

BİNA ENERJİ TASARRUFUNDA PASİF AKILLILIĞIN ÖNEMİ

Meltem BAYRAKTAR
Zerrin YILMAZ

ÖZET

Dünyamız, enerji tüketiminin giderek artması nedeniyle enerji kaynaklarının tükenmesi ihtimaliyle ve de global ısınmayla karşı karşıyadır. Binalar toplam enerji tüketiminde oldukça yüksek bir paya sahiptirler. Bu nedenle binalarda enerjinin etkin kullanılması büyük miktarlarda enerji tasarrufu sağlayacaktır. Günümüzde, minimum düzeyde enerji tüketimiyle en üst düzeyde kullanıcı konforunu sağlayabilen binalar tasarlanması hedeflenmektedir. Mimari pasif öğeler göz önünde bulundurularak binanın kendisinin ve binadaki tüm sistemlerin kendini çevreleyen mikro ve makro düzeydeki ortam koşullarına göre tasarlandığı, değişen iç ve dış ortam koşullarından devamlı haberdar olan ve koşullara uyum gösteren gerçek akıllı binalar bu hedefin gerçekleştirilmesini sağlayacaklardır ve çevrenin korunmasına, sürdürülebilirliğe, enerjinin etkin kullanımına ve ülke ekonomisine önemli katkılarda bulunacaklardır.

Bu bildiriye pasif akıllı bina kavramı tanıtmakta ve pasif güneş enerjisi sistemi olan akıllı bina tasarımına, örnek bir bina üzerindeki uygulamalarla açıklanan bir yaklaşım önerilmektedir. Örnek bina olarak Stuttgart, Almaya'daki bir ofis binası ele alınmıştır. Ofis binalarında soğutma giderlerinin diğer enerji giderlerine göre çok daha baskın olması nedeniyle bu binanın soğutma enerji giderlerinin azaltılmasına yönelik pasif stratejiler önerilmiş ve bu stratejiler bina otomasyon sistemi ile kontrol edilmiştir. Her önerilen sistemin iç hava sıcaklığı ve soğutma yüklerine etkisi bilgisayar tabanlı enerji simülasyon programlarından biri olan TRNSYS bina simülasyon programı kullanılarak analiz edilmiştir ve sonuçlar değerlendirilerek nasıl optimum çözüm elde edilebileceği gösterilmiştir.

1. GİRİŞ

IEA ülkeleri arasında yapılan bir çalışmaya göre binalar en önemli enerji tüketen kaynaklardan biri olarak toplamda kullanılan elektriğin yarısını, doğal gazın üç te birini tüketmektedirler ve oluşan sera gazlarının üç te birinden sorumludurlar[1]. Enerji tasarrufu gelecekteki enerji ihtiyacını karşılamada ve iç ve dış ortamdaki hava kirliliğini önlemede maliyeti en düşük yöntemdir. Binalarda enerji etkinliği pek çok ülke için önceliklerinin başında gelmektedir ve mevcut binalar enerji tasarrufu için yüksek bir potansiyel oluşturmaktadırlar. Dünya çapında pek çok hükümet bina enerji standartlarını yükselterek ve tüketim değerlerine kısıtlamalar getirerek binalarda tüketilen enerjiyi mümkün olan en küçük değere çekmeye çalışıyorlar[2]. Binalarda tüketilen enerji miktarı temel olarak binanın yapımına, binanın ve çevresinin ısısal özelliklerine, binanın bulunduğu yerin iklimsel özelliklerine, binanın kullanım saatlerine ve binayı ısıtmak ve soğutmak için kullanılan sistemlerin özelliklerine bağlıdır. Bütün bu parametreler göz önünde tutularak tasarlanan gerçek akıllı binalar, çevresiyle uyum içinde işleyerek enerjinin son derece etkin kullanılmasını sağlayabilirler[3].

İlerleyen teknolojiyle birlikte, "akıllı bina" kavramı da günlük hayatın bir parçası haline gelmiştir ve pek çok kişi ileri denetim sistemleriyle donatılmış binaları akıllı binalar olarak görmektedir. Wigginton ve Harris'e göre ileri teknolojilerle donatılmış günümüzün pek çok binası sanıldığı gibi akıllı değildir[4]. Bunun sebebi ısıtma, soğutma, aydınlatma gibi mekanik sistemlerin bina tamalandıktan sonra tasarlanması, kendisi de aslında bir sistem olan binayla sonradan tasarlanan bu sistemler arasında gerçek anlamda bir entegrasyonun sağlanamamasıdır.

Wigginton ve Harris akıllı binanın doğal ve yapay zekayla yakın ilişki içinde olması gerektiğini vurgulamaktadır. Binanın kendisi ve tüm sistemleri iç ve dış ortam koşulları göz önüne alınarak tasarlanmalıdır. Binalar değişen çevresel koşullardan sürekli olarak haberdar olmalı, tepki verebilmeli ve yeni koşullara uyum sağlayabilmelidir[4]. Bu koşullarda, gerçek anlamda akıllı bir bina, doğal enerji kaynaklarından faydalanmalı ve yenilenemeyen enerji kaynaklarından karşıladığı enerji ihtiyacını en azda tutabilmelidir. Akıllılık öncelikle pasif güneş mimarlığı kavramının tasarımda uygulanmasıyla başlamalıdır. Pasif güneş mimarisi, binada gerekli olan ısıtma, ve aydınlatma ihtiyacının temel bir enerji kaynağı olan güneş vasıtasıyla sağlanması; soğutma ihtiyacının ise doğal havalandırma teknikleriyle desteklenmesi ilkesine dayanan bir yaklaşımdır. Pasif güneş mimarlığı her ne kadar bir tasarım süreci de olsa, pencere, gölgeleme elemanları ve atriyum gibi binanın temel elemanları da bu teknolojinin bir parçası olarak kabul edilebilir.

Bu çalışmada pasif yöntemleri kullanan akıllı güneş yapıları tasarlamak için bir yöntem önerilmektedir ve özellikle ticari binalardaki soğutma yüklerinin pasif yöntemlerle azaltılmasına odaklanılmaktadır. Yöntemin uygulaması Almanya'nın Stuttgart şehrinde bulunan örnek bir bina üzerinde gösterilmektedir. Çalışma, pasif solar parametrelerin adım adım örnek bina için analiz edilmesi ve optimum sonucu elde etmek için farklı senaryolar hazırlanıp bunların sonuçlarının karşılaştırılmasını içermektedir. Farklı pasif stratejilerin bina enerji tüketimi üzerine olan etkileri, bir Bina Enerji Simulasyon Programı olan TRNSYS 15 ile hesaplanmıştır.

