerji 1676844 MWh’dır ve güneş kontrol elemanının mevcut olduğu ısıtma yüküne (1833324 MWh) göre % 8.54 oranında azalma görülmektedir. Low-E camlı (C_E) pencere sistemi ile ihtiyaç duyulan ısıtma enerjisi 507653 MWh ile güneş kontrol elemanının mevcut olduğu duruma göre %16.38 oranında bir azalma görülmektedir. ssLow-E camlı (EE_C) pencere sistemi ile ihtiyaç duyulan ısıtma enerjisi 779451 MWh ve gölgeleme elemanının mevcut olduğu duruma göre % 11.78 oranında bir azalma görülmektedir. Yeşil camlı (G_C) pencere sisteminde 1200953 MWh ısıtma enerjisi ile %7.40 ve yansıtıcı camlı (S_C) pencere sisteminde 1391493 MWh ısıtma enerjisi ile %5.38 oranında bir azalma görülmektedir.

Low-E ve ssLow-E camlı sistemlerin güneş ısı kazanç katsayısı (SHGC), yeşil ve yansıtıcı camlı pencere sistemine göre daha büyük olduğu için ve aynı zamanda emissivite değerlerinin de düşük olması ile düşük ısı iletkenlik değeri (U değeri) ile güneş kontrol elemanın etkisi en çok bu pencere sistemlerinde görülmektedir (Şekil 5.18 ve Şekil 5.19). Berrak camlı sistemin de SHGC değeri yüksek olması güneş enerjisinden pasif kazanımları artırmaktadır. Ancak, emissivite değerinin yüksek

olmasına bağı olarak ısı iletkenlik değerin yüksek olması nedeniyle güneş kontrol elemanı sistemin performansını çok fazla etkilememiştir.



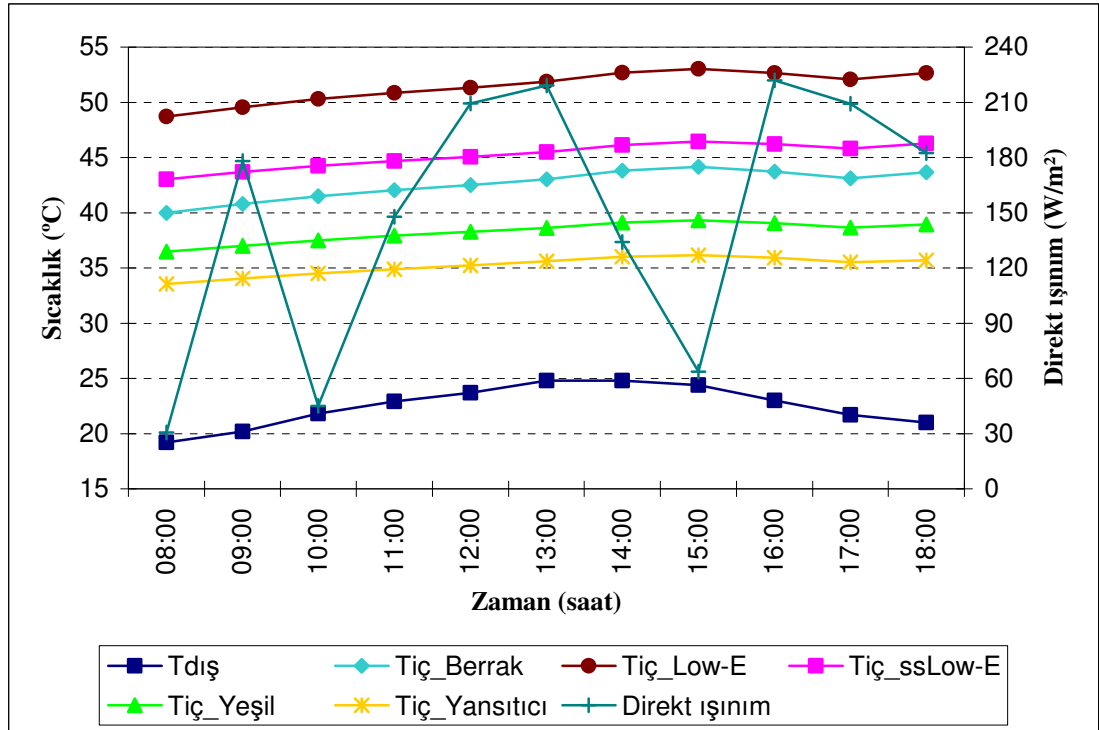
Şekil 5.18: Güneş kontrol elemanı olmaksızın farklı pencere sistem seçeneklerine ait U değeri – ısıtma enerjisi ilişkisi



Şekil 5.19: Güneş kontrol elemanı olmaksızın farklı pencere sistem seçeneklerine ait SHGC değeri – ısıtma enerjisi ilişkisi

Güneş Kontrol Elemanının Bina Soğutma Yüğü Üzerindeki Etkileri

Güneş kontrol elemanlarının performansını değerlendirmede, direkt gün ışınının fazla olduğu dönemde etkin olması nedeniyle soğutma dönemi boyunca gösterdiği performansı dikkate alınmalıdır. Direkt gün ışınının hakim olduğu 21 Temmuz günü güneş kontrol elemanı olmaksızın çalışma saatleri boyunca dış ortam ve iç ortam sıcaklıkları Şekil 5.20’de görülmektedir. Dış ortam sıcaklığını maksimum 24.80 °C olduğu koşullarda, güneş ısı kazancı ve iç kazançlara bağlı olarak sıcaklıklar berrak camlı pencere sistemi ile maksimum 43.82 °C, Low-E camlı pencere sistemi ile 52.47 °C, ssLow-E camlı pencere sistemi ile 46.13 °C, yeşil camlı pencere sistemi ile 39.11 °C ve yansıtıcı camlı pencere sistemi ile 36.02 °C sıcaklığa ulaşmaktadır. Bu sıcaklık değerleri güneş kontrol elemanının mevcut olduğu durumda elde edilen sıcaklık değerlerinden 3 °C ile 4 °C arasında daha yüksek değerlerdedir. Soğutma dönemi boyunca minimum, maksimum ve ortalama sıcaklık değerlerine bakıldığında minimum sıcaklık değerlerinde 1 °C, ortalama sıcaklık değerlerinde 2 °C ve maksimum sıcaklık değerlerin de 3 °C ile 4 °C arasında değişme olduğu görülmektedir. (Tablo 5.17)



Şekil 5.20: 21 Temmuz günü dış hava sıcaklığı ve gölgeleme elemanı olmaksızın iç hava sıcaklıkları

Tablo 5.17: Soğutma dönemi boyunca dış hava sıcaklığı ve iç hava sıcaklıkları

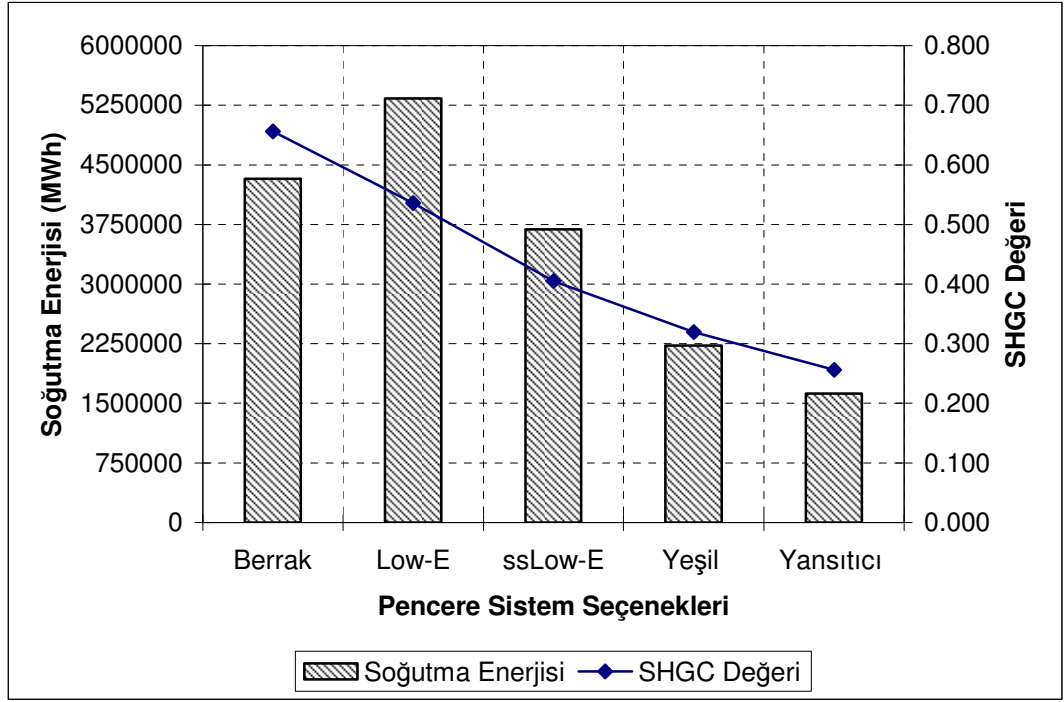
Soğutma Dönemi	Tdış	Tiç_Berrak	Tiç_Low-E	Tiç_ssLow-E	Tiç_Yeşil	Tiç_Yansıtıcı
Minimum Sıcaklık (°C)	5.30	16.19	19.79	18.50	17.02	16.46
Maksimum Sıcaklık (°C)	32.70	55.66	64.35	56.40	47.70	43.63
Ortalama Sıcaklık (°C)	18.09	32.54	39.20	35.12	30.55	28.59

Güneş kontrol elemanının ihtiyaç duyulan soğutma enerjisi üzerindeki etkilerini değerlendirmek için güneş kontrolü olmaksızın yapılan simülasyon sonucu ihtiyaç duyulan soğutma enerjisi değerleri Tablo 5.18’de görülmektedir.

