

Çift Kabuk Cephe Sistemlerinin İç Mekan Isıl Konforuna Etkisi

Ayşe Selin Örkmez¹
Y. Doç. Dr. İkbal Çetiner²

Konu Başlık No: 2 Çatı ve Cephe Sistemlerinin Performansları

ÖZET

Günümüzde, yapma çevre tasarımında mimarların en önemli problemi; kullanıcı konfor koşullarının sağlandığı iç mekanı tanımlayan dış kabuğu, sürdürülebilir ve enerji etkin tasarlamaktır. Böyle bir tasarım; sadece enerjiden tasarruf edilerek değil; aynı zamanda iç mekanda kullanıcı konfor koşulları sağlanarak da mümkün olacaktır. Konfor koşulları arasından “ısı konforu” yapma çevrede kontrolü için yapılmış çalışmalar ışığında, “dış kabuğun iç yüzey sıcaklığının” önemli bir yer tuttuğu bilinmektedir. Çalışmanın amacı; uygun değerlerde sağlanması gereken bu parametrenin, cephe sistem bileşenleri ile olan ilişkisinin incelenmesidir. Bu amaçla; kapalı planlı bir ofis binası için cephe bileşenlerinin farklılaşmasına bağlı olarak geliştirilen seçeneklerin iç yüzey sıcaklıkları, bilgisayarla benzetim tekniği kullanılarak hesaplanmaktadır. Benzetimler, ikinci bir kabuk ilavesi ile ısı konforu artırılmış olduğu çift kabuk cephe sistemleri için, Fluent yazılımı ile yaz koşullarında doğal havalandırma yapılması durumunda gerçekleştirilmiştir. Bildiride, ilk olarak çift kabuk cephe sistemi bileşenleri işlevleriyle anlatılmakta ve ısı konforu ile iç yüzey sıcaklığını etkileyen parametreler ortaya koyulmaktadır. Sonrasında; bileşen farklılaşmasına bağlı olarak seçenekler üretilmekte, seçeneklere ilişkin iç yüzey sıcaklıkları hesaplanmakta ve elde edilen sonuçların iç mekan ısı konforuna olan etkileri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmektedir.

ANAHTAR KELİMELER

Çift kabuk cepheler, iç yüzey sıcaklığı, ısı konforu, benzetim, CFD.

¹ Ayşe Selin Örkmez, Mimar (İTÜ), İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık A.B.D., Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Yüksek Lisans Programı Öğrencisi, Taşkışla, 34437 – Taksim. İstanbul, ayseselinorkmez@gmail.com

² İkbal Çetiner, Y. Doç. Dr. (İTÜ), Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Mimarlık A.B.D, Taşkışla, 34437, Taksim, İstanbul, Tel: 0212 2931300 / 2379, Faks: 0212-2514895. cetinerikb@itu.edu.tr

1. GİRİŞ

Günümüzde fiziksel çevre koşullarının düzenlenmesinde (aydınlatma, ısıtma, soğutma, havalandırma, vb.) yeryüzü kaynaklı fakat “tükenen enerji” türlerinin kullanımı; çevre kirliliği, mevcut enerji kaynaklarının tükenmesi ve ekonomik nedenlerle minimize edilmeye çalışılmaktadır. Bu amaçla, ihtiyaç duyulan enerjinin kaynağını tükenmez kaynaklara yönlendirmek için stratejiler üretilmektedir. Bu stratejiler için geliştirilen tüm sistemler “enerji etkin sistemler” olarak düşünülebilir (1). Bu sistemler, mimarlara yapma çevrede harcanan enerji miktarı üzerinde etkisi en fazla olan “bina kabuğunu” daha verimli ve enerji etkin tasarlayabilme imkanı sunmaktadırlar. Malzeme ve bina teknolojisi alanındaki gelişmelerin ve enerji etkin bina tasarımlarına duyulan ihtiyacın giderek artmasıyla birlikte, bina kabuğunda kullanılmaya başlanan çift kabuk cephe sistemi enerji etkin sistemler arasında yerini almıştır (2).

ASHRAE 55-66 (3) standartında ısısal konfor “kullanıcının ısısal çevreden tatmin olma durumu” olarak tanımlanmaktadır (4). Bir yapma çevredeki kullanıcı ısısal konforunun belirlenmesinde; hava sıcaklığı, hava nemi, hava hareketi hızı ve ortalama ışınımsal sıcaklık gibi fiziksel parametreler ile kıyafetlerin yalıtım direnci ve metabolizma hızı gibi kullanıcıya ilişkin parametreler etkilidir. Temel olarak ısısal konfor, vücut ile çevre arasında meydana gelen ısı değişiminin bir sonucudur (3). Bu ısı alışverişi sonucunda sağlanması gereken ısısal denge; yapma çevrede istenen ısısal konfor düzeyini sağlamak açısından önemlidir (4). Bu kapsamda, bir mekanı sınırlayan bina elemanlarının iç yüzey sıcaklıklarının, iç ortam kullanıcı konfor şartlarının sağlanmasında etkili olduğu ortaya çıkmaktadır.

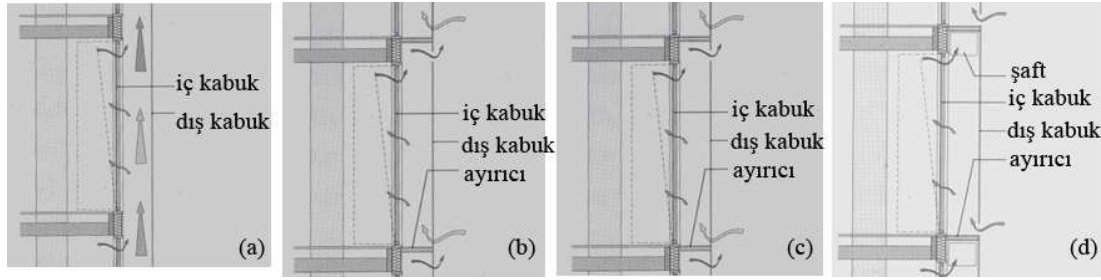
Çalışmanın amacı, günümüzün enerji problemine global ölçekte önerilen çözümlerden biri olan “çift kabuk cephe sisteminin”, ısısal konfor düzeyini belirlemede önemli bir etmen olan iç yüzey sıcaklığı parametresi ile ilişkisinin bileşen düzeyinde incelenmesidir. Bu amaçla, binalarda enerji tüketimini hesaplamakta kullanılan benzetim araçlarından biri olan DesignBuilder ortamında, açık planlı bir ofis binası için cam tipine ve güneş kontrol bileşeninin kapalı ya da açık durumda olmasına bağlı olarak üretilen çift kabuk cephe sistemi seçenekleri modellenmiştir. Elde edilen hesap değerlerine bağlı olarak, bileşen farklılaşmasının iç yüzey sıcaklıkları ve böylelikle iç mekan ısısal konforu üzerindeki etkisi karşılaştırmalı olarak değerlendirilmektedir.