2. PASİF SOLAR AKILLI BİNALAR İÇİN TASARIM PARAMETRELERİ

Gerçek anlamda akıllı binalar, kullanıcı konforundan ödün vermeden enerjiyi etkin ve en azda kullanabilmeli, bunu sağlayabilmek için de öğrenme yeteneğine sahip olmak, iç ve dış ortam koşullarındaki değişimleri algılamak, değişimlere anında cevap verebilmek, koşullara uyum sağlayabilmek gibi insani özelliklere sahip olmalıdırlar[4]. Bunu başarabilmek için de binalar öncelikle pasif solar mimari tekniklere göre tasarlanmalıdır. Daha sonra pasif parametreler kontrol sistemleriyle denetlenmeli ve süreklilik sağlanmalıdır. Binanın kendisi ve tüm sistemleri, kendisini çevreleyen ortamı göz önünde tutmalı ve onunla uyum içinde çalışmalıdır. Pasif solar akıllı binalar, istenen iç hava sıcaklıklarının sağlanabilmesi ve dış enerji kaynaklarına bağımlılığın azaltılabilmesi için, mikro ve makro iklim koşulları, binanın yeri ve konumu, bina elemanlarının termal ve optik özellikleri gibi parametreleri bütünsel bir yaklaşımla ele alınmalıdır. Akıllı binalar iklime duyarlı tasarımlardır[5]. Bu potansiyelden tam anlamıyla faydalanabilmek için parametreler erken tasarım döneminde dikkatle hesaba katılmalıdır. Aksi takdirde gerçek akıllı binaya ulaşma fırsatı en baştan yok olacaktır. Akıllı bina tasarımına etkisi olan temel parametreler aşağıda açıklanmıştır.

2.1 Çevresel Faktörler (İklim)

İklimin, binanın hem enerji hem de çevresel performansı ve kullanıcılar üzerinde çok önemli etkileri vardır. Binalar yaz, kış ve ara dönemlerde gerekli performansı gösterebilmelidirler[6]. Binayı çevreleyen iklim iki şekilde tanımlanabilir: makro iklim ve mikro iklim. Makro iklim, belirli bir alan veya bölgenin karakteristik iklimini tanımlayan iklimsel veriler olarak tarif edilebilir. Sıcaklık, nem, yağış miktarı, rüzgar hızı ve yönü, güneşlenme süresi, güneş ışınımı verileri, atmosferik kirlilik, önemli iklim parametreleridir. Mikro iklim ise binanın çevresinin iklimidir. Bina çevresinde komşu binalar (güneş ve rüzgarın engellenmesi), arazi durumu (nehir, vadi, tepeler) gibi nedenlerle pek çok mikro iklim oluşabilir. Ayrıca binanın farklı cephelerinde farklı mikroiklimler de meydana gelebilir: örneğin hakim rüzgar doğrultusundaki cepheler, güneye veya kuzeye bakan cepheler diğerlerine göre farklı mikro iklime sahip olacaklardır[7].

2.2 Binanın yönü

Binanın yönü, binaya ulaşan doğrudan güneş ışınımı miktarını, dolayısıyla ısı kaybı ve kazançlarını etkilemektedir. Güneşin konumu, binanın yerküre üzerindeki yeri ve binanın yönü gibi veriler ile belli bir zamandaki binanın herhangi bir yüzeyine ulaşan güneş ışınımı veya yıllık toplam değerler hesaplanabilir. Bir yüzeye düşen güneş radyasyonu iki bileşenden oluşmaktadır: Doğrudan güneş ışınımı ve yaygın güneş ışınımı. Yaygın güneş ışınımında yönler, doğrudan güneş ışınımının aksine, atmosferik kirlilik, bulutlar ve topraktan yansıyan ışınlar nedeniyle homojen değildir[7].

Yaz ve kış güneşinin yükseliş açısına bağlı olarak, kışın en fazla yazın ise en az doğrudan gün ışınımını alan cephe güney cephesidir. Bu nedenle sık kullanılan mekanlar güney cepheye yerleştirildiği zaman binalar güneşten en fazla kazanımı sağlarlar (güney yarımküre için kuzey cephe). Tabiki binanın her zaman tam güney yönüne bakması şart değildir fakat ana cephenin +30 derece aralığında güneşe bakması faydalı olacaktır[8].

2.3 Yerleşme Alanının Planlaması

Bir başka önemli adım binanın yapımı planlanan alanın analiz edilmesi ve alan içindeki en uygun yerin belirlenmesidir. Pasif solar akıllı bina tasarımı doğal kaynaklardan faydalanmayı gerektirir. Seçilen alanda binanın yerleşimi ve özellikle aralıkların belirlenmesi oldukça kritik bir tasarım parametresidir. Pasif solar akıllı binalar için ideal bir alan, gün ışığına erişimi kışın engellemeyen yazın ise engelleyebilen alanlardır. Ayrıca ısıtma ve soğutma ihtiyaçlarına göre soğuk kış rüzgarlarından korunaklı veya rüzgara açık alanlar olmalıdır. İstenen performansı yakalayabilmek için, etraftaki engeller de göz önünde bulundurularak, bölgenin ikliminin gerektirdiklerine en uygun alan seçilmelidir. Alan planlamayı etkileyen en önemli özellik şöyle sıralanabilir: alanın topografyası, alan üzerindeki ve çevresindeki bitki örtüsü ve komşu binalar. Binaya ulaşan güneş radyasyonu miktarını etkiledikleri ve hakim rüzgarları kestikleri veya yönünü değiştirebildikleri için performansı doğrudan etkilerler[9].

2.4 Binanın Formu

Bina formu enerji tüketiminde önemli bir role sahiptir. Kompakt form bina kabuğundan iletimle meydana gelen ısı transferini en aza indirir ve doğal aydınlatmaya, doğal havalandırmaya ve ısı kazanımlarına olanak sağlar. Küp şeklinde bir yapının ısı kayıpları en az olmasına rağmen, iyi bir pasif solar bina -güneş enerjisini daha fazla toplayabilmek için- uzun kenarlarından biri güneye yönelmiş, kuzeye bakan kenarı ise iyi yalıtılmış dikdörtgen biçimindedir[10]. Bina elemanlarının güneşe göre ayarlanması binanın ısıtma ve soğutma yüklerini azaltır. Ayrıca bina içindeki mekanlar en uygun enerji zon konfigürasyonunu oluşturacak şekilde gruplanmalıdırlar. Sık kullanılan yaşam alanları ısıtma ve aydınlatma ihtiyaçları yüksek olduğu için güneye yönelmelidir. Koridorlar, banyolar, depolar gibi gün ışığı ihtiyacı daha düşük olan mekanlar tampon vazifesi de görmesi için kuzeye yönlendirilmelidir ve küçük pencerelere sahip olmalıdırlar. Mutfak gibi yüksek içsel ısı kazanımı olan mekanlarda güney pencerelerden kaçınılmalıdır. Bunun dışında soğutma ihtiyacının yüksek olduğu sıcak kuru iklim bölgelerinde avlulardan faydalanılabilir. Sık kullanılan odalar avluya yönlendirilmelidir[10].

2.5 Bina Kabuğu

Bina kabuğu duvar, tavan, zemin, pencere, kapı... gibi binayı (koşullandırılmış mekanı) dış ortamdan ayıran ve ısı enerjisinin içeri veya dışarı transferine izin veren bileşenlerdir. İç ve dış ortam ayırıcı olarak enerji tüketimi üzerinde çok büyük etkisi vardır[11]. Bina kabuğunun yapım maliyeti toplam inşaat maliyetinin 15-40%'ına tekabül ederken, yaşam dönemi maliyetlerine katkısı –özellikle enerji maliyetine-60% civarındadır [10]. Bina kabuğu her zaman tasarımcının kontrolündedir ve bu nedenle pasif solar akıllı bina tasarımında çok önemli bir role sahiptir.