Tablo 5.18: Güneş kontrol elemanı olmaksızın farklı pencere tiplerine ait aylık ve yıllık soğutma enerjileri

Soğutma Yüğü	Berrak C.	Low-E C.	ssLow-E C.	Yeşil C.	Yansıtıcı C.
Nisan	393630	567905	329297	128443	60066
Mayıs	830046	1035854	703961	390548	250350
Haziran	969682	1143551	808954	498393	364439
Temmuz	1000827	1158965	840160	549884	427135
Ağustos	706746	818586	602734	411935	334365
Eylül	343841	442695	310859	206239	162597
Ekim	80938	167108	92742	37981	22028
Yıllık Soğutma Enerjisi (MWh)	4325710	5334664	3688707	2223423	1620981
Yıllık Soğutma Yüğü (MWh/m²)	189	233	161	97	71

Güneş kontrolü olmaksızın berrak camlı pencere sistemi ile ihtiyaç duyulan yıllık toplam soğutma enerjisi 4325710 MWh’dur ve güneş kontrol elemanının mevcut olduğu duruma göre % 33.16 oranında bir artış gözlenmektedir. Low-E camlı pencere sistemi ile yıllık toplam soğutma enerjisi 5334664 MWh değerindedir ve % 28.48 oranında bir artış olmuştur. ssLow-E camlı pencere sistemi ile 3688707 MWh soğutma enerjisi ile % 30.35 oranında artış gözlenmektedir. Yeşil camlı pencere sistemi ile 2223423 MWh soğutma enerji ile % 31.65 oranında ve yansıtıcı camlı pencere sistemi ile 1620981 MWh soğutma enerjisi miktarı ile % 28.67 oranında bir artış gözlenmektedir.



Şekil 5.21: Güneş kontrol elemanı olmaksızın farklı pencere sistem seçeneklerine ait SHGC değeri – soğutma enerjisi ilişkisi

Kanyon ofis binasında güneş kontrol elemanlarının etkinliğini belirlemek için güneş kontrol elemanları olmaksızın yapılan simülasyon çalışmalarından elde edilen soğutma enerji değerleri, güneş kontrol elemanlarının mevcut olduğu simülasyon sonuçlarındaki yıllık soğutma yükü değerlerine %30 gibi oranlarda daha fazla olduğu gözlenmiştir.

Güneş kontrol elemanlarının soğutma dönemi boyunca etkin performans göstermesi beklenmektedir. Güneş kontrol elemanının varlığı ısıtma döneminde seçilen cam sistemine bağlı olarak ısıtma enerjilerinin %10 oranında artmasına neden olmuştur. Güneş kontrol elemanı ile soğutma yüklerinde elde edilen %30 oranında iyileşme, soğutma enerji giderlerinin ön plana çıktığı ofis tipi yapılar için önemlenecek bir değerdir. Kanyon ofis binasının güney cephesinde var olan güneş kontrol elemanları soğutma enerjilerinin azalmasına yardımcı olması ile bina enerji giderleri açısından olumlu bir etki yapmaktadır.

6. SONUÇLAR

Teknolojik gelişmelere bağlı olarak saydamlık oranı yüksek kabuk tasarımının artması, enerji etkin bina tasarımında pencere sistemlerinden beklenen performans gereksinimlerinin çeşitlenmesine neden olmuştur. İç ortam ve dış ortam ile sürekli ilişkili olan pencere sistemlerinin filtre ve bariyer görevi üstlenmesi, kullanıcı konfor koşulları ve bina enerji harcamaları bakımından pencere sistemlerinin performansı önem taşır. Pencere sistemlerinin binanın ömrü boyunca yapı elemanı olarak görevlerini yerine getirebilmesi, gerekli kullanıcı konfor koşullarını sağlaması ve sürdürülebilir bina tasarımı açısından ilk yatırım maliyetinin yanı sıra enerji etkinliği ile işletim maliyetlerinin göz önünde bulundurularak, tasarım aşamasında enerji etkin pencere sistemi seçimi yapılması önemlidir.

Pencere sistemlerinin enerji performansını değerlendirmede, önce pencere sistemlerinin U değeri, SHGC değeri, VT değerleri ile karşılaştırma yapılarak bina ve çevresel koşullardan bağımsız eleman düzeyinde değerlendirme yapılmıştır. İkinci aşamada ise bina özelliklerinin ve çevresel koşullarında göz önüne alınarak, pencere sistemlerinin enerji performansının bina ısıtma ve soğutma yükleri üzerindeki etkilerinin ortaya konduğu bina düzeyinde değerlendirme yapılmıştır.

Eleman düzeyinde değerlendirmede Window 5.2 programında tanımlanan pencere sistemleri karşılaştırıldığında, düşük yayımlı Low-E camlı ve ısıl iletkenlik değeri düşük argon gazının kullanımı ısıl performansı iyileştirmiştir. Low-E camın kullanıldığı Low-E, ssLow-E, yeşil ve yansıtıcı camlı pencere sistemlerinin U değeri berrak camlı sisteme göre ortalama %30 daha iyi performans göstermektedir. Camların renkli olması ve kullanılan kaplamanın özelliğini de göre pencere sistemlerinin güneş ısı kazanç değerleri (SHGC) farklılık göstermiştir ve berrak camın güneş ısı kazanç değeri en yüksek, yansıtıcı camın ise en düşüktür. Güneş ısı kazanımının yüksek olması ısıtma döneminde yarar sağlamakla beraber, soğutma döneminde aşırı ısınmaya neden olacaktır. Bu yüzden, iklim ve bina ve kullanıcı ihtiyaçları açısından en uygun sistemin seçilmesi gerekir. Pencere sistemlerinin gün

ışığı geçirgenliklerine bakıldığında berrak camlı, Low-E ve ssLow-E camlı sistemlerinin VT değerleri yüksek, yeşil ve yansıtıcı sistemlerini ise düşüktür. Yansıtıcı camlı pencere sistemi doğal aydınlatma bakımından yetersiz olacak ve yapay aydınlatma durulan ihtiyaç artacak, beraberinde elektrik giderlerinin ve iç kazanımların artmasına bağlı olarak soğutma yüklerinin artmasına neden olacaktır. Isıtma ve soğutma enerjileri bakımından U değeri ve SHGC değerlerinin yanı sıra dış ortamla görsel ilişki kurma ve doğal aydınlatma performansı açısından pencere sistemlerinin gün ışığı geçirgenlik değeri, VT değerlerinin de dikkate alınarak optimum çözümler sunan pencere sistemi seçimine gidilmelidir.

Eleman düzeyinde değerlendirme iklim ve bina özellikleri gibi bilgilerden bağımsız olduğu için pencere sistemlerinin ısıl performansını değerlendirme genel bilgiler vermekle sınırlı kaldığı için, pencere sistemlerinin ısıl performansının bina ısıtma ve soğutma enerjileri üzerindeki etkileri değerlendirebilmek için bina düzeyinde değerlendirme yapılmıştır.

Bina düzeyinde değerlendirme de saydamlık oranları yüksek ve soğutma enerji giderlerinin ön plana çıktığı ofis binalarında pencere sistemlerinin enerji performansı değerlendirilmiştir. Bina düzeyinde değerlendirmeye iklimsel veriler, binanın konumu, yön durumu, geometrik özellikleri, yapı bileşenleri, iç kazanımlar ve işletme sistemleri katılmıştır. Eleman düzeyinde değerlendirmede tanımlanan pencere sistemleri İstanbul'da yeni yapımı tamamlanmış Kanyon ofis binası üzerinde tanımlanarak farklı pencere sistemlerinin ve güneş kontrol elemanlarının bina ısıtma ve soğutma enerjileri üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir.

Kanyon ofis binası üzerinde güneş kontrol elemanları mevcut iken yapılan simülasyon sonuçlarında bina yıllık ısıtma yükleri bakımından en iyi performansı düşük U değeri ($2.352 \text{ W/m}^2\text{K}$) ve yüksek SHGC değeri (0.536) ile Low-E cam sistemi sağlamıştır.

Bina yıllık soğutma yükleri bakımından ise en iyi performansı düşük SHGC değerine sahip yansıtıcı camlı pencere sistemi göstermiştir. Yeşil camlı pencere sisteminin de soğutma enerjisi bakımından performansı iyidir. SHGC değerleri yüksek olan berrak camlı, Low-E camlı ve ssLow-E camlı pencere sistemlerinin bina soğutma enerjileri

bakımından performansları iyi değildir. En düşük performansı Low-E camlı pencere sistemi göstermiştir.