2. ÇİFT KABUK CEPHE SİSTEMLERİ

Harrison and Boake, çift kabuk cephe sistemini birbirinden hava koridoruyla ayrılmış bir çift cam kabuk” olarak tanımlamaktadırlar. Cam cidarlar arasındaki hava tabakası aşırı ısınmaya, rüzgara ve sese karşı önlem olarak yalıtım sağlar. Güneş kontrol bileşenleri ise genellikle bu tabakalar arasındaki boşlukta bulunur (5). Ara boşluk; geniş hacimli hava kanalları gibi bir tampon bölge oluşturarak kullanım alanlarını çevreler ve yapma çevreye gerçek dış ortam koşullarından daha faydalı yeni bir dış ortam oluşturur (5). Bir çift kabuk cephe sisteminin işlevleri; doğal havalandırma, güneş ışınımı kontrolü, günışığı kontrolü/doğal aydınlatma, gürültü kontrolü, yangın korunumu, temizlik ve bakım/onarım kolaylığı, kullanıcı kontrolü, güvenlik olarak sıralanabilir (6).

Çift kabuk cephe sistemleri, ara boşlukta farklı geometrilere hacimler oluşturularak bölümlenebilmektedir. Bu farklılaşmaya bağlı olarak; bina yüksekliğinde, kat yüksekliğinde (koridor cephe), kutu pencere ve şaft cephe sistemleri olmak üzere dört grupta incelenmektedir. *Bina yüksekliğinde çift kabuk cephe sistemleri*, çift kabuk arasındaki ara boşlukta yatay ve düşey bölücü olmayıp, bina cephesi boyunca devam eden sürekli bir tampon boşluğu olan sistemlerdir (Şekil 1a). Bu tip cephelerde, ara boşlukta istenen havalandırma, genellikle zemin ve çatı hizalarındaki açıklıklardan sağlanır (5). *Kat yüksekliğinde çift kabuk cephe/koridor cephe sistemleri*, çift kabuk cephelerin en çok kullanılan çeşitidir. Bu cepheler, ara boşlukta kat seviyesinde yatay bölümlenme yapılması ile elde edilirler (Şekil 1b). Boşluğa hava girişi kat döşemesinin alt noktalarındaki açıklıklardan, hava çıkışı ise kat döşemesinin üst noktalarındaki açıklıklardan sağlanır. *Kutu pencere çift kabuk cephe sistemleri*, ara boşluğun yatay ve düşey bölümlenip bağımsız ve küçük kutular olarak çalıştığı cephe sistemleridir (Şekil 1c). *Şaft tipi çift kabuk cepheler*, kutu pencere cephe birimlerinin,

bina yüksekliğince devam eden hava bacalarıyla yani düşey şaftlarla bağlandığı cephe sistemleridir (Şekil 1d) (5).



Şekil 1. Bina yüksekliğinde (a), Kat yüksekliğinde (b), Kutu (c) ve Şaft tipi (d) çift kabuk cephe kesitleri (7).

Çift kabuk cephe sistemlerinin tümünde rastlanan temel bileşenler; dış kabuk, ara boşluk (tampon bölge), iç kabuk ve güneş kontrol bileşeni olarak sıralanabilir (5). Cephede koruyuculuk işlevi olan dış kabukta, daha çok kalınlaştırılmış (8, 10, 12, 15mm), lamine, temperli ya da özel güvenlik camları kullanılır. Ayrıca berrak cam, düşük yayınlı (low E) cam, renkli cam ve güneş kontrol camları sistemin özelliklerine göre tercih edilebilir. Seçilen havalandırma tipine göre tek veya çift cam ünitesi kullanılması mümkündür (6). İç kabuğun cam ünitesi seçilirken, istenen performansla ilgili olarak berrak cam, düşük yayınlı (low E) cam, renkli cam ve güneş kontrol camları sistemin özelliklerine göre tercih edilebilir (5). Güneş kontrol bileşeni genellikle ara boşluğa yerleştirilmekte ve böylece bileşenin bakım ve temizliği kolaylaşmakta, toz ya da kire daha az maruz kalmaktadır (6). Ayrıca ara boşlukta, dış kabuk tarafından korunan kontrol bileşeni, iç kabuğun da önünde yer aldığı için, güneş ışınları henüz iç ortama girmeden, bir diğer deyişle kısa dalga boylu ışınım uzun dalga boylu ışınımaya dönüşmeden, geri yansıtılmakta ve böylece kontrol bileşeninin yapma çevredeki ısıl koşullar üzerindeki etkisi iç ortamda bulunmasına göre daha etkili olmaktadır (5). Çetiner tarafından, farklı bileşen katmanlaşmalarına dayalı olarak seçenklendirilen çift kabuk cephe sistemlerinin enerji ve ekonomik etkinliğinin değerlendirildiği bir çalışmaya göre, çift kabuk cephe seçeneklerinde güneş kontrol elemanının kullanıldığı cephe sistem seçenekleri, kullanılmayanlara göre minimum %1.47, maksimum ise %8.6 olmak üzere daha fazla enerji etkindir.(8).