Sabit olmayan, binanın enerji maliyetlerini düşürmek için değişen ortam koşullarına uyum sağlayabilen kabuklar akıllı kabul olarak adlandırılmaktadır. Bina kabuğunun, ısı davranışları birbirinden çok farklı olan şeffaf ve opak bileşenleri binanın enerji ihtiyacını ve ısısal ve görsel konforunu belirler.

2.5.1 Opak Bileşenler

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

Öncelikle, pasif solar akıllı bina iletim kayıplarını önlemek için iklimin özellikleri göz önünde bulundurularak iyi izole edilmelidir. Isı kayıpları azaltıldıktan sonra kalan ısıtma ve soğutma yükleri pasif yöntemlerle karşılanabilir.

Isıtma ve soğutma yüklerini azaltmaya yönelik yaklaşımlar ayrıca izolasyonun uygulamasının da doğru yapılmasını, tavsiye edilen kalınlıkların uygulanmasını gerektirir. Bir binanın ısı kaybı miktarı, birim yüzeyin alanı, iç ve dış hava sıcaklığı değeri ve U katsayısına bağlıdır[12]. U katsayısı bir bina bileşeninin iki tarafı arasında 1°C sıcaklık farkı olduğunda birim alanından, bu alana dik doğrultuda birim zamanda iletimle, taşınım ve ışımayla geçen ısı enerjisidir. Birimi W/m²K'dir. U katsayısı büyüdükçe ısı kayıplar veya kazançlar da artar.

Kabukta meydana gelen ısı kayıplarını azaltmak için izolasyon dışında birkaç yol daha vardır. Isıl kütle, ısı enerjisini uzun süre depolayabilen su veya taş gibi malzemeleri ifade etmektedir. Güneşli günlerde ısı kütle güneş enerjisini emerek ve depolar ve gündüz saatlerinde aşırı ısınmayı önler. Geceleyin ise depolanan enerji iç veya dış ortama geri verilir. Bunun dışında ısı kütle iç ortamdaki ani sıcaklık değişimlerini engeller ve zaman geciktirmesiyle beraber sıcaklığı düzenler[10].

Opak bileşenin yüzey rengi binanın ısısal davranışı üzerinde etkisi olan bir diğer parametredir. Opak bileşenin yansıtıcılık ve yutuculuk gibi optik özellikleri yüzey renginin bir fonksiyonudur. En basit şekliyle dış duvarlar, çatı gibi bina bileşenlerinin dış yüzey rengi sıcak iklim bölgesinde açık renkli, soğuk iklim bölgelerinde koyu renkli seçilmelidir[9].

2.5.2 Şeffaf Bileşenler

Pencere sistemleri binalarda şeffaf bileşenler olarak adlandırılırlar ve gün ışığının ve güneş enerjisinin içeri alınmasını sağlarlar. Yüzeğe gelen güneş ışınımının 80% ininden fazlasını içeri taşıdıkları için pasif güneş tasarımı önemli bir role sahiptirler fakat diğer taraftan yüksek U değerlerine sahip oldukları için de bina kabuğunun ısı açıdan en zayıf noktalarından biridirler. Camın doğal özelliğinden dolayı güneşten gelen kısa dalga boylu ışınımını diğer tarafa geçirir fakat uzun dalga boylu ışınımı içeride hapsederek iç ortamın ısınmasını sağlar (sera etkisi). Bu durum camın geçirgenlik, yutuculuk ve yansıtıcılık olarak adlandırılan optik özelliklerinin sonucudur[10].

Pencerelerden sağlanan güneş kaynaklı ısı kazanımı kontrol edebilme yeteneği camın bir özelliği olan Güneş Isı Kazanım Katsayısı (SHGC) ile ölçülür. Mekana cam yüzey vasıtasıyla giren ısı kazancının yüzeye gelen güneş radyasyonuna oranıdır. Güneşten ısı kazanımı hem doğrudan geçirilir hem de önce emilip sonra ışımayla, iletimle veya taşınım ile mekana geri verilir[13]. SHGC şeffaf yüzeye gelen güneş enerjisinin ne kadarının pencere yoluyla içeriye iletildiğini gösterir. SHGC kırılma açısına ve spektral dağılıma bağlıdır.

Günlü ışığı geçirgenliği (T_{vis}) şeffaf bir bileşenin üzerine gelen güneş ışınımından güneş spektrumunun görülebilir dalga boylarının ne kadarını iç mekana iletebildiğinin ölçüsüdür.

Binalardaki enerji tüketimini etkileyen önemli sebeplerinden biri camın yani şeffaf bileşenin büyüklüğü ve yeridir. Isıtma ihtiyacı durumunda genel bir kural olarak binadaki camların çoğunluğu güney cepheye yerleştirilmelidir. Doğu ve batıya bakan pencereler kışın az yazın ise çok fazla güneş enerjisi topladığından doğal aydınlatmayı da ihmal etmeyecek şekilde fakat mümkün olduğunca az kullanılmalıdır. Pencereler yeterli doğal aydınlatma sağlayacak büyüklükte tasarlanmalıdır. Örneğin pencere büyüklüğü odanın zemin alanının en az %15'i olmalıdır[12].

Standart pencereler taşınım ve ışıma yoluyla oldukça önemli miktarlarda ısı kaybına sebep olurlar. Pencerelerdeki cam katmanlarının sayısı artırılarak ısı kayıpları azaltılabilir fakat hava ve cam yüzeyinin temas ettiği her bir noktadaki yüzeyin yansıtıcılığı ve cam malzemenin yutuculuğu güneş radyasyonunun içeriye ulaşmasını azaltır. Çift camlar genel olarak pek çok iklim bölgesi için uygundur. Taşınım kayıpları cam basıncını azaltarak veya camlar arasına plastik bir ısı kapanı ilave ederek azaltılabilir. Işınım kayıpları ise camlar üzerine uygulanan ince film yüzeylerle azaltılabilir. Günümüzde ışınım ve gün ışığı iletim katsayıları çevre koşullarına göre değişebilen camlar mevcuttur [12].

Tasarımdaki en büyük zorluklardan biri, güneye bakan pencerelerin alanlarını ısı kazanım ve kayıp değerlerini özellikle de uygun bir gece izolasyonu veya gölgeleme elemanının olmadığı durumlarda dengeleyerek aşırı ısınmaya sebep olmadan ayarlayabilmektir. Cam alanını artırmak ısı kayıplarını da artıracaktır. Günümüzde geliştirilen yeni pencere sistemleri ile bu duruma çeşitli çözümler sunulmaktadır[8].

2.5.3. Pasif Kontrol Sistemleri

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

Bina kabuğundaki bir diğer kontrol sistemi genellikle pencere açıklıklarından sağlanan doğal havalandırmadır. Doğal havalandırma sistemleri isminden de anlaşılacağı üzere binaya taze hava ve soğutma sağlamak için doğal kuvvetlerden yararlanır. Rüzgar etkisi ve sıcaklığa bağlı basınç farkı iki temel kuvvettir. Doğal havalandırma tümünden bir bina tasarım konseptidir[10].