Bina düzeyinde yapılan simülasyonların sonuçlarına bakıldığında, ısıtma ve soğutma dönemleri için en iyi performansı farklı pencere sistemleri gösterdiği görülmektedir. En iyi ısıl performansı elde etmek için U değeri SHGC değeri VT değeri beraber ele alınarak optimize edilmiş bir pencere sistemi seçimine gidilmelidir. Yıllık ısıtma ve soğutma yüklerine bakıldığında soğutma döneminin uzun olması ve yıllık ihtiyaç duyulan toplam soğutma enerjilerinin yüksek olması nedeniyle soğutma enerjileri ön plana çıkmaktadır, pencere sistemi seçiminde yüksek güneş kontrolü sağlayan pencere sistemleri tercih edilmelidir. Soğutma dönemi boyunca en iyi performansı düşük güneş ısınım kazanç değeri (0.256) ile yansıtıcı cam sistemi göstermiş. Ancak bu sistemin gün ışığı geçirgenlik değeri (0.230) çok düşük olduğu için doğal aydınlatma açısından yetersizdir ve ısıtma dönemi boyunca performansı da iyi değildir. Soğutma enerjileri bakımından yansıtıcı camlı pencere sisteminden sonra en iyi performansı yeşil camlı pencere sistemi göstermiştir. Yeşil camlı pencere sisteminin gün ışığı geçirgenlik değeri (0.491) ve ısıtma dönemi performansı yansıtıcı camlı pencere sistemine göre daha iyidir. Yeşil camlı sistemi takiben gün ışığı geçirgenlik değeri (0.581) daha yüksek olan ve ısıtma ve soğutma dönemleri açısından ortalama bir değer gösteren ssLow-E camlı pencere sistemin de performansı iyidir.

Bina düzeyinde değerlendirmede farklı pencere sistem seçeneklerinin yanı sıra güneş kontrol elemanı ısıl performans açısından değerlendirilmiştir. Kanyon ofis binası güney cephesinde var olan gölgeleme elemanları ısıtma enerjilerinin %5 ile 15 arasında oranlarda artmasına neden olurken soğutma yüklerinin %30 oranında azalmasına yardımcı olmaktadır. Soğutma döneminin uzun olması ve yıllık soğutma harcamalarının daha fazla olması nedeniyle cephe sisteminde güneş kontrol elemanı kullanılması bina toplam enerji harcamalarına olumlu katkıda bulunmaktadır.

Yapılan değerlendirmeler enerji etkin pencere sistemi tasarımı ve seçiminin enerji etkin bina tasarımı kapsamında önemli bir yeri olduğunu göstermektedir. Pencere sistemlerinin ısıl performansını değerlendirme konusunda eleman ve bileşen düzeyinde yapılan değerlendirmeler sonucunda;

* Teknolojik gelişmelere bağılı olarak özel kaplamalı ve ısıı iletkenliğı düşük gazların kullanıldığı ‘Yüksek Performanslı Pencere Sistemi Tasarımı’, pencere sistemlerinin bina enerji performansına olumlu etkilerde bulunmaktadır.

* Eleman düzeyinde değerlendirmede pencere sistemine ait U değeri, SHGC değeri ve VT değerleri ile karşılaştırmaları değerlendirme olanağı sağlamaktadır.

* Enerji etkin pencere sistemi seçiminde, ısıı performans açısından ısıı iletkenlik değeri (U değeri) kadar güneş ısıı geçirgenlik değerinin (SHGC değeri) de büyük önem taşımaktadır.

* Pencere sistemi seçiminde ısıı performansın beraberinde, gün ışığı geçirgenlik değeri (VT) de gün ışığı kazanımı ve görsel ilişki kurma açısından dikkate alınmalıdır.

* Bina düzeyinde değerlendirme ile iklimsel özellikler, bina konumu, yön durumu, geometrik özellikleri, yapı bileşenleri, iç kazanımlar ve işletme sistemlerine ait özellikler de veri olarak kullanılarak ve pencere sistemlerinin fiziksel özellikleri U değeri ve SHGC değerleri ile bina yıllık ısıtma ve soğutma yükleri üzerindeki etkileri ortaya konmaktadır.

Bu çalışmada pencere sistemlerinin doğal aydınlatma performansı eleman düzeyinde sistemlerinin güneş ışık geçirgenlik değeri VT ile ele alınmıştır. Ancak bina düzeyinde, bina ve iklimsel özelliklerinde bağılı olarak pencere sistemlerinin doğal aydınlatma bakımından performansı değerlendirilmemiştir. Bundan sonraki çalışmalarda pencere sistemlerinin doğal aydınlatma açısından performanslarının bina düzeyinde değerlendirilmesi konusunda devam edebilir.

KAYNAKLAR

- [1] **Underwood, C.P., Yik, F.W.H.**, 2004. Modelling Methods For Energy in Buildings, Blackwell Science, Oxford.
- [2] **Wigginton, M., Harris, J.**, 2002. Intelligent Skins, Butterworth-Heinemann, Oxford.
- [3] **Arasteh D., Carmody J., Lee, E., Selkowitz S., Willmert, T.**, 2003. Window Systems For High-Performance Buildings, W.W. Norton & Company, London.
- [4] **Schittich, C.**, 2001. In Detail Building Skins, Concepts, Layers, Materials, Birkhauser-Publishers for Architecture, Berlin.
- [5] **Bazjanac, V., Inkarojrit, V., Kohler, C., Lee, E., Selkowitz, S.**, 2002. High – Performance Commercial Building Facades, Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California, California, LBNL 50502.
- [6] National Fenestration Rating Council, Mayıs 2007, <http://www.nfrc.org>
- [7] **Shah, B., Curcija, D., Taylor, S.**, 2001. Rating and Labeling of Energy Performance of Window As a Tool for Promoting Energy Efficiency Practices in Building, *Building Simulation'01 Conference*, Rio de Janeiro, Brazil, August.
- [8] **Lechner N.**, 1991. Heating, Cooling, Lighting Design Methods for Architect, John Wiley & Sons, Canada.
- [9] **Compagno, A.**, 2002. Intelligent Glass Facades, Birkhauser Publishers, Berlin.
- [10] **Galla, C., Sala, M., Sayigh, A. A. M.**, 1998. Architecture: Comfort and Energy, Elsevier Science Ltd., Oxford.

- [11] **Arasteh, D., Carmody J., Heschong L., Selkowitz S.,** 2000. Residential Windows, A Guide to New Technologies and Energy Performance, W.W. Norton & Company, London.
- [12] **Heerwagen, D.,** 2004. Passive and Active Environmental Controls : Informing The Schematic Designing of Buildings, McGraw-Hill Higher Education, Boston.
- [13] **Strother, E.F., Turner, W.C.,** 1990. Thermal Insulation Building Guide, Robert E. Krieger Publishing Company, Florida.
- [14] **TSE 825,** 2000. Binalarda Isı Yalıtımı, Türk Standartları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [15] **Mitchell, R., Kohler, C., Arasteh, D.,** 2003, THERM 5 / WINDOW 5 Simulation Manuel, Lawrence Berkeley National Laboratory, LBNL-48255.
- [16] **Amstock, J.,** 1997. Handbook of Glass Construction, McGraw- Hill, New York.
- [17] **O'Connor, J., Lee, E., Rubinstein, F., Selkowitz, S.,** Tips For Daylighting With Windows, Lawrence Berkeley National Laboratory, LBNL-39945.
- [18] **Balcomb D.,** 1992. Passive Solar Buildings, The MIT Press, London.
- [19] **Arasteh, D.,** 1996. Advances in Window Technology: 1973-1993, Ernest Orlando Lawrence Berkley National Laboratory, California, USA.
- [20] **Toydemir, N.,** 1990. Cam Yapı Malzemeleri, Sakarya Gazetecilik ve Matbaacılık Tic. A.Ş., Eskişehir.
- [21] **Lawson, B.,** 1996. Building Materials Energy and the Environment, Unisearch Ltd.- Solarch, Sydney.
- [22] **World Commission on Environment and Development,** 1990. Our Common Future, Oxford University Pres, Melbourne.
- [23] **Guy, S., Moore, A. S.,** 2005. Sustainable Architecture, Cultures and Natures in Europe and North America, Span Press, New York.
- [24] **Pykh, I.G.M., Pykh, Y.A.,** 2002. Sustainable Energy Resources, Technology and Planning, WIT Press, Boston.