3. ISIL KONFOR VE BİNA KABUĞUNUN İÇ YÜZEY SICAKLIĞI

Isıl konfor, ASHRAE 55-66 (3) standartında kullanıcının bulunduğu ısıl çevreyle uyumlu olma durumu olarak tanımlanır. Bu tanımın içinde herhangi bir tipolojik ayırım yoktur; standarttaki tanım ofisleri, okulları, ticari binaları veya mevcut ve yeni yapılacak binaları, kısacası yapma çevreyi tanımlayan her ortamı kapsamaktadır (3). Isıl konforu etkileyen en önemli parametreler; aktivite düzeyi (vücuttaki ısı üretimi), kıyafetlerin ısıl direnci, hava sıcaklığı, ortalama ışınımsal sıcaklık, rölatif hava hızı, ortam havasındaki su buharı basıncı olarak çeşitlenebilen fiziksel etmenler ile ulusal coğrafik konum, yaş, cinsiyet, vücut yapısı, etnik yapı, menstrual döngü, tüketilen yiyecek cinsi, kalp ritmi, ortamda kullanılan renkler, kalabalık şeklinde sıralanabilen kişisel etmenler olarak tanımlanabilir (4). Fiziksel etmenler arasında yer alan ortalama ışınımsal sıcaklık, ASHRAE 55 ve ISO 7730 standartlarında; “bir iç ortamı sınırlayan yüzeylerin ortalama sıcaklığı” şeklinde tanımlanır. Bu tanım; farklı cephe seçeneklerinin iç yüzey sıcaklıklarındaki değişimin, iç ortam ısıl konfor düzeyini farklı şekillerde etkileyeceğini ortaya koymaktadır.

3.1 İç Yüzey Sıcaklığının Isıl Konfora Etkisi

Yapma çevrede kullanıcının algıladığı sıcaklıktan memnuniyet düzeyi yani ısıl konfor; vücut ile çevre arasında meydana gelen ısıl değişimin bir sonucudur (3). Vücut, içinde bulunduğu çevreyle sürekli olarak taşınım (konveksiyon) ve ışınım (radyasyon) yollarıyla ısı alışverişi içindedir ve maruz kaldığı ısıl hareketlerin etkisi ile sabit bir iç vücut sıcaklığına erişebilmek için çevresiyle bir “ısıl denge

kurması gerekir. Bu nedenle, bir mekanı sınırlayan bina elemanlarının iç yüzey sıcaklıkları, iç ortam kullanıcı konfor şartlarının sağlanmasında etkilidir (4). Ayrıca, bina kabuğunun iç yüzey sıcaklıklarıyla iç ortam sıcaklığı arasındaki farkın artması; mekanda “istenmeyen hava akımlarına” yol açabilir. Bu durumda, iç ortamda meydana gelen hava hareketi hızı da artarak optimum değerden uzaklaşır ve hızı artan hava akımı mekandaki hava sıcaklığını düşürerek kullanıcıyı konforsuz hissettirir. Sonuç olarak, yapılan çalışmalar ve standartlar doğrultusunda; konfor şartlarının sağlanabilmesi için iç yüzey sıcaklıklarıyla ortam sıcaklığı arasında belli bir değerde sıcaklık farkı olması gerektiği söylenebilir (9). İç yüzey sıcaklıklarının düşük olması, bina elemanında küf oluşumu riskini de arttırmaktadır (10). Ülkemizde yürürlükte olan TS EN ISO 13788 standardına göre; “küf oluşumunun başlamaması ve konfor şartlarının bozulmaması için; en düşük iç yüzey sıcaklığı, kabul edilen iç ortam sıcaklık değerlerinden (çatı, duvar vb. bütün yüzeyler için) en fazla 3°C düşük olacak şekilde tasarlanmalıdır” (11). İç yüzey sıcaklığının iç ortam ısı konfor koşullarına olan etkisi, ISO 7730 ve ASHRAE 55 standartlarında iç ortam ısı konfor düzeyini belirlemek için aranan şartlarla da ilişkilendirilebilir. Her iki standartta da; bir iç ortamın ısı konfor düzeyinin tesbitinde, belirli bir değer aralığını sağlaması gereken “operatif sıcaklık” değeri önemlidir. Operatif sıcaklık değeri, iç ortam havasıyla, onu sınırlayan bina elemanlarının iç yüzey sıcaklıklarının ortalamasıdır. Bu nedenle, doğrudan iç yüzey sıcaklıklarıyla ilişkilidir. Bu standartlarda söz konusu iç ortam için belirtilen hava hareketi hızı da ortam sıcaklığıyla ilgili olduğundan, iç yüzey sıcaklığından etkilenmektedir. Ayrıca standartlarda ısı konforu sağlamada bir kontrol ögesi olarak belirtilen “kısmi (lokal) konforsuzluk” parametresi; bir iç ortamdaki hava akımı, düşey hava sıcaklığı farkı, radyasyon asimetrisi ve döşeme sıcaklığı değerlerinin kontrolünden oluşmaktadır ve bu parametrenin kontrolüyle de iç yüzey sıcaklığının ısı konfor koşullarına etkisi gözlemlenebilmektedir (12-13).

3.2 İç Yüzey Sıcaklığını Etkileyen Parametreler

Bir çift kabuk cephe sisteminin iç yüzey sıcaklığına etki eden parametreler aşağıda sıralanmıştır:

- Dış ortama ilişkin iklimsel veriler: Kuru termometre sıcaklığı, rüzgar hızı ve güneş ışınımı (14).
- İç ortam/ yapma çevreye ilişkin veriler: İç ortam hava sıcaklığı (iç ortamda mekanik sistemden kaynaklanan ısı kazançlar, kullanıcı aktivite düzeyi ve kıyafet faktörü) (4), iç ortam için seçilen havalandırma tipi ve bu nedenle gerçekleşen hava dolaşımından kaynaklanan ısı kayıplar, bağıl nem, iç ortam hava hareketi hızı, bina için seçilen ısıtma sisteminin çalışma şekli (kesintili - kesintisiz) ve hava sızıntısı yoluyla meydana gelen kayıplar (14),
- Çift kabuk cephe sistemi bileşenlerine ilişkin veriler:
 - Saydırlık oranı (14)
 - Saydam bileşen
 - Cam ünitesi: Camın ve varsa film katmanının geçirgenlik, yansıtıcılık ve yutuculuk katsayıları, camın ısı geçirme katsayısı, cam kalınlığı, cam iç ve dış yüzeylerinin ısı yayılım katsayısı (14), cam katmanları üzerinde yer alan hava giriş-çıkış açıklıklarının boyutları (15),
 - Ara boşluk: Boşluk genişliği, boşlukta kullanılan gaz tipi, boşluktaki hava hareketi hızı (15),
 - Çerçeve sistemi: Malzeme tipi, ısı geçirme katsayısı, boyutları (14),
 - Güneş kontrol bileşeni: Tipi, konumu (boşluğun merkezinde ya da iç veya dış kabuğa yakın oluşu), yatay-düşey, hareketli-sabit oluşu, malzeme özellikleri (yansıtıcılık ve yutuculuk değerleri), açısı, kontrol edilebilirliği (6),
 - Opak bileşen: Opak bileşende yer alan malzemelerin özellikleri (ısı geçirme ve yutuculuk katsayıları), opak bileşenin alanı, opak bileşenin kalınlığı ve opak bileşenin iç ve dış yüzeylerinin ısı yayılım katsayısı (16),
- Binaya ilişkin veriler: Binada yer alan kat sayısı, kat yüksekliği, binanın oturma alanı ve binanın biçim faktörü (genişliğinin derinliğine oranı) (16).