3. PASİF SOLAR AKILLIĞIN ÖRNEK BİR BİNA ÜZERİNDE İNCELENMESİ

Bu çalışmada pasif akıllık için, özellikle bina kabuğuna yönelik tasarım stratejileri bir uygulama örneği üzerinden analiz edilmiştir. Pasif güneş akıllılığı kavramının uygulanması önemli bir bilgi birikimi ve tasarım ve inşaat sırasında detaylara özen göstermeyi gerektirir. Günümüzde mevcut olan ve gittikçe de popülerlik kazanan bilgisayar tabanlı bina performansını değerlendirmeyi sağlayan simulasyon programları, binaların ısısal davranışları hakkında detaylı bilgi verebilmekte ve optimum çözümler elde edebilmek adına tasarıma müdahale edebilmeyi sağlamaktadır. Programlar, binayı ve binanın enerjisi nasıl kullandığını tarif eden kompleks denklemlerin bilgisayar ortamında bir araya getirilmiş halidir ve yapılacak binanın enerji standartlarını sağlayıp sağlamayacağını tasarım aşamasında ortaya koyarlar. Bu çalışmada hesaplamalar modüler bir yapıya ship TRNSYS 15 bina enerji simülasyon programı ile yapılmıştır. Her bir modül sistem bileşenlerinin matematiksel ifadesidir ve girdilere göre denklem çözümlene kadar her bir zaman adımında iterasyon yapmaktadır[14].

Bu uygulama için kullanılan binanın tanımı aşağıda verilmiştir.

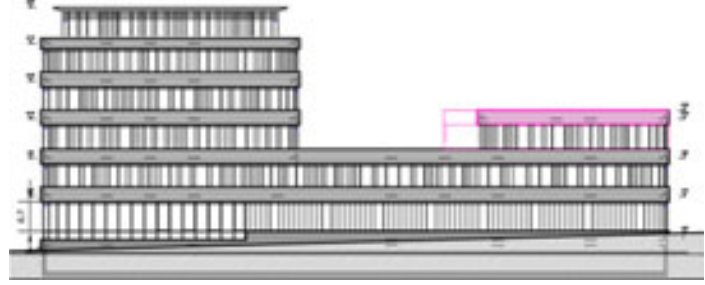
3.1 Örnek Binanın Tanımı

Çalışmada kullanılan örnek bina Almanya'da Scharnhauser Park' da inşa edilecek yeni bir binadır. Almanyanın federal eyaleti Baden-Württemberg'in başkenti Stuttgart'ın güney doğusundaki Ostfildern kasabasında bulunmaktadır. Alan büyük bir kentsel dönüşüm projesi olan ve 2008 yılında inşaatlara başlanması planlanan POLICITY projesinin geliştirme alanlarından biridir. Bölgede 10.000 kişinin barınması hedeflenmektedir[15].

Bina üç farklı kısma sahiptir: Ofis binası, laboratuvar ve üretim birimi. Ofis kısmı birbiriyle hemen hemen aynı özelliklere sahip 5 kattan oluşmaktadır. Üretim kısmına birinci ve ikinci kat seviyesinde bağlantısı bulunmaktadır. Yer altı seviyesinde binaya ait otopark bulunmaktadır. Binanın ve ofislerin güney ve doğu cephesinden görünüşü sırasıyla Şekil 1 ve Şekil 2'de yer almaktadır. İleride 6. kat olarak yapılması planlanan kafeterya kısmı da şekillerde yer almaktadır. Ofis kısmının üretim biriminden giriş katı ve 1. kat seviyesinde iç duvarlarla ayrılmaktadır, ikinci kat seviyesinden başlayarak da bina her yönden dış çevreyle temas halindedir. Katlar köşeleri yuvarlatılmış kare şekindedirler. Her bir kat $492m^2$ taban alanına sahiptir.

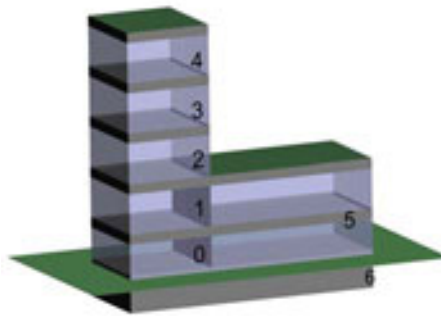


Şekil 1. Güney cephesinin görünüşü
(ofis kısmı)



Şekil 2. Doğu cephesinin görünüşü

Bina ölçeğinde en hızlı artış gösteren enerji talebi özellikle ofis binalarında soğutma içindir. Bunun nedeni genel olarak ofis ekimanlarından kaynaklanan yüksek ısısal iç kazanımlar ve kullanıcıların artan yaz dönemi konfor isteğidir. Bu nedenlerle bu çalışmada hesaplamalar sadece ofis kısmı için yapılmış, diğer mekanlar ihmal edilmiştir.



Şekil 3: Ofis binasının şematik gösterimi

Binayı simüle edebilmek için gerekli olan bilgiler toplanıp TRNSYS ortamında modelleme yapılmıştır. Ofis binasına ait tüm katlar hemen hemen aynı özelliklere sahip olduğu için bina tek zon olarak kabul edilmiştir. Bina şematik olarak şekil 3 de gösterilmektedir.

0 rakamı ile gösterilen giriş katı, sıcaklığı 18°C kabul edilen ve şekilde 6 rakamı ile gösterilen otoparkla sınır koşullarında olduğu kabul edilmiştir. Ayrıca giriş katı ve 1. kat, 5 rakamı ile gösterilen üretim birimiyle aynı koşullarda olduğu kabul edilmiştir.

Her bir kat aynı tipte duvar ve pencere sisteminden meydana gelmektedir. Binada toplam altı çeşit duvar tipi kullanılmıştır. İzalasyon seviyelerinde Alman standartları referans alınmıştır. Dış duvarlar, tavan, döşeme, iç duvarlar ve çatı için U katsayıları Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1. Yapı Bileşenlerinin U katsayısı değerleri

| Yapı Bileşeni | U katsayısı |
|--------------------------|--------------------------|
| Dış Duvar | 0.280 W/m ² K |
| İç Duvar (ağır malzeme) | 0.889W/m ² K |
| İç Duvar (hafif malzeme) | 0.35W/m ² K |
| Zemin | 0.310 W/m ² K |
| Tavan | 1.704 W/m ² K |
| Çatı | 0.207 W/m ² K |

Kullanım saatleri: Binanın yalnızca hafta içi saat 08:00 ile 18:00 arasında kullanılacağı varsayılmıştır.

İç kazançlar: Bina kullanıcılarından kaynaklanan iç kazançlar ISO 7730 standartlarına göre oturan ve hafif işler yapan kişiler için 120W/kişi olarak belirlenmiştir. Bilgisayarlardan kaynaklanan ısı kazançları ise bilgisayar başına renkli monitörlü 230W PC olarak TRNSYS kütüphanesinden seçilmiştir. Yapay aydınlatma sistemi için de güç yoğunluğu 30% lik iletim kısmıyla 5 W/m² olarak seçilmiştir.