- [25] **IEA**, 2001. Toward A Sustainable Energy Future / International Energy Agency, OECD/IEA, Paris.
- [26] **Smith, P.F.**, 2005. Architecture in a Climate of Change, A Guide to Sustainable Design, Architectural Press, Oxford.
- [27] Efficient Window Collaborative, Mayıs 2007, <http://www.efficientwindow.com>
- [28] **Cowan, H. J.**, 1991. Handbook Of Architectural Technology, Van Nostrand Reinhold, New York.
- [29] **Johnson, T. E.**, 1991. Low-E Glazing Design Guide, Department of Architecture Massachusetts Institute of Technology, USA.
- [30] Lawrence Berkeley National Laboratory, Chromogenic Materials, Mayıs 2007,
[<http://windows.lbl.gov/materials/chromogenics/default.htm>].
- [31] British Fenestration Rating Council, Mayıs 2007, <http://www.bfrc.org>
- [32] **Mitchell, R., Kohler, C., Arasteh, D.**, 2003. WINDOW 5.2 User Manuel for Analyzing Window Thermal Performance, Lawrence Berkeley National Laboratory, LBNL-44789.
- [33] **Beckman, W.A.**, 1998. Modern Computing Methods In Solar Energy Analysis, University of Wisconsin, Madison.
- [34] **Architectural Energy Corporation**, Passive Solar Handbook, Volume I: Introduction To Passive Solar Concept, Mayıs 2007,
http://www.wbdg.org/ccb/AF/AFH/pshbk_v1.pdf
- [35] **Kibert, C.J.**, 2005. Sustainable Construction : Green Building Design and Delivery, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey.
- [36] **United Nations. Economic Commission for Europe**, 1991. Energy Efficient Design: A Guide to Energy Efficiency and Solar Applications in Building Design, New York.
- [37] **Lebens, R. M.**, 1990. Passive Solar Heating Design, Applied Science Publishers Ltd. , London.

- [38] **TRANSSOLAR, P R E B I D** An Interface for creating the building description of TYPE 56 (multi-zone building) Version 4.0, TRANSSOLAR Energietechnik GmbH, Stuttgart.
- [39] **Goulding, J. R., Lewis, J. O., Steemers, T. C.**, 1992. Energy Concious Design: A Primer for Architects, B.T. Batsford Ltd., London.
- [40] **SEL**, 1995. TRNSYS Manuel Version 14.1. Solar Energy Lab. Univ. Of Wisconsin-Madison.
- [41] **LBNL**, 2005. Adding New Window To Type 56, Window and Daylighting Group, Building Technologies Program, Energy and Environment Division, Lawrence Berkeley National Labs, USA.
- [42] **Maccari, A., Zinzi, M.**, 2001. On the Influence of Angular Dependence Properties of Advanced Glazing Systems on the Energy Performance of Buildings, *Seventh International IBPSA Conference*, Rio de Janeiro, Brazil, 13-15Ağustos, s. 465-472.

EK-A

Window 5.2 Programında Tanımlanan Pencere Sistem Seçeneklerine Ait Rapor Dosyaları

Window 5.2 v5.2.17 DOE-2 Data File : Multi Band Calculation

Unit System : SI
Name : DOE-2 WINDOW LIB
Desc : clear
Window ID : 7001
Tilt : 90.0
Glazings : 2
Frame : 2 Al w/break 5.680
Spacer : 1 Class1 2.330 -0.010 0.138
Total Height: 1500.0 mm
Total Width : 1200.0 mm
Glass Height: 1385.7 mm
Glass Width : 1085.7 mm
Mullion : None

Gap	Thick	Cond	dCond	Vis	dVis	Dens	dDens	Pr	dPr
1 Air	16.0	0.02407	7.760	1.722	4.940	1.292	-0.0046	0.720	-0.0002
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Angle 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 Hemis
Tsol 0.594 0.594 0.590 0.580 0.563 0.531 0.468 0.346 0.151 0.000 0.496
Abs1 0.170 0.170 0.173 0.178 0.185 0.194 0.206 0.219 0.217 0.000 0.190
Abs2 0.124 0.124 0.126 0.129 0.131 0.133 0.130 0.116 0.079 0.000 0.124
Abs3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
Abs4 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
Abs5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
Abs6 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
Rfsol 0.111 0.111 0.111 0.113 0.120 0.142 0.196 0.319 0.552 1.000 0.180
Rbsol 0.111 0.111 0.111 0.113 0.120 0.142 0.196 0.319 0.552 1.000 0.180
Tvis 0.779 0.779 0.777 0.772 0.759 0.727 0.655 0.504 0.249 0.000 0.676
Rfvis 0.142 0.142 0.143 0.146 0.155 0.183 0.251 0.400 0.656 1.000 0.227
Rbvis 0.142 0.142 0.143 0.146 0.155 0.183 0.251 0.400 0.656 1.000 0.227
SHGC 0.710 0.710 0.707 0.700 0.687 0.657 0.595 0.467 0.248 0.000 0.616
SC: 0.75

Layer ID#	10000	10000	0	0	0	0
Tir	0.000	0.000	0	0	0	0
Emis F	0.840	0.840	0	0	0	0
Emis B	0.840	0.840	0	0	0	0
Thickness(mm)	6.0	6.0	0	0	0	0
Cond(W/m2-K)	150.0	150.0	0	0	0	0
Spectral File	None	None	None	None	None	None

Overall and Center of Glass Ig U-values (W/m2-K)
Outdoor Temperature -17.8 C 15.6 C 26.7 C 37.8 C
Solar WdSpd hcout hrou h in
(W/m2) (m/s) (W/m2-K)
0 0.00 19.74 3.26 3.46 2.70 2.70 2.78 2.78 2.87 2.87 2.95 2.95
0 6.71 19.74 3.26 3.46 2.70 2.70 2.78 2.78 2.87 2.87 2.95 2.95
783 0.00 19.61 3.39 3.23 2.70 2.70 2.78 2.78 2.87 2.87 2.95 2.95
783 6.71 19.61 3.39 3.23 2.70 2.70 2.78 2.78 2.87 2.87 2.95 2.95

Window 5.2 v5.2.17 DOE-2 Data File : Multi Band Calculation

Unit System : SI

Name : DOE-2 WINDOW LIB
 Desc : low-e
 Window ID : 7002
 Tilt : 90.0
 Glazings : 2
 Frame : 2 Al w/break 5.680
 Spacer : 1 Class1 2.330 -0.010 0.138
 Total Height: 1500.0 mm
 Total Width : 1200.0 mm
 Glass Height: 1385.7 mm
 Glass Width : 1085.7 mm
 Mullion : None

Gap	Thick	Cond	dCond	Vis	dVis	Dens	dDens	Pr	dPr
1 Air	16.0	0.02407	7.760	1.722	4.940	1.292	-0.0046	0.720	-0.0002
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Angle	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	Hemis
Tsol	0.478	0.478	0.470	0.460	0.445	0.419	0.365	0.265	0.119	0.000	0.391
Abs1	0.196	0.196	0.199	0.205	0.213	0.223	0.232	0.239	0.229	0.000	0.216
Abs2	0.086	0.086	0.093	0.098	0.099	0.101	0.111	0.115	0.078	0.000	0.099
Abs3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abs4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abs5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abs6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rfsol	0.239	0.239	0.237	0.237	0.243	0.257	0.292	0.381	0.573	1.000	0.284
Rbsol	0.261	0.261	0.259	0.262	0.271	0.289	0.324	0.406	0.598	0.999	0.311
Tvis	0.793	0.793	0.782	0.767	0.746	0.706	0.616	0.445	0.205	0.000	0.656
Rfvis	0.104	0.104	0.103	0.107	0.121	0.151	0.215	0.360	0.628	1.000	0.191
Rbvis	0.108	0.108	0.105	0.108	0.121	0.146	0.197	0.307	0.539	0.999	0.177
SHGC	0.570	0.570	0.568	0.561	0.549	0.525	0.480	0.384	0.208	0.000	0.495

 SC: 0.62

Layer ID#	10000	10002	0	0	0	0
Tir	0.000	0.000	0	0	0	0
Emis F	0.840	0.048	0	0	0	0
Emis B	0.840	0.840	0	0	0	0
Thickness(mm)	6.0	6.0	0	0	0	0
Cond(W/m2-K)	150.0	150.0	0	0	0	0
Spectral File	None	None	None	None	None	None

Overall and Center of Glass Ig U-values (W/m2-K)
 Outdoor Temperature -17.8 C 15.6 C 26.7 C 37.8 C

Solar	WdSpd	hcout	hroun	hin
(W/m2)	(m/s)	(W/m2-K)		
0	0.00	19.77	3.23	3.35
0	6.71	19.77	3.23	3.35
783	0.00	19.64	3.36	3.15
783	6.71	19.64	3.36	3.15

Window 5.2 v5.2.17 DOE-2 Data File : Multi Band Calculation

Unit System : SI
 Name : DOE-2 WINDOW LIB
 Desc : sslow-e+
 Window ID : 7003
 Tilt : 90.0
 Glazings : 2
 Frame : 2 Al w/break 5.680
 Spacer : 1 Class1 2.330 -0.010 0.138
 Total Height: 1500.0 mm
 Total Width : 1200.0 mm
 Glass Height: 1385.7 mm
 Glass Width : 1085.7 mm
 Mullion : None

Gap	Thick	Cond	dCond	Vis	dVis	Dens	dDens	Pr	dPr
-----	-------	------	-------	-----	------	------	-------	----	-----