4. METOD

Çift kabuk cephe sistem bileşenlerinin iç ortam ısı konforuna etkisini değerlendirmek üzere; iç yüzey sıcaklık değerlerinin, iç ortam sıcaklık dağılımının ve hava hareketi hızı değerlerinin belirlenmesi

gerekmektedir. Bu amaçla, çalışmada; “doğal taşınım ve ısı akışı” etkilerini birarada dikkate alan “hesaplamalı akışkan dinamiği analizinden/HAD (computational fluid dynamics /CFD)” yararlanılmaktadır. Cephe seçeneklerinin iç mekan ısı konfor düzeyinde oluşturdukları farklılıkların belirlenebilmesi, HAD analizlerinde üç temel hesap modelinin birlikte çalıştırılması ile mümkün olmaktadır (17). Bu hesap modelleri; radyasyon yoluyla gerçekleşen ısı transferi hesabı, iletimve taşınım yoluyla gerçekleşen küresel ısı transferi hesabı ve ısı-akışkan analizidir. Hava akışı ve ısı transferi hesaplarındaki karışıklıklar nedeniyle, piyasada mevcut HAD yazılımlarının birçoğu, yukarıda adı geçen üç temel hesap modelini bir araya getirmekte zorlanmakta ve bu yüzden de, cephe sistemlerinin iç ortam ısı konforuna etkilerinin değerlendirilmesinde tek başına yeterli olamamaktadır (18). Bu doğrultuda, çalışma kapsamında 3 farklı benzetim yazılımı kullanılmıştır:

- “Radyasyon yoluyla gerçekleşen ısı transferi hesabı” modelini kullanan DesignBuilder Enerji Benzetim Yazılımı ile; çift kabuk cephe sisteminde yer alan ara boşluktaki ve iç ortamdaki güneş ışınımından kaynaklanan ısı kazançları belirlenmektedir.
- Farklı çift kabuk cephe seçeneklerine göre oluşturulan ofis binası modelleri ve sayısal ağları Gambit 2.4.6 Sayısal Ağ Modelleme Yazılımı ile oluşturulmuştur.
- “İletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen küresel ısı transferi hesabı” ve “Isı-akışkan analizi” modellerini kullanan ANSYS Fluent 13 yazılımı ile; çift kabuk cephe seçeneklerinin iç yüzey sıcaklık değerleri, iç ortam sıcaklık dağılımı ve hava hareketi hızı değerleri hesaplanmaktadır.

5. UYGULAMA

İstanbul’da olduğu varsayılan bir ofis binasının çift kabuk cephe sistemi için gerçekleştirilen uygulama kapsamında; yaz döneminde doğal havalandırma yapılması halinde aşırı ısınmadan kaynaklanan konfor durumu araştırılmış, kış dönemi ihmal edilmiştir. Uygulama sürecinde öncelikle, sistem ve bileşen değişimine dayalı olarak cephe seçenekleri üretilmiş, bu seçeneklerin iç yüzey ve iç ortam sıcaklık ve hava hareketi hızı değerleri elde edilmiş ve sonrasında her bir seçeneğin ısı konfor analizi yapılmıştır.

5.1 Cephe Seçeneklerinin Üretilmesi

Cephe sistem seçenekleri oluşturulurken; öncelikle gerekli veriler düzenlenmekte ve sonrasında seçenekler üretilmektedir.

5.1.1 Verilerin Düzenlenmesi

Dış ortama ilişkin iklimsel veriler, ofis binasına ve ofis hacmine ilişkin veriler ile iç ortam kullanım koşullarına ilişkin veriler tüm seçenekler için “sabit veriler” olarak ele alınırken, cephe sistem ve bileşen tipleri “değişken veriler” olarak düşünülmüştür.

Dış ortama ilişkin iklimsel veriler: Çalışmada, çift kabuk cephe seçeneklerinin yaz döneminde “aşırı ısınma” durumunda performansının değerlendirilmesi amaçlandığı için, “İstanbul” ili dış ortam koşullarına ilişkin veriler (dış ortam sıcaklığı, rüzgar yönü ve hızı ve güneş ışınımı değerleri), IWEC hava verileri dosyasından alınan uzun yıllar ortalamasına göre en yüksek dış sıcaklıkların saptandığı 4 Temmuz ve güneş ışınımı değerinin en yüksek olduğu saat 13.00 değerleri dikkate alınarak oluşturulmuştur (19).

Ofis binasına ve ofis hacmine ilişkin veriler: Ofis binası tipinin belirlenmesi için, “cephesinde çift kabuk cephe sistemlerinin kullanıldığı mevcut 33 adet ofis binası” plan tiplerine, boşluk genişliklerine, cam tiplerine ve ara boşlukta güneş kontrol bileşeni olup olmamasına bağlı olarak analiz edilmiş ve en çok kullanılan tipler belirlenmeye çalışılmıştır. Analiz sonuçları, Tablo 1’de 33 adet binadan kaçının incelenen durumu yansıttığını ifade edecek şekilde verilmiştir. Örneğin, plan tipi verilerine ulaşılan ofislerden hücre düzenli olanların sayısı 18, karma düzenli olanların sayısı ise 11’dir. Sonuçlar doğrultusunda, benzetimde kullanılacak ofis binasının; kapalı ve açık hacimlerden oluşan, karma düzenli, 42x22 m boyutlarında, 10 katlı, kat yüksekliği 3.5m olan bir bina olmasına ve çift kabuk cephesinin güneşe yönlendirilmesine karar verilmiştir.