Sızıntı: Binadaki hava sızıntısı değeri 0.1ach olacağı varsayılmıştır.

Havalandırma: Binanın çalışma saatleri arasında 0.6 ach ile havalandırılacağı planlanmıştır.

Isıtma sistemi: Öncelikle yeterli değerde izalasyon kullanılarak binanın ısı kayıplara en aza indirilmeye çalışılmıştır. Isıtma sisteminin Kasım-Nisan döneminde ihtiyaç dahilinde çalışacağı varsayılmıştır. Sistem tüm ısıtma dönemi boyunca hafta içi günlerinde 07:00-18:00 saatleri arası 20 °C'ye, 18:00-07:00 saatleri arası da 15 °C'ye ayarlanmıştır. Hafta sonu sistem devre dışı kalmaktadır. Havalandırma kayıplarını azaltmak için de taze havayı ön ısıtan ve etkinlik katsayısı 0.85 olan bir ısı dönüştürücü kullanılmıştır.

Soğutma sistemi: Soğutma sistemi sadece Haziran-Temmuz-Ağustos aylarında yalnızca hafta içi 08:00-18:00 saatleri arasında devrededir ve sıcaklığı 24 °C'ye ayarlıdır.

Binanın geometrik özellikleri ise Tablo 2'de verilmektedir.

Tablo 2. Ofis binasının geometrik özellikleri

| Zon hacmi (m ³) | 7632 | | |
|-----------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Yönler | Toplam Alan (m ²) | Pencere Alanı (m ²) | Duvar Alanı (m ²) |
| S | 242,5 | 155 | 87,5 |
| E | 307 | 197 | 110 |
| N | 85,5 | 52,5 | 33 |
| W | 229 | 146,5 | 82,5 |
| SE | 217,5 | 140 | 77,5 |
| SW | 174,5 | 112 | 62,5 |
| NE | 87 | 54 | 33 |
| NW | 81 | 49,5 | 31,5 |

3.2 Isıtma ve Soğutma Yükleri için Analizlerin Yapılması

Bu çalışmada ele alınan örnek bina 48° 46' kuzey paraleli ve 09° 10' doğu enleminde bulunan Stuttgart bölgesinde yer almaktadır. İlimli sayılabilecek bir iklime sahiptir. Binanın ısı performansını hesaplayabilmek için bu bölgeye ait dış hava sıcaklığı, doğrudan güneş ışınımı, rüzgar hızı ve nemliliğini içeren saatlik iklim verileri kullanılmıştır.

Binaya ait vaziyet planı incelendiğinde binanın çevresinde güneşi engelleyecek yapılar bulunmadığı saptanmıştır. Bu durum kış dönemi için güneşten yeterince yararlanılabileceğini gösterir; yaz dönemi içinse uygun gölgeleme elemanlarıyla güneş kontrolü yapılacaktır.

Örnek binanın ele alınan ofis kısmı kare planlı kompakt bir forma sahiptir. Sık kullanılan mekanlar açık ofisler şeklinde dış duvarlar boyunca yerleştirilerek gün ışığından en fazla seviyede yararlanılmaya çalışılmıştır. Gün ışığı ihtiyacı az olan servis alanları, merdiven ve asansörler ise merkezde toplanmıştır.

Örnek çalışmada ısı ve optik özellikleri Tablo 3'te verilen 5 farklı cam tipi araştırılmış ve binanın enerji performansına etkileri incelenmiştir. İç hava sıcaklıkları ve ısıtma ve soğutma dönemlerine göre sırasıyla ısıtma ve soğutma yükleri ve toplam enerji ihtiyacı hesaplanmıştır. Sonuçlar aşağıda verilmektedir.

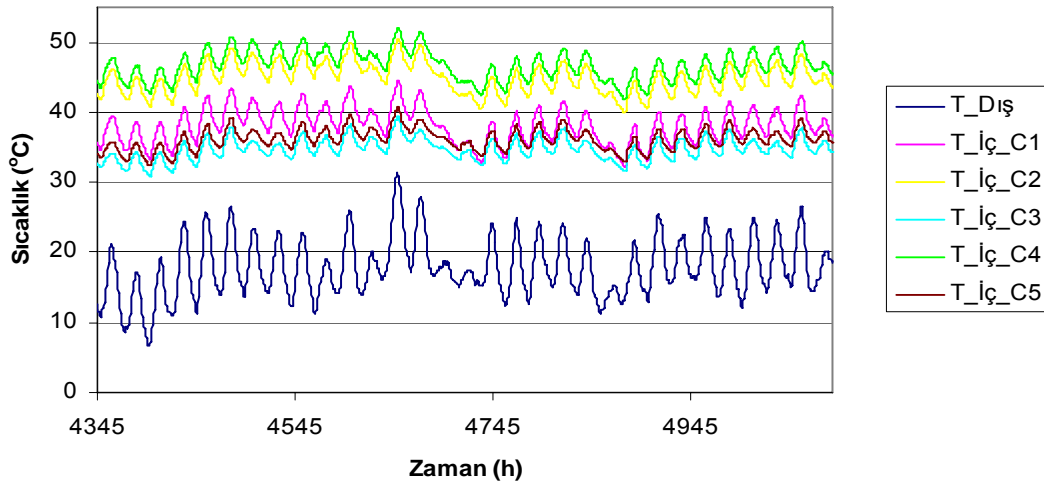
Tablo 3. Seçilen cam tiplerinin ısı ve optik özellikleri

| Cam Tipi | Açıklama | U katsayısı (W/m ² K) | SHGC % |
|----------|--------------------------|----------------------------------|--------|
| C1 | Normal Çift Cam | 2,8 | 0,755 |
| C2 | Argon Dolgulu Çift Cam | 1,4 | 0,61 |
| C3 | Argon Dolgulu Çift Cam | 1,4 | 0,27 |
| C4 | Kripton Dolgulu Çift Cam | 1,1 | 0,61 |
| C5 | Kripton Dolgulu Çift Cam | 1,1 | 0,29 |

3.2.1 Cam Tipi Analizlerinin Sonuçları

İlk olarak soğutma döneminde soğutma sisteminin devrede olmadığı durum için, iç mekan hava sıcaklıkları serbest salınımında, seçilen camlar için hesaplanmıştır. Dizayn ayı olarak seçilen Temmuz dönemi için elde edilen iç hava sıcaklığı grafikleri Şekil 4'te görülmektedir.

Dış hava sıcaklığı çok yüksek olmamasına rağmen binanın yüksek cam oranından, yapay aydınlatma sisteminden ve ofis ekipmanlarından sağlanan ısı kazanımlarla birlikte içeride oldukça yüksek sıcaklıklara ulaşılmıştır.