1 Air 16.0 0.02407 7.760 1.722 4.940 1.292 -0.0046 0.720 -0.0002
 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 3 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 4 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 5 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 Angle 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 Hemis
 Tsol 0.327 0.327 0.321 0.314 0.304 0.287 0.251 0.184 0.085 0.000 0.268
 Abs1 0.283 0.283 0.290 0.294 0.294 0.296 0.305 0.309 0.251 0.001 0.291
 Abs2 0.068 0.068 0.069 0.070 0.071 0.072 0.070 0.062 0.045 0.000 0.067
 Abs3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 Abs4 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 Abs5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 Abs6 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 Rfsol 0.321 0.321 0.320 0.322 0.330 0.345 0.374 0.444 0.619 0.999 0.363
 Rbsol 0.322 0.322 0.319 0.318 0.320 0.329 0.355 0.426 0.591 1.000 0.352
 Tvis 0.700 0.700 0.690 0.677 0.659 0.623 0.544 0.393 0.181 0.000 0.579
 Rfvis 0.095 0.095 0.092 0.095 0.107 0.131 0.178 0.285 0.519 0.999 0.161
 Rbvis 0.106 0.106 0.105 0.109 0.123 0.152 0.216 0.360 0.628 1.000 0.192
 SHGC 0.413 0.413 0.408 0.402 0.393 0.377 0.341 0.268 0.148 0.000 0.354
 SC: 0.47

Layer ID# 10004 10000 0 0 0 0
 Tir 0.000 0.000 0 0 0 0
 Emis F 0.837 0.840 0 0 0 0
 Emis B 0.037 0.840 0 0 0 0
 Thickness(mm) 6.0 6.0 0 0 0 0
 Cond(W/m2-K) 150.0 150.0 0 0 0 0
 Spectral File None None None None None

Overall and Center of Glass Ig U-values (W/m2-K)
 Outdoor Temperature -17.8 C 15.6 C 26.7 C 37.8 C
 Solar WdSpd hcout hroun hin
 (W/m2) (m/s) (W/m2-K)
 0 0.00 19.78 3.22 3.35 1.71 1.71 1.36 1.36 1.38 1.38 1.43 1.43
 0 6.71 19.78 3.22 3.35 1.71 1.71 1.36 1.36 1.38 1.38 1.43 1.43
 783 0.00 19.61 3.39 3.16 1.71 1.71 1.36 1.36 1.38 1.38 1.43 1.43
 783 6.71 19.61 3.39 3.16 1.71 1.71 1.36 1.36 1.38 1.38 1.43 1.43

Window 5.2 v5.2.17 DOE-2 Data File : Multi Band Calculation

Unit System : SI
 Name : DOE-2 WINDOW LIB
 Desc : evergreen
 Window ID : 7004
 Tilt : 90.0
 Glazings : 2
 Frame : 2 Al w/break 5.680
 Spacer : 1 Class1 2.330 -0.010 0.138
 Total Height: 1500.0 mm
 Total Width : 1200.0 mm
 Glass Height: 1385.7 mm
 Glass Width : 1085.7 mm
 Mullion : None
 Gap Thick Cond dCond Vis dVis Dens dDens Pr dPr
 1 Air 16.0 0.02407 7.760 1.722 4.940 1.292 -0.0046 0.720 -0.0002
 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 3 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 4 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 5 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 Angle 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 Hemis
 Tsol 0.205 0.205 0.198 0.188 0.176 0.158 0.130 0.088 0.035 0.000 0.152
 Abs1 0.677 0.677 0.683 0.692 0.704 0.713 0.709 0.672 0.531 0.000 0.679
 Abs2 0.037 0.037 0.039 0.040 0.039 0.038 0.039 0.038 0.023 0.000 0.038
 Abs3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 Abs4 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 Abs5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 Abs6 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

Rfsol 0.081 0.081 0.080 0.079 0.081 0.091 0.121 0.201 0.411 1.000 0.121
 Rbsol 0.253 0.253 0.252 0.254 0.263 0.281 0.314 0.395 0.589 0.999 0.302
 Tvis 0.590 0.590 0.578 0.562 0.539 0.501 0.428 0.299 0.124 0.000 0.469
 Rfvis 0.077 0.077 0.076 0.079 0.087 0.107 0.152 0.260 0.487 1.000 0.140
 Rbvis 0.095 0.095 0.092 0.095 0.107 0.131 0.179 0.287 0.521 0.999 0.162
 SHGC 0.310 0.310 0.306 0.298 0.286 0.268 0.241 0.194 0.112 0.000 0.258
 SC: 0.37

Layer ID#	10005	10002	0	0	0	0
Tir	0.000	0.000	0	0	0	0
Emis F	0.840	0.048	0	0	0	0
Emis B	0.840	0.840	0	0	0	0
Thickness(mm)	6.0	6.0	0	0	0	0
Cond(W/m2-K)	150.0	150.0	0	0	0	0
Spectral File	None	None	None	None	None	None

Overall and Center of Glass Ig U-values (W/m2-K)
 Outdoor Temperature -17.8 C 15.6 C 26.7 C 37.8 C
 Solar WdSpd hcout hrou h in
 (W/m2) (m/s) (W/m2-K)
 0 0.00 19.77 3.23 3.35 1.74 1.74 1.39 1.39 1.42 1.42 1.47 1.47
 0 6.71 19.77 3.23 3.35 1.74 1.74 1.39 1.39 1.42 1.42 1.47 1.47
 783 0.00 19.36 3.65 3.14 1.74 1.74 1.39 1.39 1.42 1.42 1.47 1.47
 783 6.71 19.36 3.65 3.14 1.74 1.74 1.39 1.39 1.42 1.42 1.47 1.47

Window 5.2 v5.2.17 DOE-2 Data File : Multi Band Calculation

Unit System : SI
 Name : DOE-2 WINDOW LIB
 Desc : silverblue
 Window ID : 7005
 Tilt : 90.0
 Glazings : 2
 Frame : 2 Al w/break 5.680
 Spacer : 1 Class1 2.330 -0.010 0.138
 Total Height: 1500.0 mm
 Total Width : 1200.0 mm
 Glass Height: 1385.7 mm
 Glass Width : 1085.7 mm
 Mullion : None

Gap	Thick	Cond	dCond	Vis	dVis	Dens	dDens	Pr	dPr
1 Air	16.0	0.02407	7.760	1.722	4.940	1.292	-0.0046	0.720	-0.0002
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Angle 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 Hemis
 Tsol 0.144 0.145 0.141 0.137 0.132 0.124 0.106 0.074 0.034 0.000 0.116
 Abs1 0.495 0.499 0.503 0.504 0.501 0.496 0.488 0.456 0.335 0.001 0.478
 Abs2 0.026 0.026 0.028 0.029 0.029 0.030 0.032 0.032 0.022 0.000 0.029
 Abs3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 Abs4 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 Abs5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 Abs6 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 Rfsol 0.335 0.329 0.328 0.330 0.337 0.350 0.374 0.438 0.609 0.999 0.366
 Rbsol 0.290 0.287 0.283 0.286 0.296 0.313 0.342 0.415 0.600 0.999 0.331
 Tvis 0.277 0.279 0.272 0.263 0.254 0.237 0.202 0.139 0.061 0.000 0.221
 Rfvis 0.278 0.272 0.271 0.273 0.282 0.298 0.326 0.398 0.585 0.999 0.317
 Rbvis 0.167 0.161 0.155 0.157 0.171 0.193 0.228 0.316 0.534 0.999 0.215
 SHGC 0.225 0.227 0.225 0.222 0.217 0.209 0.191 0.155 0.091 0.000 0.197
 SC: 0.30

Layer ID#	701	10002	0	0	0	0
Tir	0.000	0.000	0	0	0	0
Emis F	0.626	0.048	0	0	0	0
Emis B	0.840	0.840	0	0	0	0
Thickness(mm)	5.6	6.0	0	0	0	0

Cond(W/m2-K)	178.1	150.0	0	0	0	0
Spectral File	B130.AFG	None	None	None	None	None

Overall and Center of Glass Ig U-values (W/m2-K)

Outdoor Temperature	-17.8 C	15.6 C	26.7 C	37.8 C
---------------------	---------	--------	--------	--------

Solar	WdSpd	hcout	hrou	hin
-------	-------	-------	------	-----

(W/m2)	(m/s)	(W/m2-K)
--------	-------	----------

0	0.00	20.60	2.40	3.35	1.74	1.74	1.40	1.40	1.42	1.42	1.47	1.47
0	6.71	20.60	2.40	3.35	1.74	1.74	1.40	1.40	1.42	1.42	1.47	1.47
783	0.00	20.37	2.63	3.19	1.74	1.74	1.40	1.40	1.42	1.42	1.47	1.47
783	6.71	20.37	2.63	3.19	1.74	1.74	1.40	1.40	1.42	1.42	1.47	1.47