Tablo 1. İncelenen ofis binalarının plan tipleri ve cephe sistem bileşenleri analizi.

Plan tipi		Boşluk genişliği (cm)		Cam tipi						Güneş kontrol bileşeni	
Hücre düzenli	18	<60	5	Low-e kaplamalı	6	Pv panel	2	Kalınlaştırılmış cam	6	Var	16
Karma düzenli	11	60-200	11	Berrak cam	5	Solar kontrol camı	1	Lamine cam	5	Yok	0
Veri yok	4	Veri yok	15	Renkli cam	3	Desenli cam	1	Veri yok	4	Veri yok	15

İç ortam kullanım koşullarına ilişkin veriler: İç ortam hava sıcaklığı, ofis binaları için TS 825 (20) ve ASHRAE 55 Standartlarıyla uyumlu olarak 19⁰C alınmıştır. İç ortam bağıl nem değeri, kullanıcı konfor koşullarının sağlanması için önerilen değerde “0,50” olarak - belirlenmiştir (10). Ofislerde, tipik takım elbise giyildiği varsayılarak, yaz durumu için kıyafet faktörü “0.5 clo”, metabolizma ya da aktivite düzeyi ise tipik ofis işleri için 60 kcal/hr m² olarak kabul edilmiştir (4). İç ortam için seçilen havalandırma tipi, yaz koşullarında “doğal havalandırma” olarak seçilmiştir. Cephe sisteminin iç ortam ısı konfor düzeyi üzerindeki etkisinin belirlenebilmesi için, iç ortamda herhangi bir mekanik soğutma sistemi çalıştırılmamıştır.

Cephe sistem ve bileşen tiplerine ilişkin veriler: Ilıman iklim bölgesinde yer alan binalarda; enerji etkinliğin uygun yapım maliyetleriyle sağlanması dış kabukta çift cam, iç kabukta tek cam sistemler kullanılması ile mümkün olmaktadır (6). Bu nedenle, İstanbul’da olduğu varsayılan ofis binası cephesinde, dış kabukta çift camlı, iç kabukta lamine tek camlı ünitelerin yer aldığı varsayılmıştır. Ara boşluğun kat yüksekliklerinde bölünmesine karar verilerek, genişliği 60cm olarak seçilmiştir. Ayrıca incelenen binaların tümünde ‘yatay alüminyum güneş kırıcı’ bileşen tipinin kullanılması nedeniyle, seçeneklerin tümünde bu tip güneş kırıcı olduğu kabul edilmiştir.

5.1.2 Seçenek Üretimi

Cephe seçenekleri oluşturulurken, “cam tipi” ve “güneş kontrol bileşeni durumu” dikkate alınmıştır. Benzetimi yapılacak örnek binada, iç kabuğun 10 mm kalınlığındaki berrak cam ile, dış kabuğun ise berrak cam ya da düşük yayınlı camın (low-E) kullanıldığı hava dolgulu ısıcam sistemi (6/12/6mm) ile oluşturulduğu kabul edilmiştir. Seçeneklerde kullanılan cam tipleri ve kodları ile güneş kontrol durumu ve kodları Tablo 2’de görülmektedir. Seçenekler için geliştirilen iki basamaklı kodlama sistemi, cam ünitesinin tek ya da çift cam olmasına bağlı olarak oluşturulmuştur. Tüm seçeneklerde iç kabukta kullanılan tek berrak cam ünitesi “0” rakamıyla, dış kabukta iki adet berrak camdan oluşan ısıcam ünitesi “1”, ikinci yüzeyi düşük yayınlı (low-e) film kaplamalı ısıcam ünitesi ise “2” rakamıyla kodlanmıştır. Güneş kontrol bileşeni açısının tüm seçeneklerde 45⁰ olduğu ve boşluk içinde “dış kabuğun 15cm arkasında” konumlandığı varsayılmıştır. Bileşeni oluşturan her bir yatay parçanın et kalınlığı 0.2cm, genişliği 2.5 cm, uzunluğu da cephe genişliği kadar yani 6m’dir. Bileşenin yansıtıcılık değeri 0.6, yutuculuk değeri 0,3 ve geçirme değeri 0,1’dir. Güneş kontrol durumuna ilişkin kodlama yapılırken; “kapalı” anlamına gelen “K” harfi bileşenin aktif olduğunu, “A” harfi ise aktif olmadığını ifade etmektedir.

Tablo 2. Benzetim seçenekleri.

Seçenek Kodu	CAMLAMA SİSTEMİ				Güneş kontrol bileşeni	
	Dış Kabuk		İç Kabuk		Kod	Durum
	Kod	Cam tipi	Kod	Cam tipi		
10K	1	Berrak camlardan oluşan ısıcam (6/12/6mm)	0	Berrak cam (10mm)	K	Kapalı (aktif)
10A	1	Berrak camlardan oluşan ısıcam (6/12/6mm)	0	Berrak cam (10mm)	A	Açık (aktif değil)
20K	2	Low-e kaplamalı ısıcam (6/12/6mm)	0	Berrak cam (10mm)	K	Kapalı (aktif)
20A	2	Low-e kaplamalı ısıcam (6/12/6mm)	0	Berrak cam (10mm)	A	Açık (aktif değil)

5.2 İç Ortam ve İç Yüzey Sıcaklık Değerlerinin Belirlenmesi

Tüm seçenekler için, ilk olarak “ara boşluk” ve “iç ortam” hacimlerine düşen güneş ışınımından sağlanan ısı kazanç değerleri DesignBuilder yazılımı ile hesaplanmıştır. Sonrasında; ANSYS Fluent13 çözdürücüsünde her bir seçenek için HAD (hesaplamalı akışkanlar dinamiği) analizleri yapılırken, önceki aşamada belirlenen ısı kazanç değerleri ilgili hacimler için birer “ısı kaynağı” olarak tanımlanıp, iç yüzey ve iç ortam sıcaklıkları ile hava hareketi hızları hesaplanmıştır. Seçeneklere ilişkin benzetim sonucu belirlenen iç yüzey sıcaklıkları ile bunların ortalaması olan ortalama ışımsal sıcaklık değerleri (T_{01s}) Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3. Seçeneklere ilişkin iç yüzey sıcaklıkları (T_{is}) ve ortalama ışımsal sıcaklıkları (T_{mrt}).