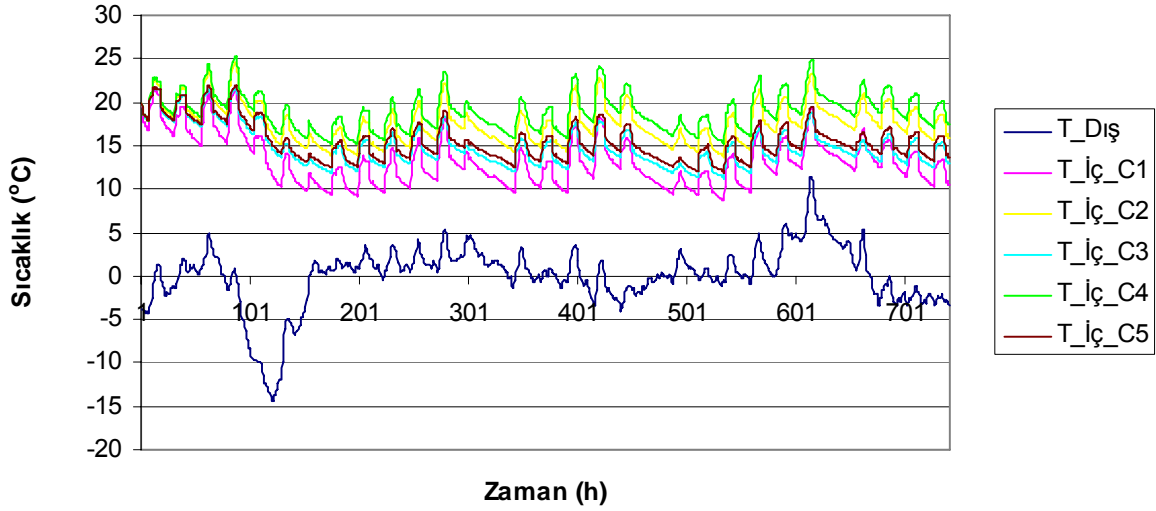
Şekil 4: Seçilen cam tiplerinin Temmuz ayı performansları

En yüksek iç sıcaklıklara C4 tipi cam için (52°C), en düşük sıcaklıklara da C3 tipi cam için (39°C) ile ulaşılmıştır. C2 ve C3 camları aynı U katsayısına sahip oldukları halde farklı SHGC'leri olduğu için oluşan sıcaklık değerlerinde de farklılık meydana gelmiştir. Bu iki cam tipiyle elde edilen ortalama sıcaklıklar arasında 9°C fark mevcuttur. Aynı durum C4 ve C5 için de geçerlidir. SHGC leri yüksek olan camlarda güneşten daha fazla kazanç sağlandığı için iç ortamda daha yüksek sıcaklıklara ulaşılmıştır. Bu durum soğutma sistemi devreye girdiğinde soğutma yüklerine de yansımıştır. (Tablo 4)

Tablo 4. Yaz dönemi (Haziran – Ağustos) soğutma yükleri

| Cam Tipleri | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Soğutma Enerjisi İhtiyacı (kWh) | 85864 | 94533 | 47949 | 99828 | 53089 |
| Soğutma Yüğü (kWh/m^2) | 35 | 39 | 20 | 41 | 22 |

Doğru kararları verebilmek için farklı ısısal ve optik özelliklere sahip camların ısıtma dönemi performansları da değerlendirilmelidir. Önce hesaplamalar ısıtma sisteminin devrede olmadığı sıcaklıkların serbest salınımda olduğu durum için hesaplamalar yapılmış ve sonuçlar Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 5: Seçilen cam tiplerinin Ocak ayı performansları

Bu şekile göre en iyi perfomansı en yüksek iç sıcaklıklarla cam tipi C4 göstermektedir fakat diğer cam tipleriyle arasında fazla fark oluşmamaktadır (Tablo 5).

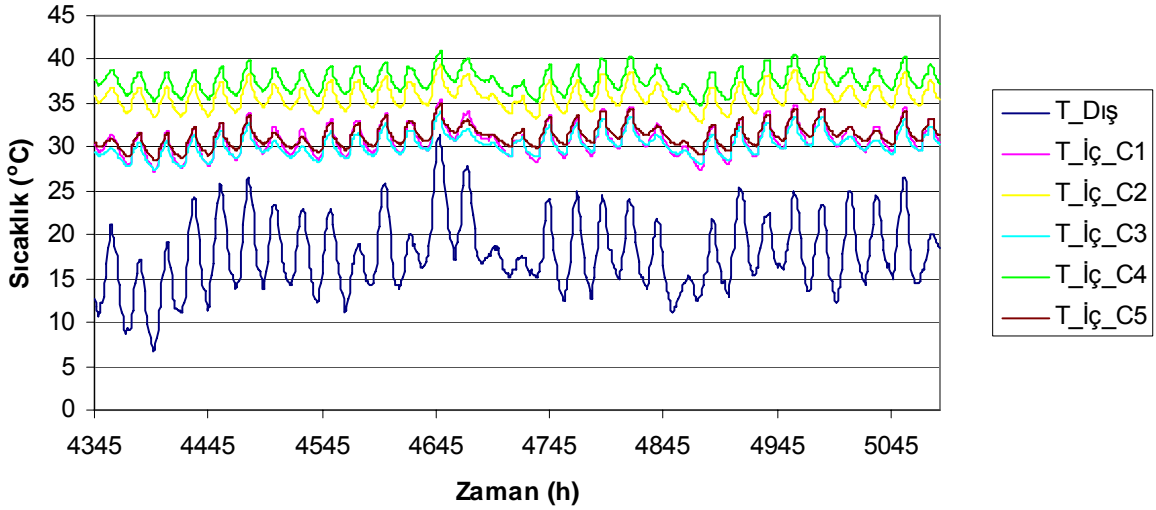
Tablo 5. Kış dönemi ısıtma yükleri

| (Kasım-Nisan) | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
|-----------------------------------|-------|------|-------|------|-------|
| Isıtma Enerjisi İhtiyacı (kWh) | 32590 | 6996 | 16778 | 3828 | 13661 |
| Isıtma Yüğü (kWh/m ²) | 13 | 3 | 7 | 2 | 6 |

3.2.2 Gölgeleme Kontrolünün Etkisi

Gölgeleme elemanlarının etkilerini araştırmak üzere soğutma döneminde binanın dış gölgeleme elemanlarıyla gölgelendiği kabul edilerek analizler yapılmıştır. Gün boyunca binanın güney, doğu, batı, güney doğu ve güney batı cephelerinde yüzeye gelen doğrudan güneş ışınımı değeri, sıfırdan büyük olduğu durumda dış gölgeleme elemanlarının devreye girdiği ve pencerelere güneş ışınımının ulaşmasını %80 engellediği durum için simülasyonlar yinelenmiştir.

Gölgeleme sistemin aktif olduğu durumla gölgeleme sisteminin olmadığı durum farklı cam tipleri için karşılaştırılınca Şekil 5'deki sonuçlar elde edilmiştir. Bu şekilde gölgeleme elemanının iç sıcaklık değerlerini aşağı çektiği görülmektedir. C3 camı hala en iyi performansı sergilemektedir. C3 göz önüne alındığında en yüksek iç hava sıcaklığı değeri 39 °C'dan 34 °C'ye ortama sıcaklık değeri de 34°C den 30 °C'ye inmiştir.