EK-B

PREBID Programında Tanımlanan Ofis Binasına Ait Rapor Dosyası

```
*****
* PreBid 5.0.8
*****
* BUILDING DESCRIPTIONS FILE TRNSYS
* FOR BUILDING: C:\trnsys15\kanyon\kanyon_prebid\15_kanyon_KIS.inf
* GET BY WORKING WITH PreBid 5.0 for Windows
*****
*-----
* Comments
*-----
* Project
*-----
*+++ PROJECT
*+++ TITLE=KANYON_OFİSBLOĞU
*+++ DESCRIPTION=TEK KAT
*+++ CREATED=OZLEM
*+++ ADDRESS=LEVENT
*+++ CITY=ISTANBUL
*+++ SWITCH=UNDEFINED
*-----
*-----* Properties
*-----
*-----PROPERTIES
DENSITY=1.204 : CAPACITY=1.012 : HVAPOR=2454.0 : SIGMA=2.041e-007 : RTEMP=293.15
*+++++
TYPES
*+++++
*-----
* Layers
*-----
LAYER AIRSPACE
RESISTANCE= 0.044
LAYER ALUMINIUM
CONDUCTIVITY= 720 : CAPACITY= 3.43 : DENSITY= 2700
LAYER CONCRETE
CONDUCTIVITY= 7.56 : CAPACITY= 1 : DENSITY= 2400
LAYER GYPSUM_PLA
CONDUCTIVITY= 1.26 : CAPACITY= 1 : DENSITY= 1200
LAYER POLYSTYRN_
CONDUCTIVITY= 0.11 : CAPACITY= 1.25 : DENSITY= 20
LAYER GYPSM_PLAS
CONDUCTIVITY= 1.26 : CAPACITY= 1 : DENSITY= 1200
LAYER GRANITE
CONDUCTIVITY= 12.6 : CAPACITY= 1 : DENSITY= 2800
LAYER L_CONC_MOR
CONDUCTIVITY= 2.52 : CAPACITY= 1 : DENSITY= 1300
LAYER LIME_MORTA
CONDUCTIVITY= 3.13 : CAPACITY= 1 : DENSITY= 1800
*-----
* Inputs
*-----
*-----
* Schedules
*-----
SCHEDULE S_H_1
HOURS =0.0 7.0 18.0 24.0
VALUES=18. 22. 18. 18.
SCHEDULE S_H_2
HOURS =0.0 24.0
VALUES=18. 18.
```

```

SCHEDULE S_P_1
HOURS =0.0 8.0 18.0 24.0
VALUES=0 650.0 0
SCHEDULE S_P_2
HOURS =0.0 24.0
VALUES=0 0
SCHEDULE S_C_1
HOURS =0.0 8.0 18.0 24.0
VALUES=0 650.0 0
SCHEDULE S_C_2
HOURS =0.0 24.0
VALUES=0 0
SCHEDULE S_L_1
HOURS =0.0 8.0 9.0 16.0 18.0 24.0
VALUES=0 1.0 1.0 0
SCHEDULE S_L_2
HOURS =0.0 24.0
VALUES=0 0
SCHEDULE S_V_1
HOURS =0.0 8.0 18.0 24.0
VALUES=0 0.6 0 0
SCHEDULE S_V_2
HOURS =0.0 24.0
VALUES=0 0
SCHEDULE S_R_1
HOURS =0.0 12.0 22.0 24.0
VALUES=18. 22. 18. 18.
SCHEDULE S_R_2
HOURS =0.0 24.0
VALUES=18. 18.
SCHEDULE SCHED001
DAYS=1 2 3 4 5 6 7
HOURLY=S_H_1 S_H_1 S_H_1 S_H_1 S_H_2 S_H_2
SCHEDULE SCHED002
DAYS=1 2 3 4 5 6 7
HOURLY=S_P_1 S_P_1 S_P_1 S_P_1 S_P_1 S_P_2 S_P_2
SCHEDULE SCHED003
DAYS=1 2 3 4 5 6 7
HOURLY=S_C_1 S_C_1 S_C_1 S_C_1 S_C_1 S_C_2 S_C_2
SCHEDULE SCHED005
DAYS=1 2 3 4 5 6 7
HOURLY=S_L_1 S_L_1 S_L_1 S_L_1 S_L_1 S_L_2 S_L_2
SCHEDULE SCHED006
DAYS=1 2 3 4 5 6 7
HOURLY=S_V_1 S_V_1 S_V_1 S_V_1 S_V_1 S_V_2 S_V_2
SCHEDULE SCHED008
DAYS=1 2 3 4 5 6 7
HOURLY=S_R_1 S_R_1 S_R_1 S_R_1 S_R_1 S_R_2 S_R_2
*-----
* Walls
*-----
WALL WALL_EXTER
LAYERS = POLYSTYRN_ ALUMINIUM AIRSPACE ALUMINIUM
THICKNESS= 0.13 0.005 0 0.005
ABS-FRONT= 0.6 : ABS-BACK= 0.6
HFRONT = 11 : HBACK= 64
WALL WALL001
LAYERS = GYPSM_PLAS CONCRETE GYPSM_PLAS
THICKNESS= 0.015 0.5 0.015
ABS-FRONT= 0.6 : ABS-BACK= 0.6
HFRONT = 11 : HBACK= 11
WALL SLAB_1
LAYERS = GRANITE AIRSPACE CONCRETE AIRSPACE GYPSM_PLAS
THICKNESS= 0.03 0 0.125 0 0.015
ABS-FRONT= 0.6 : ABS-BACK= 0.6
HFRONT = 11 : HBACK= 11
WALL SLAB_2

```

```

LAYERS = GYPSM_PLAS AIRSPACE CONCRETE POLYSTYRN_ L_CONC_MOR LIME_MORTA
GRANITE
THICKNESS= 0.015  0  0.125  0.04  0.06  0.04  0.03
ABS-FRONT= 0.6 : ABS-BACK= 0.6
HFRONT = 11 : HBACK= 64
WALL SLAB_INTRN
LAYERS = GRANITE AIRSPACE CONCRETE AIRSPACE GYPSUM_PLA
THICKNESS= 0.03  0  0.125  0  0.015
ABS-FRONT= 0.6 : ABS-BACK= 0.6
HFRONT = 11 : HBACK= 11
WALL KOLON
LAYERS = GYPSM_PLAS CONCRETE GYPSM_PLAS
THICKNESS= 0.02  0.71  0.02
ABS-FRONT= 0.6 : ABS-BACK= 0.6
HFRONT = 11 : HBACK= 11
*-----
* W i n d o w s
*-----
WINDOW WINDOW_01
WINID=7001 : HINSIDE=11 : HOUTSIDE=64 : SLOPE=90 : SPACID=1 : WWID=1.44 : WHEIG=3.435 :
FFRAME=0.074 : UFRAME=5.68 : ABSFRAME=0.6 : RISHADE=0 : RESHADE=0 : REFLISHADE=0.5 :
REFLOSHADE=0.5 ;
CCISHADE=0.5
WINDOW WINDOW_02
WINID=7001 : HINSIDE=11 : HOUTSIDE=64 : SLOPE=90 : SPACID=1 : WWID=1.44 : WHEIG=3.435 :
FFRAME=0.079 : UFRAME=5.68 : ABSFRAME=0.6 : RISHADE=0 : RESHADE=0 : REFLISHADE=0.5 :
REFLOSHADE=0.5 ;
CCISHADE=0.5
WINDOW WINDOW_03
WINID=7001 : HINSIDE=11 : HOUTSIDE=64 : SLOPE=90 : SPACID=1 : WWID=1.44 : WHEIG=3.435 :
FFRAME=0.075 : UFRAME=5.68 : ABSFRAME=0.6 : RISHADE=0 : RESHADE=0 : REFLISHADE=0.5 :
REFLOSHADE=0.5 ;
CCISHADE=0.5
WINDOW WINDOW_04
WINID=7001 : HINSIDE=11 : HOUTSIDE=64 : SLOPE=90 : SPACID=1 : WWID=1.53 : WHEIG=2.12 :
FFRAME=0.078 : UFRAME=5.68 : ABSFRAME=0.6 : RISHADE=0 : RESHADE=0 : REFLISHADE=0.5 :
REFLOSHADE=0.5 ;
CCISHADE=0.5
WINDOW WINDOW_05
WINID=7001 : HINSIDE=11 : HOUTSIDE=64 : SLOPE=90 : SPACID=1 : WWID=1.53 : WHEIG=1.255 :
FFRAME=0.1 : UFRAME=5.68 : ABSFRAME=0.6 : RISHADE=0 : RESHADE=0 : REFLISHADE=0.5 :
REFLOSHADE=0.5 ;
CCISHADE=0.5
*-----
* D e f a u l t   G a i n s
*-----
GAIN PERS_ISO04
CONVECTIVE=180 : RADIATIVE=90 : HUMIDITY=0.11
GAIN COMPUTER04
CONVECTIVE=690 : RADIATIVE=138 : HUMIDITY=0
GAIN LIGHT04_01
CONVECTIVE=SCHEDULE 53856*SCHED005 : RADIATIVE=SCHEDULE 0*SCHED005 : HUMIDITY=0
*-----
* O t h e r   G a i n s
*-----
* C o m f o r t
*-----
* I n f i l t r a t i o n
*-----
INFILTRATION INFIL001
AIRCHANGE=0.1
*-----
* V e n t i l a t i o n
*-----
VENTILATION VENT001