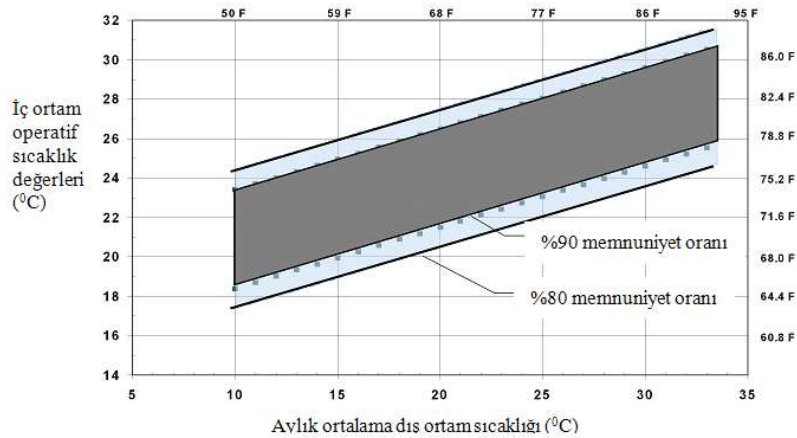
Seçenek Kodu	İç yüzey sıcaklıkları (T_{is} , °C)										Ort. ışımsal sıcaklık (T_{mrt})
	Çift kabuk				Kuzey	Batı	Doğu	Tavan	Döşeme		
	1. kabuk		2. kabuk								
	Dış yüzey	İç yüzey	Dış yüzey	İç yüzey							
10K	31,68	32,02	31,01	32,16	32,24	32,23	32,22	32,66	32,11	32,27	
10A	31,71	31,31	33,93	34,42	34,70	34,69	34,71	36,95	33,76	34,87	
20K	32,03	31,70	32,08	32,07	32,15	32,16	32,13	32,23	32,16	32,15	
20A	32,41	31,76	34,06	34,36	34,48	34,48	34,47	37,27	33,52	34,76	

5.3 Isıl Konfor Analizi

Ülkemizde iç ortam ısı konfor düzeyiyle ilişkili olarak iç yüzey sıcaklıklarının belirlenmesine ilişkin herhangi bir standart bulunmamaktadır. Sadece TS EN ISO 13788’de, bir dış duvar kesitinde yoğuşma olmaması için gerekli koşullar tanımlanmıştır. Uluslararası çalışmalara bakıldığında, ASHRAE 55 ve ISO 7730 standartlarında bu konu ele alınmıştır. Ayrıca bu konu ile ilgili olarak Berkeley Üniversitesi Yapma Çevre Merkezi pencerelerin ısı konfora etkilerini değerlendirmek üzere bir yöntem geliştirmişlerdir. Bildiride, TS EN ISO 13788, ASHRAE standardı ve CBE çalışması koşullarına uygunluk kontrol edilmiştir. Seçilen değerlendirme parametreleri aşağıda açıklanmaktadır:

- Doğal havalandırılmalı alanlar için operatif sıcaklık (T_{op}) kontrolü (13):

Operatif sıcaklık (T_{op}); metabolizma değerleri 1.0 ile 1.3 met arasında değişen (oturma ve benzeri ofis aktiviteleri), doğrudan güneş ışığına maruz kalmayan ve hava hareketi hızı 0.20 m/s değerini geçemeyen iç ortamlar için, ortam havası sıcaklığı (T_{hava}) ile ortalama ışımsal sıcaklığın (T_{01s}) aritmetik ortalamasıdır. Doğal havalandırılmalı iç ortamlarda, çoğunlukla ofis binalarında yürütülen 21.000 ölçüm sonucuna göre (% 10 tüm vücutta, %10 da kısmi olarak konforsuzluk değerleri göz önüne alınarak) izin verilen operatif sıcaklık değerleri Şekil 2’de verilmektedir. Sonuçlar %80 ve %90 memnuniyet düzeylerini yansıtmaktadır.

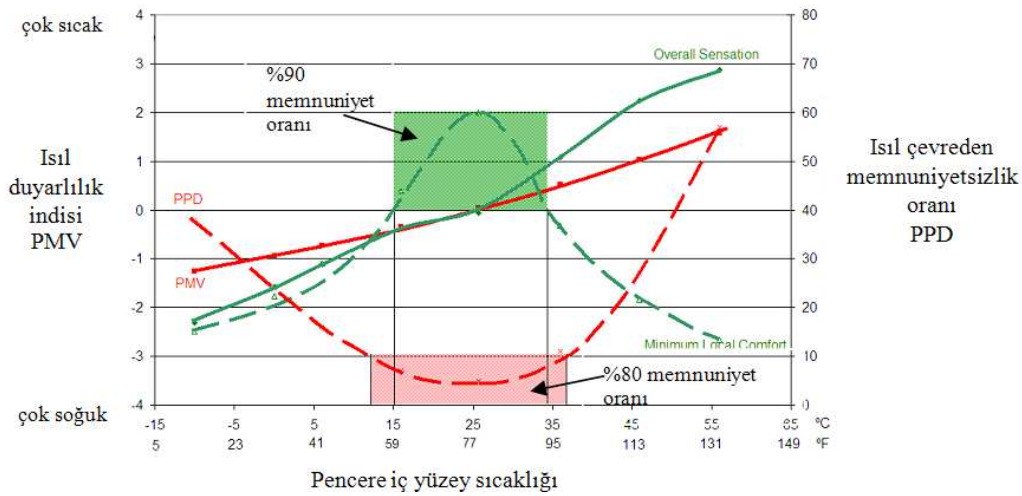


Şekil 2. Doğal havalandırılmalı iç ortamlar için izin verilen operatif sıcaklık değerleri (13). ASHRAE Standart 55, doğal havalandırılmalı iç ortamlar için lokal konforsuzluk kontrolünün operatif sıcaklık kontrolüyle birlikte yapılması nedeniyle, ayrıca lokal konforsuzluğa bakılmasının

gereksiz olduğunu belirtmiştir. Seçeneklere için hesaplanan operatif sıcaklık değerleri Tablo 4’te verilmiştir.