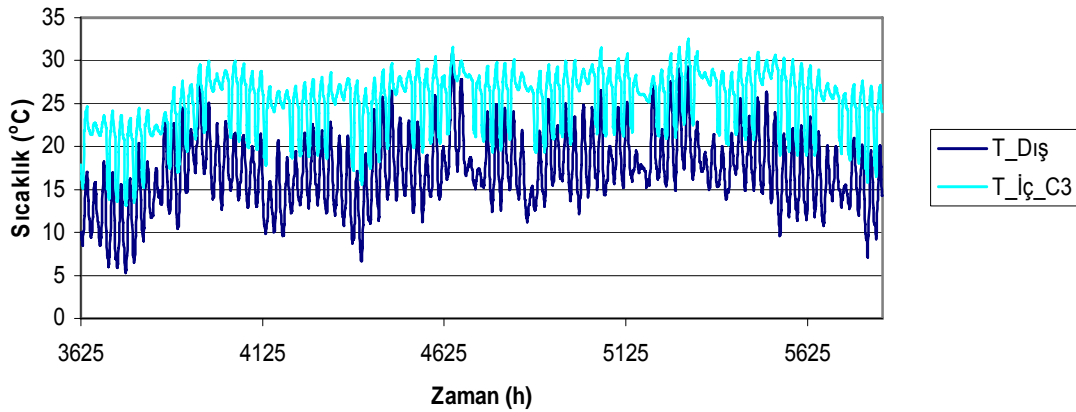


Şekil 6. Gölgeleme elemanı kullanılması durumunda Temmuz ayı için iç hava sıcaklıkları

3.2.3 Doğal Havalandırmanın Etkisi

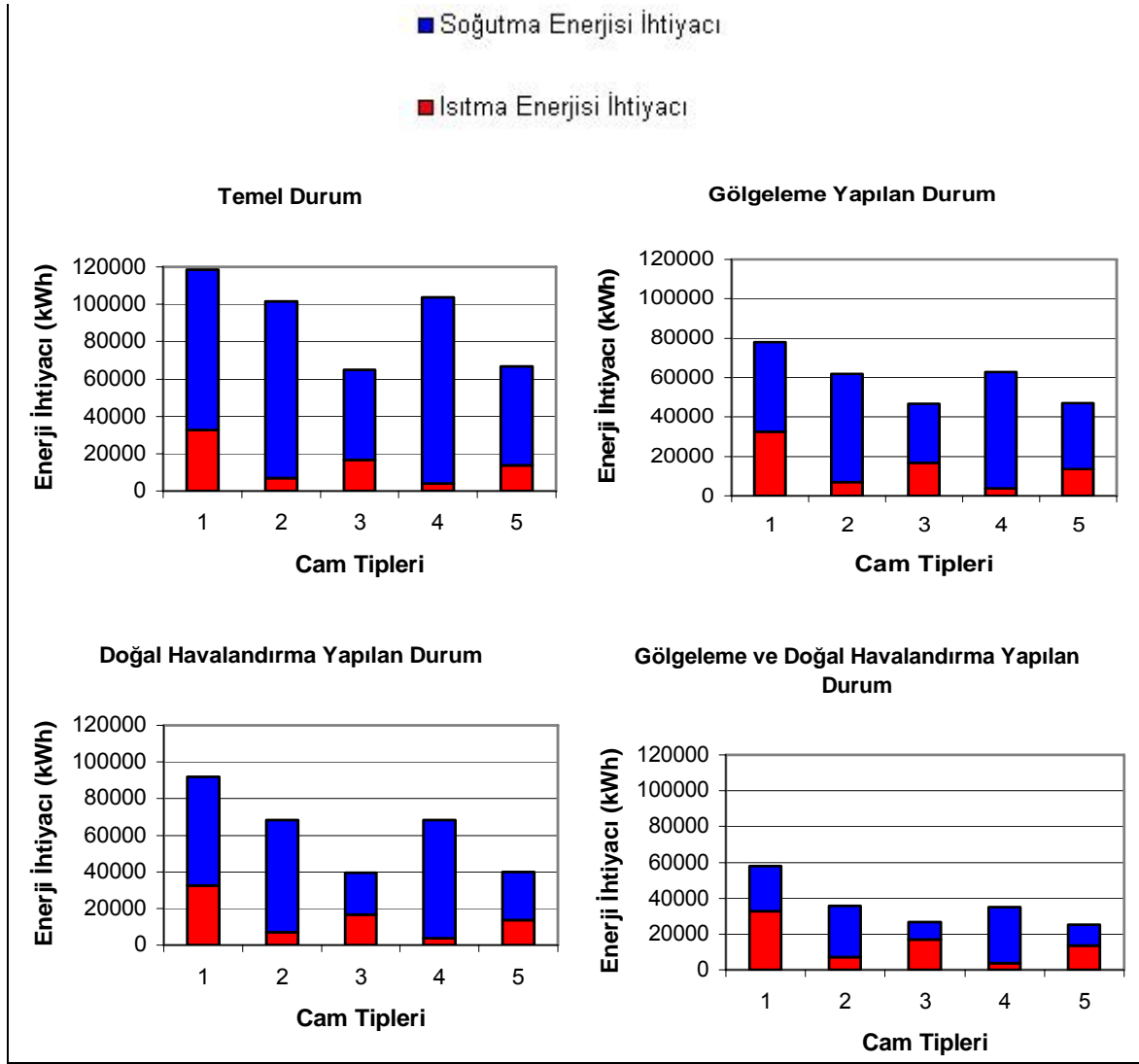
Mevcut çalışmada örnek bina üzerinde soğutma dönemi için doğal havalandırma sistemleri ve bunun binanın ısıl performansı etkileri de araştırılmıştır. Doğal havalandırma binaya otomasyon sistemi ile kontrol edilen açılabilir pencereler tarafından sağlanmaktadır. Havalandırma için planlanan zaman aralığı ve hava değişim değeri: 00:00 am -08:00 pm arasında 5 ach dir.

Gece havalandırması ile bina bileşenlerinde depolanan ısı uzaklaştırılmış ve daha düşük iç sıcaklıklar elde edilmiştir. Şekil 7'de 3 nolu cam için yapılan analizin sonuçları görülmektedir. Doğal havalandırma ile iç hava sıcaklıkları dış hava sıcaklıklarına yaklaşmaktadır.



Şekil 7: 3 nolu cam için doğal havalandırma durumunda yaz dönemi iç hava sıcaklıkları

Yapılan tüm çalışmaların sonucunda her bir senaryo için elde edilen enerji tüketim değerleri Şekil 8 de özetlenmektedir. Uygulaması yapılan pasif stratejiler binanın toplam enerji tüketim değerlerini önemli ölçüde azaltmaktadır ve iç ortamdaki hava sıcaklıklarının konfor koşullarına yaklaşmasına yardım etmektedir.



Şekil 8.Farklı pasif stratejiler için toplam ısıtma ve soğutma enerjisi ihtiyacı

Elde edilen sonuçlar kıyaslanarak optimum çözüme ulaşılmaya çalışılmıştır. En düşük yıllık soğutma enerjisi ihtiyacı 3 nolu cam tipiyle dış gölgeleme elemanlarının kullanılması ve doğal havalandırmadan faydalanılması durumunda sağlanmaktadır. Görüldüğü gibi en kötü performansı sergileyen 4 nolu cam ile en iyi performansı sergileyen ve gölgeleme ve doğal havalandırılmayla desteklenen 3 nolu cam tipi kıyaslandığı zaman soğutma için gereken enerji talebinde 79% lik bir azalma olmaktadır.