```



```

TEMPERATURE=OUTSIDE
AIRCHANGE=SCHEDULE 1*SCHED006
HUMIDITY=OUTSIDE
*-----
* Cooling
*-----
*-----
* Heating
*-----
HEATING HEAT001
ON=SCHEDULE 1*SCHED001
POWER=999999999
HUMIDITY=0
RRAD=0
HEATING HEAT002
ON=18
POWER=999999999
HUMIDITY=0
RRAD=0
*-----
* Zones
*-----
ZONES ACIK CEKIRDEK
*-----
* Orientations
*-----
ORIENTATIONS SOUTH EAST WEST HORIZONTAL NORTHEAST S_W_30 S_W_60 S_E_60 N_E_60
N_W_30 N_W_60 SOUTHEAST N_E_15
*+++++
BUILDING
*+++++
*-----* Zone ACIK / Airnode ACIK
*-----
-----ZONE ACIK
AIRNODE ACIK
WALL =WALL_EXTER : SURF= 1 : AREA= 152.36 : EXTERNAL : ORI=N_E_15 : FSKY=0.5
WINDOW=WINDOW_01 : SURF= 2 : AREA= 1216.28 : EXTERNAL : ORI=N_E_15 : FSKY=0.5
WALL =WALL_EXTER : SURF= 3 : AREA= 138.84 : EXTERNAL : ORI=N_W_30 : FSKY=0.5
WINDOW=WINDOW_01 : SURF= 4 : AREA= 1109.16 : EXTERNAL : ORI=N_W_30 : FSKY=0.5
WALL =WALL_EXTER : SURF= 5 : AREA= 130 : EXTERNAL : ORI=N_W_60 : FSKY=0.5
WINDOW=WINDOW_02 : SURF= 6 : AREA= 1082.64 : EXTERNAL : ORI=N_W_60 : FSKY=0.5
WALL =WALL_EXTER : SURF= 7 : AREA= 100.88 : EXTERNAL : ORI=NORTHEAST : FSKY=0.5
WINDOW=WINDOW_01 : SURF= 8 : AREA= 804.96 : EXTERNAL : ORI=NORTHEAST : FSKY=0.5
WALL =WALL_EXTER : SURF= 9 : AREA= 104 : EXTERNAL : ORI=N_E_60 : FSKY=0.5
WINDOW=WINDOW_01 : SURF= 10 : AREA= 832 : EXTERNAL : ORI=N_E_60 : FSKY=0.5
WALL =WALL_EXTER : SURF= 11 : AREA= 100.36 : EXTERNAL : ORI=EAST : FSKY=0.5
WINDOW=WINDOW_03 : SURF= 12 : AREA= 803.4 : EXTERNAL : ORI=EAST : FSKY=0.5
WALL =WALL_EXTER : SURF= 13 : AREA= 126.88 : EXTERNAL : ORI=S_E_60 : FSKY=0.5
WINDOW=WINDOW_04 : SURF= 14 : AREA= 628.42 : EXTERNAL : ORI=S_E_60 : FSKY=0.5
WINDOW=WINDOW_05 : SURF= 15 : AREA= 382.46 : EXTERNAL : ORI=S_E_60 : FSKY=0.5 :
ESHAD=0.4
WALL =WALL_EXTER : SURF= 16 : AREA= 110.5 : EXTERNAL : ORI=SOUTHEAST : FSKY=0.5
WINDOW=WINDOW_04 : SURF= 17 : AREA= 548.08 : EXTERNAL : ORI=SOUTHEAST : FSKY=0.5
WINDOW=WINDOW_05 : SURF= 18 : AREA= 333.58 : EXTERNAL : ORI=SOUTHEAST : FSKY=0.5 :
ESHAD=0.4
WALL =WALL_EXTER : SURF= 19 : AREA= 128.7 : EXTERNAL : ORI=SOUTH : FSKY=0.5
WINDOW=WINDOW_04 : SURF= 20 : AREA= 639.6 : EXTERNAL : ORI=SOUTH : FSKY=0.5
WINDOW=WINDOW_05 : SURF= 21 : AREA= 389.22 : EXTERNAL : ORI=SOUTH : FSKY=0.5 :
ESHAD=0.4
WALL =WALL_EXTER : SURF= 22 : AREA= 128.7 : EXTERNAL : ORI=S_W_30 : FSKY=0.5
WINDOW=WINDOW_04 : SURF= 23 : AREA= 639.6 : EXTERNAL : ORI=S_W_30 : FSKY=0.5
WINDOW=WINDOW_05 : SURF= 24 : AREA= 389.22 : EXTERNAL : ORI=S_W_30 : FSKY=0.5 :
ESHAD=0.4
WALL =WALL_EXTER : SURF= 25 : AREA= 110.5 : EXTERNAL : ORI=S_W_60 : FSKY=0.5
WINDOW=WINDOW_04 : SURF= 26 : AREA= 548.08 : EXTERNAL : ORI=S_W_60 : FSKY=0.5

```

```

WINDOW=WINDOW_05 : SURF= 27 : AREA= 333.58 : EXTERNAL : ORI=S_W_60 : FSKY=0.5 :
ESHAD=0.4
WALL =WALL_EXTER : SURF= 28 : AREA= 126.88 : EXTERNAL : ORI=WEST : FSKY=0.5
WINDOW=WINDOW_04 : SURF= 29 : AREA= 628.42 : EXTERNAL : ORI=WEST : FSKY=0.5
WINDOW=WINDOW_05 : SURF= 30 : AREA= 382.46 : EXTERNAL : ORI=WEST : FSKY=0.5 :
ESHAD=0.4
WALL =WALL001 : SURF= 32 : AREA= 2184 : ADJACENT=CEKIRDEK : BACK
WALL =WALL001 : SURF= 34 : AREA= 1476.8 : ADJACENT=CEKIRDEK : BACK
WALL =WALL001 : SURF= 36 : AREA= 686.4 : ADJACENT=CEKIRDEK : FRONT
WALL =WALL001 : SURF= 38 : AREA= 2332.72 : ADJACENT=CEKIRDEK : BACK
WALL =SLAB_1 : SURF= 39 : AREA= 880 : BOUNDARY=SCHEDULE 1*SCHED008
WALL =SLAB_INTRN : SURF= 40 : AREA= 2200 : INTERNAL
WALL =SLAB_2 : SURF= 43 : AREA= 880 : EXTERNAL : ORI=HORIZONTAL : FSKY=1
WALL =KOLON : SURF= 44 : AREA= 2277 : INTERNAL
REGIME
GAIN = PERS_ISO04 : SCALE= SCHEDULE 1*SCHED002
GAIN = COMPUTER04 : SCALE= SCHEDULE 1*SCHED003
GAIN = LIGHT04_01 : SCALE= 1
INFILTRATION= INFIL001
VENTILATION= VENT001
HEATING = HEAT001
CAPACITANCE= 79622.4 : VOLUME= 66352 : TINITIAL= 20 : PHINITIAL= 50 : WCAPR= 1
*-----
* Zone CEKIRDEK / Airnode CEKIRDEK
*-----
ZONE CEKIRDEK
AIRNODE CEKIRDEK
WALL =WALL001 : SURF= 31 : AREA= 2184 : ADJACENT=ACIK : FRONT
WALL =WALL001 : SURF= 33 : AREA= 1476.8 : ADJACENT=ACIK : FRONT
WALL =WALL001 : SURF= 37 : AREA= 2332.72 : ADJACENT=ACIK : FRONT
WALL =SLAB_1 : SURF= 41 : AREA= 254 : BOUNDARY=IDENTICAL
WALL =SLAB_2 : SURF= 42 : AREA= 254 : EXTERNAL : ORI=HORIZONTAL : FSKY=1
WALL =WALL001 : SURF= 35 : AREA= 686.4 : ADJACENT=ACIK : BACK
REGIME
INFILTRATION= INFIL001
HEATING = HEAT002
CAPACITANCE= 31699.2 : VOLUME= 26416 : TINITIAL= 20 : PHINITIAL= 50 : WCAPR= 1
*-----
-* Outputs
*-----
OUTPUTS
TRANSFER : TIMEBASE=1.000
AIRNODES = ACIK
NTYPES = 1 : TAIR air temperature of zone
= 30 : QHEAT sensible heating demand of zone (positive values)
*-----
* End
*-----
END

```

```

***** WALL TRANSFERFUNCTION CALCULATIONS *****
----- WALL TYPE WALL_EXTER -----
THERMAL CONDUCTANCE, U= 0.81577 kJ/h m2K; k-Wert= 0.21820 W/m2K
TRANSFERFUNCTION COEFFICIENTS
K      A      B      C      D
0  6.4347787E+01  4.5586642E-02  1.8788493E+00  1.0000000E+00
1  -9.6964495E+01  2.0072054E-01  -2.2732330E+00  -6.8245657E-01
2  3.4978241E+01  4.8829590E-02  7.0873787E-01  4.4624767E-02
3  -2.0661558E+00  3.0884982E-04  -1.8908917E-02  -1.4752685E-06
4  6.8301593E-05  1.8106643E-09  3.8329491E-07
SUM  2.9544562E-01  2.9544562E-01  2.9544562E-01  3.6216672E-01
----- WALL TYPE WALL001 -----
THERMAL CONDUCTANCE, U= 11.11765 kJ/h m2K; k-Wert= 2.02507 W/m2K
TRANSFERFUNCTION COEFFICIENTS
K      A      B      C      D
0  6.5962746E+01  3.7147174E-11  6.5962746E+01  1.0000000E+00