- CBE pencere değerlendirme yöntemine göre, iç ortam “Isıl çevreden memnuniyet” (PMV) ve Isıl çevreden memnuniyetsizlik (PPD) indislerinin belirlenmesi (14):

PMV ve PPD indisleri, Fanger tarafından geliştirilen ve ASHRAE 55, ISO 7730 standartlarında iç ortam ısı konfor düzeyinin belirlenmesinde kullanılan indislerdir. PMV indisi, bir iç ortamda ısı çevreden duyulan memnuniyet değerini, PPD indisi ise ısı memnuniyetsizliği belirtmektedir. ASHRAE 55 ve ISO 7730 standartlarında, iç ortam için istenen PMV değeri -0.5 ile +0.5 arasında, PPD değeri ise < 20 olmalıdır. CBE tarafından geliştirilen yöntem göre, pencere iç yüzey sıcaklığı Şekil 3’te verilen grafik yardımıyla iç ortam PMV ve PPD değerlerinin belirlenmesinde kullanılabilir. Şekilde ASHRAE 55’in kullandığı Fanger yönteminde izin verilen %80 ve %90 memnuniyet oranları baz alınmıştır. Buna göre seçenekler için grafik yardımıyla iç yüzey sıcaklıklarına göre belirlenen değerler Tablo 4’te verilmiştir.



Şekil 3. Dış cephe iç yüzey sıcaklığına bağlı olarak PMV-PPD indislerinin tayini (14)

- TS EN ISO 13788 standardında belirtildiği üzere “bir yapı elemanda küf oluşum riskinin önlenmesi için iç yüzey ve iç ortam havası sıcaklıkları arasındaki farkın 3⁰C’yi geçmemesi” koşulunun kontrolü (11):

Seçeneklerin iç ortam ısı konforuna etkilerinin değerlendirilmesinde yararlanılacak cephe iç yüzey sıcaklıkları (T_{is}), ortalama ışınımsal sıcaklıklar (T_{mrt}), ortalama hava sıcaklıkları (T_{hava}) ve operatif sıcaklıklar (T_{op}) Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4. Seçeneklerin iç ortam ısı konforuna etkilerinin belirlenmesinde kullanılacak değerler.

Seçenek Kodu	Çift kabuk cephe iç yüzey sıcaklıkları (T _{is} , °C)	Ortalama ışınımsal sıcaklık (T _{mrt} , °C)	Ortalama hava sıcaklığı (T _{hava} , °C)	Operatif sıcaklık (T _{op} , °C)	Cephe iç yüzey sıcaklık değerine bağlı olarak PMV indisi	Cephe iç yüzey sıcaklık değerine bağlı olarak PPD indisi (%)	Çift kabuk cephe iç yüzey ve iç ortam sıcaklık farkı (°C)
10K	32,16	32,27	32,40	32,33	0,3	6	0,24
10A	34,42	34,87	35,27	35,02	0,4	7	0,85
20K	32,04	32,15	32,25	32,20	0,3	6	0,21
20A	34,36	34,76	35,28	35,07	0,4	7	0,92

5.4 Seçeneklerin Değerlendirilmesi

Üretilen çift kabuk cephe sistem seçenekleri için yapılan iki aşamalı benzetim sonucunda hesaplanan iç yüzey ve iç ortam sıcaklık değerlerinin, TS EN ISO 13788, ASHRAE standardı ve CBE çalışmasına göre seçilen değerlendirme parametrelerine uygunlukları araştırılmıştır. Tablo 5’de özetlenen sonuçlara göre, dış kabuğunda low-e çift cam ünitesinin kullanıldığı ve güneş kontrol bileşeninin

kapalı (aktif) durumda olduğu 20K kodlu seçenek 31,01⁰C ile en düşük iç yüzey sıcaklığına sahiptir. İç ortam sıcaklıkları ile iç yüzey sıcaklıklarının birbirine en yakın olduğu seçenek 0,210C farkla, yine, 20K kodlu seçenektir. En yüksek iç ortam sıcaklığı değerleri, 35,27 ve 35,280C ile güneş kontrol bileşeninin açık (aktif değil) olduğu 10A ve 20A seçenekleri için belirlenmiştir. Ayrıca bu seçeneklerde operatif sıcaklık değerleri de maksimumdur. İç ortam sıcaklıkları ve operatif sıcaklıklar en düşük değerlerini, güneş kontrol bileşeninin kapalı (aktif) durumda olduğu 10K ve 20K seçeneklerinde almaktadır. Fakat, hiçbir seçenek %90 ve %80 memnuniyet oranlarına göre istenen 29,5 ve 30,5⁰C operatif sıcaklık değerlerini sağlayamamaktadır. 10K ve 20K kodlu seçeneklerde, PMV değerleri 0,3, 10A ve 20A kodlu seçeneklerde ise PMV değerleri 0,4 olarak belirlenmiştir. Tüm seçeneklerde PMV değeri, istenen “-0.5 ile +0.5 aralığında olma koşulunu” sağlamaktadır. 10K ve 20K kodlu seçeneklerde PPD değerleri 6, 10A ve 20A kodlu seçeneklerde ise PPD değerleri 7 olup, her dört seçenekte de bu değer istenen %20’den küçük olma durumunu sağlamaktadır.

Tablo 5. Seçenekler için belirlenen ısı konforla ilişkili parametre değerlerinin sonuçları.

Çift kabuk cephe sistemi değerlendirme parametreleri			Çift kabuk cephe sistem seçenekleri			
			10K	10A	20K	20A
Operatif sıcaklık kontrolü (ASHRAE 55)	Mevcut değer (⁰ C)		32,33	35,07	32,20	35,02
	İstenen değer (⁰ C)	%80 memnuniyet	30,5	30,5	30,5	30,5
		%90 memnuniyet	29,5	29,5	29,5	29,5
	Uygunluk		Uygun değil	Uygun değil	Uygun değil	Uygun değil
Cephe iç yüzey sıcaklık değeriyle ilişki olarak PMV ve PPD indisleri kontrolü (CBE)	Mevcut PMV değeri (%)		0,3	0,4	0,3	0,4
	İstenen PMV değeri aralığı (%)		-0.5 , +0.5	-0.5 , +0.5	-0.5 , +0.5	-0.5 , +0.5
	Uygunluk		Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
	Mevcut PPD değeri (%)		6	7	6	7
	İstenen PPD değeri aralığı (%)		<20	<20	<20	<20
	Uygunluk		Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Cephe iç yüzey ve iç ortam sıcaklık farkı kontrolü (TS EN ISO 13788)	Mevcut değer (⁰ C)		0,24	0,85	0,21	0,92
	İstenen değer (⁰ C)		3	3	3	3
	Uygunluk		Uygun	Uygun	Uygun	Uygun