SONUÇ

Enerji sorunu günümüzde çevresel ve ekonomik boyutları nedeniyle tüm dünyada giderek önem kazanmaktadır. Binalar yüksek enerji tüketim değerleriyle pek çok ülkede enerji politikalarında öncelik kazanmışlardır. Enerji tasarrufu enerjinin korunmasında en ekonomik yöntemdir. Enerji tüketimini en azda tutabilen pasif güneş mimarisine göre tasarlanmış gerçek akıllı binalar gelecekte çok önemli bir rol oynayacaklardır.

Günümüzün akıllı olarak adlandırılan pek çok binası sadece ileri denetim sistemleriyle donatılmaktan öteye gidememektedir. Günümüzün binalarında harcanan enerji miktarı malfet çok yüksektir. Çevreye duyarlı ve çevresiyle uyum içinde çalışan, değişimleri algılayarak gerekli tepkileri verebilen, enerjiyi en azda tüketirken kullanıcı konforunu sağlayabilen binalar geleceğin binalarıdır.

Bu çalışmada enerjinin mümkün olan en düşük seviyede tüketilebilmesi adına binalar için pasif solar akıllılık konsepti tanıtılmakta ve gerçek anlamda akıllı bir bina tasarlayabilmek için bir yaklaşım önerilmektedir. Önerilen yaklaşımın uygulaması örnek bir bina üzerinde gösterilmiştir ve binalardaki enerji tasarrufuna katkısı incelenmiştir. Ele alınan bina ofis binası olması nedeniyle yüksek iç ısı kazanımı değerlerine sahiptir bu nedenle bu çalışmada soğutma yüklerinin azaltılmasına odaklanılmıştır. Bina için en uygun cam tipinin belirlenmesi, gerekli gölgeleme ve doğal havalandırma sistemlerinin seçilmesi çalışmanın temelini oluşturmaktadır.

Yapılan analizler sonucunda binanın performansını şeffaf bileşenlerin U katsayısından çok optik özelliklerinden SHGC değerinin etkilediği belirlenmiştir. U katsayısı aynı olduğu halde farklı SGCH'lere sahip camlar farklı performanslar sergilemişlerdir.

Seçilen 5 tip cam için analizler yapıldığında farklı iç sıcaklık değerleri hesaplanmıştır. Cam tipleri arasında soğutma dönemi performansı en yüksek olan iç sıcaklık değerleri ve dolayısıyla soğutma yükleri değeri en düşük olan 3 nolu camdır. Bu cam tipi gölgeleme elemanlarıyla ve doğal havalandırma ile desteklediği zaman soğutma yüklerinde 79% oranında azalma olmuştur. Bu durum tasarım aşamasında verilen kararların enerji tüketimi üzerine büyük etkileri olduğunu gösterir ve binalarda gerçek anlamda enerji verimliliği sağlamak için tüm bu parametrelerin göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Sonuç olarak pasif güneş mimarisi konseptine uygun olarak tasarlanan gerçek akıllı binalar yüksek enerji verimliliği ve kullanıcı konforunu bir arada sunmaktadırlar.

KAYNAKLAR

- [1] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, "Online Kaynak"Source, <http://www.iea.org/>
- [2] NEGRAO C.O.R., "Conflation of Computational Fluid Dynamics and Building Thermal Simulation", PhD Thesis, University of Strathclyde, Glasgow, 1995.
- [3] STEWART M.E., "Validation of a Simplified Building Cooling Load Model Using a Complex Computer Simulation Model", M.Sc. Thesis, Virginia Polytechnic Institute, Blacksburg, VA, 2001.
- [4] WIGGINTON, M. and HARRIS, J., "Intelligent Skins", Butterworth-Heinemann, Oxford, 2002.
- [5] PASSIVE SOLAR HANDBOOK, "Volume I: Introduction To Passive Solar Concept"
- [6] GOULDING, J. R., LEWIS J. O., STEEMERS T. C., "Energy Conscious Design", B. T. Batsford, Dublin, 1993,
- [7] ENVIRONMENTAL ENGINEERING SCIENCE "1-16293 Class Notes: Climate and Buildings", <http://www.esru.strath.ac.uk/Courseware/Class-16293/17>
- [8] PASSIVE SOLAR ESTATE LAYOUT, "Online KaynakSource", DOE Energy Efficiency BEST Practise Programme,
- [9] GIR 27 Passive solar energy Breesch H., Bossaer A. and Janssens A., "Passive cooling in a lowenergy office building", 24th AIVC conference, Washington DC, USA, October 12-14, 2003.
- [10] LECHNER N., "Heating, Cooling, Lighting Design Methods for Architects", John Wiley & Sons, Canada, 1991.
- [11] YILMAZ, A. Z., "Akıllı Binalar ve Yenilenebilir Enerji", TESKON Konferansı, İzmir, 2005,
- [12] NAIDJ J.S., "A Comparative Study of Passive Solar Building Simulation Using Hot2000, TRNSYS14, NETSPEC", M.Sc. Thesis, Trent University, Peterborough, Ontario, 1998.
- [13] WHOLE BUILDING DESIGN GUIDE, Window and Glazing
[\[http://www.wbdg.org/design/windows.php\]](http://www.wbdg.org/design/windows.php)
- [14] SEL, "TRNSYS Manual Version 14.1". Solar Energy Lab. Univ. Of Wisconsin-Madison, 1995.
- [15] POLICITY <http://www.polycity.net/en/index.html>



ÖZGEÇMİŞLER

Meltem BAYRAKTAR

1980 yılı Ankara doğumludur. 2003 yılında ITU Elektrik Mühendisliği bölümünden mezun olmuştur. 2006 yılında ITU Enerji Enstitüsü, Enerji Bilimi ve Teknolojileri Programı'nda yüksek lisansını tamamlamıştır. Yüksek lisans eğitimi sırasında Stuttgart University of Applied Sciences'da tez araştırması yapmak üzere bir yıl süresince değişim öğrencisi olarak bulunmuştur. Halen ITU Enerji Enstitüsü'nde doktora çalışmasına devam etmektedir. 2006 Ekim ayından beri I3CON (Industrialised, Integrated, Intelligent Construction) isimli AB 6. Çerçeve araştırma projesinde tam zamanlı araştırmacı olarak görev almaktadır.

Zerrin YILMAZ

1979 yılından beri İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Fiziksel Çevre Kontrolü Birimi'nde görev yapmakta olan, 1983-1984 yılları arasında Lawrence Berkeley Laboratory Passive Solar Group ile çalışan ve 1993 yılından beri İTÜ de aynı birimde görevini profesör olarak sürdüren Zerrin Yılmaz'ın enerji etkin tasarım, iklimsel konfor, binalarda güneş enerjisi kullanımı ve yoğunlaşma kontrolü konularında ulusal ve uluslararası 60 dan fazla yayını, ikisi halen devam etmekte olan ulusal ve uluslararası araştırmaları, yürüttüğü yüksek lisans ve doktora tezleri ve bu alanlarda uygulamaları bulunmaktadır.