```

```

1  -1.9321300E+02  1.9600363E-05  -1.9321300E+02  -2.5889909E+00
2  2.1497283E+02  2.0703694E-03  2.1497283E+02  2.4766443E+00
3  -1.1424215E+02  1.6801276E-02  -1.1424215E+02  -1.0823743E+00
4  3.0227246E+01  2.7606512E-02  3.0227246E+01  2.1804052E-01
5  -3.8646565E+00  1.2114674E-02  -3.8646565E+00  -1.8453480E-02
6  2.2217283E-01  1.5130852E-03  2.2217283E-01  5.5110836E-04
7  -5.0439072E-03  5.1307432E-05  -5.0439072E-03  -4.5968319E-06
8  3.5895972E-05  4.1805559E-07  3.5895973E-05
9  -5.9219064E-08  6.8734906E-10  -5.9220024E-08
SUM  6.0177242E-02  6.0177242E-02  6.0177242E-02  5.4127678E-03
----- WALL TYPE SLAB_1 -----
THERMAL CONDUCTANCE, U= 8.41608 kJ/h m2K; k-Wert= 1.67293 W/m2K
TRANSFERFUNCTION COEFFICIENTS
K      A      B      C      D
0  3.1103333E+01  4.5015356E-02  9.9596074E+01  1.0000000E+00
1  -4.6700211E+01  5.1461523E-01  -1.8043902E+02  -9.8996929E-01
2  1.7848092E+01  3.0844559E-01  8.9266539E+01  9.4440079E-02
3  -1.3725888E+00  1.0926822E-02  -7.5467015E+00  -2.6881018E-05
4  3.8268673E-04  5.7307996E-06  2.1195902E-03
SUM  8.7900872E-01  8.7900872E-01  8.7900873E-01  1.0444391E-01
----- WALL TYPE SLAB_2 -----
THERMAL CONDUCTANCE, U= 2.10506 kJ/h m2K; k-Wert= 0.53187 W/m2K
TRANSFERFUNCTION COEFFICIENTS
K      A      B      C      D
0  1.4685699E+02  8.8142066E-06  3.1103327E+01  1.0000000E+00
1  -3.6420157E+02  3.3306937E-03  -6.8950576E+01  -1.7052660E+00
2  3.0184267E+02  2.0795495E-02  5.1797991E+01  8.2062992E-01
3  -9.3163016E+01  1.6385812E-02  -1.5386442E+01  -9.7768508E-02
4  8.8802290E+00  2.0495636E-03  1.5167367E+00  2.6441306E-03
5  -1.7277114E-01  3.2567016E-05  -3.8450940E-02  -1.1854498E-06
6  6.8612926E-05  3.8097518E-08  1.6987339E-05
SUM  4.2602988E-02  4.2602984E-02  4.2602985E-02  2.0238358E-02
----- WALL TYPE SLAB_INTRN -----
THERMAL CONDUCTANCE, U= 8.41608 kJ/h m2K; k-Wert= 1.67293 W/m2K
TRANSFERFUNCTION COEFFICIENTS
K      A      B      C      D
0  3.1103333E+01  4.5015356E-02  9.9596074E+01  1.0000000E+00
1  -4.6700211E+01  5.1461523E-01  -1.8043902E+02  -9.8996929E-01
2  1.7848092E+01  3.0844559E-01  8.9266539E+01  9.4440079E-02
3  -1.3725888E+00  1.0926822E-02  -7.5467015E+00  -2.6881018E-05
4  3.8268673E-04  5.7307996E-06  2.1195902E-03
SUM  8.7900872E-01  8.7900872E-01  8.7900873E-01  1.0444391E-01
----- WALL TYPE KOLON -----
THERMAL CONDUCTANCE, U= 7.95789 kJ/h m2K; k-Wert= 1.60673 W/m2K
TRANSFERFUNCTION COEFFICIENTS
K      A      B      C      D
0  5.7836294E+01  -1.3642421E-12  5.7836294E+01  1.0000000E+00
1  -2.3549483E+02  6.4773740E-11  -2.3549483E+02  -3.7296535E+00
2  3.9647852E+02  3.3371480E-07  3.9647852E+02  5.6643292E+00
3  -3.5823950E+02  2.7474629E-05  -3.5823950E+02  -4.5184449E+00
4  1.8913984E+02  3.1028293E-04  1.8913984E+02  2.0412648E+00
5  -5.9821001E+01  9.1531606E-04  -5.9821001E+01  -5.2728993E-01
6  1.1255505E+01  9.0710973E-04  1.1255505E+01  7.5560013E-02
7  -1.2229144E+00  3.3602093E-04  -1.2229144E+00  -5.6432350E-03
8  7.2803319E-02  4.8123016E-05  7.2803319E-02  2.0068296E-04
9  -2.1886827E-03  2.6336407E-06  -2.1886827E-03  -3.0376114E-06
10  2.9615623E-05  5.2708700E-08  2.9615623E-05  1.7273490E-08
11  -1.5691750E-07  3.6131080E-10  -1.5691826E-07
SUM  2.5473475E-03  2.5473478E-03  2.5473475E-03  3.2010323E-04
***** REQUIRED INPUTS *****
*InpNR Label  UNIT  INPUT DESCRIPTION
* 1 TAMB      °C    AMBIENT TEMPERATURE
* 2 ARELHUM   %     RELATIVE AMBIENT HUMIDITY

```

* 3 TSKY °C FIKTIVE SKY TEMPERATURE
 * 4 ITSOUTH kJ/hm2 INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION SOUTH
 * 5 ITEAST kJ/hm2 INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION EAST
 * 6 ITWEST kJ/hm2 INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION WEST
 * 7 ITHORIZONT kJ/hm2 INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION HORIZONTAL
 * 8 ITNORTHEAS kJ/hm2 INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION NORTHEAST
 * 9 ITS_W_30 kJ/hm2 INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION S_W_30
 * 10 ITS_W_60 kJ/hm2 INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION S_W_60
 * 11 ITS_E_60 kJ/hm2 INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION S_E_60
 * 12 ITN_E_60 kJ/hm2 INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION N_E_60
 * 13 ITN_W_30 kJ/hm2 INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION N_W_30
 * 14 ITN_W_60 kJ/hm2 INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION N_W_60
 * 15 ITSOUTHEAS kJ/hm2 INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION SOUTHEAST
 * 16 ITN_E_15 kJ/hm2 INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION N_E_15
 * 17 IBSOUTH kJ/hm2 INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION SOUTH
 * 18 IBEAST kJ/hm2 INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION EAST
 * 19 IBWEST kJ/hm2 INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION WEST
 * 20 IBHORIZONT kJ/hm2 INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION HORIZONTAL
 * 21 IBNORTHEAS kJ/hm2 INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION NORTHEAST
 * 22 IBS_W_30 kJ/hm2 INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION S_W_30
 * 23 IBS_W_60 kJ/hm2 INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION S_W_60
 * 24 IBS_E_60 kJ/hm2 INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION S_E_60
 * 25 IBN_E_60 kJ/hm2 INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION N_E_60
 * 26 IBN_W_30 kJ/hm2 INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION N_W_30
 * 27 IBN_W_60 kJ/hm2 INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION N_W_60
 * 28 IBSOUTHEAS kJ/hm2 INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION SOUTHEAST
 * 29 IBN_E_15 kJ/hm2 INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION N_E_15
 * 30 AISOUTH ° ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION SOUTH
 * 31 AIEAST ° ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION EAST
 * 32 AIWEST ° ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION WEST
 * 33 AIHORIZONT ° ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION HORIZONTAL
 * 34 AINORTHEAS ° ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION NORTHEAST
 * 35 AIS_W_30 ° ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION S_W_30
 * 36 AIS_W_60 ° ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION S_W_60
 * 37 AIS_E_60 ° ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION S_E_60
 * 38 AIN_E_60 ° ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION N_E_60
 * 39 AIN_W_30 ° ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION N_W_30
 * 40 AIN_W_60 ° ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION N_W_60
 * 41 AISOUTHEAS ° ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION SOUTHEAST
 * 42 AIN_E_15 ° ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION N_E_15

***** DESIRED OUTPUTS *****

*OutNr	Label	Unit	ZNr	Zone	Surface	OUTPUT DESCRIPTION
* 1	TAIR	1 °C	1	ACIK		air temperature of zone
* 2	QHEAT	1 kJ/h	1	ACIK		heating demand
*** THERMAL CONDUCTANCE OF USED WALL TYPES ***						
	WALL WALL_EXTER				k-Wert=	0.218 W/m2K
	WALL WALL001				k-Wert=	2.025 W/m2K
	WALL SLAB_1				k-Wert=	1.673 W/m2K
	WALL SLAB_2				k-Wert=	0.532 W/m2K
	WALL SLAB_INTRN				k-Wert=	1.673 W/m2K
	WALL KOLON				k-Wert=	1.607 W/m2K

ÖZGEÇMİŞ

1981 yılında Karabük'te doğan Özlem Yurttakal, 1999 yılında Karabük Mustafa Yazıcı Lisesi'ni okul birinciliği ile bitirdi. Üniversite eğitimini İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümünden 2004 yılında mezun olarak tamamladı. Aynı sene yine İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Ana Bilim Dalı, Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojileri Programı'nda yüksek lisans eğitimine başlamıştır. 2005-2006 yılı güz döneminde Erasmus Öğrenci Değişim Programı ile Stuttgart University of Applied Sciences Programı çalışmalarına katıldı. 2004 yılından itibaren mimarlık alanındaki çalışmalarını serbest olarak sürdürmektedir.