Elde edilen hesap sonuçları iç ortam ısı konforu açısından değerlendirildiğinde;

- Güneş kontrol bileşeninin aktif durumda kullanımı halinde, operatif sıcaklık değerlerinde yaklaşık 3⁰C düşme ile daha etkin sonuç verdiği görülmüştür.
- Cam tipi farklılaşmasına dayalı olarak üretilen seçenekler için değerlendirme parametrelerinde değer farklılıkları 1⁰C’den az olarak hesaplanmıştır. Bu yüzden çift kabuk cephelerde her iki camın kullanımıyla yakın performans elde edilebileceği söylenebilir.
- Hiçbir seçenek benzetim yapılan gün ve saatte %90 ve %80 memnuniyet oranlarına göre ASHRAE 55 tarafından istenen 29,5 ve 30,5⁰C operatif sıcaklık değerlerini sağlayamamaktadır. Ancak bu değerler mekanda belirli bir süre için yapılacak soğutma ile konfor değerlerine getirilebilir.
- Tüm seçenekler CBE ve TS EN ISO 13788 tarafından istenen ısı konfor parametrelerine uygundur.

6. SONUÇ

Çalışma kapsamında, yaz koşullarında doğal havalandırılmalı ofis hacimlerinde kullanılmak üzere oluşturulan çift kabuk cephe sistemi seçeneklerinde cam tipi ve güneş kontrol bileşeni farklılaşmasına gidilerek, bu bileşenlerin iç ortam ısı konforuna etkisi araştırılmıştır. İki farklı bilgisayar yazılımıyla yapılan ısı konfor analizi ve değerlendirmeleri sonucunda, yaz koşullarında, güneş kontrol bileşeninin aktif olarak kullanımının daha olumlu sonuçlar verdiği ve dış kabukta kullanılan cam tipi farklılaşmasının iç ortam ısı konforuna etkisinin çok büyük oranda olmadığı belirlenmiştir. Konu ile ilgili incelenen ulusal ve uluslararası çalışmalarda sadece ara boşluk için hesaplamalara rastlanmıştır, çalışma kapsamında iç ortam için elde edilen sonuçların benzer çalışmalarla kıyaslaması yapılamamıştır. Ayrıca benzetimlerin iki aşamalı olarak gerçekleştirilmesi, uzun süre gerektirmesi gibi nedenlerle, bu çalışma için daha çok sayıda seçenek üretilerek değerlendirilmesi mümkün olamamıştır. Halen devam eden çalışma kapsamında; farklı boşluk genişliklerinde, farklı cam tiplerini içeren çift kabuk cephe sistem seçeneklerinin kış dönemi performanslarının da ele alındığı ısı konfor analizleri ve değerlendirmeleri yapılacaktır.

KAYNAKLAR

1. Yürekli, H. ve Yürekli, F., 1983, “Örneklerle Mimari Tasarımda Enerji”, İTÜ Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi.
2. Alibaba, Z., Ozdeniz, M., 2011, “Thermal comfort of multiple-skin facades in warm climate offices”, Scientific Research and Essays Vol. 6 (19), pp. 4065-4078.
3. Olesen, W., Ashrae, F., Brager, S., 2004, A better way to predict comfort, ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers) Journal, USA.
4. Fanger, P. O., 1970, “Thermal Comfort Analysis and Applications in Environmental Engineering”, McGraw-Hill.
5. Compagno, A., 2002, “Intelligent Glass Facades”, Birkhauser-Publishers For Architecture.
6. Poirazis, H., 2004, “Double Skin Façades for Office Buildings - Literature Review”, Lund University, Report EBD-R-04/3.
7. Oesterle ve diğ., 2001, “Double Skin Facades-Integrated Planning”, Munich.
8. Çetiner, İ., 2002, “Çift Kabuk Cam Cepheilerin Enerji ve Ekonomik Etkinliğinin Değerlendirilmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım”, sf. 97, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Bilgisi Programı.
9. Zhang, H., Huizenga, C., Arens, E., Yu, T., 2006, “Modeling Thermal Comfort In Stratified Environments”, Center for Environmental Design Research, University of California at Berkeley.
10. Givoni, B., 1969, “Man, Climate, Architecture”, Elsevier Co., London.
11. TS EN ISO 13788, Nisan 2004, “Bina bileşenlerinin ve bina elemanlarının nemli ortamda ısı performansları – Kritik yüzey nemini ve bina bileşenlerinin içindeki yoğuşmayı önlemek için iç yüzey sıcaklığı – Hesaplama metotları”, TSE, Ankara.
12. ISO 7730, 2005, “Ergonomics of the thermal environment-Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria”, ISO, Geneva.
13. ASHRAE 55, 2010, “Thermal environmental conditions for human occupancy”, ASHRAE, USA.
14. Huizenga, C. ve diğ., 2006, “Window Performance For Human Thermal Comfort”, Final Report To The National Fenestration Rating Council, Center For The Built Environment, UCB, USA.
15. Tascon, M., 2008, “Experimental and Computational Evaluation of Thermal Performance and Overheating in Double Skin Facades”, Doctora Thesis, University of Nottingham.
16. Çetintaş, F., 2004, (Todorovic, B., Cvjetkovic, T., 2000, “Double Facade Buildings Heat Losses and Cooling Loads Calculation Based on Inter-Space Temperature”), Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
17. Fuliotto, R., Cambuli, F., Mandas, N. Bacchin, N., Manara, G., Chen, Q., 2010, “Experimental and numerical analysis of heat transfer and airflow on an interactive building façade”, Energy and Buildings, 42(1), 23-28.
18. Safer, N., Woloszyn, M., Roux, J., Rusaouën, G. and Kuznik, F., 2005, “Modeling of the double-skin facades for building energy simulations: radiative and convective heat transfer”, Ninth International IBPSA Conference, Montréal, Canada.

19. ASHRAE IWEC Weather Data File, DesignBuilder weahter data file library.
20. TS 825, Mayıs 2008, Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, TSE, Ankara.