

İZMİR'DE BİR OFİS BİNASININ KONFOR STANDARTLARINA ULAŞMASINDA YAPI KABUĞUNUN ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Evaluation of the Building Envelope to Achieve Comfort Standards in an Office Building in Izmir

Ayşe Sena ÇILDIR
Ayça TOKUÇ

ÖZET

Çeşitli kaynakların azalmasına ve küresel ısınma, iklim değişikliği gibi ciddi çevresel etkilere sebep olan enerji kullanımındaki hızlı artış ile ilgili Avrupa çapında alınan önlemlerden biri “neredeyse sıfır enerji binası”dır. Bu çalışmanın amacı pasif bir tasarım stratejisi olan bina kabuk tasarımının İzmir'deki bir ofis binasının konfor standartlarına ulaşmasındaki etkisini incelemektir. Araştırma yöntemi, varsayımsal bir ofis binasında seçilen değişkenleri, bina enerji simülasyon programı DesignBuilder ile neredeyse sıfıra yakın bir enerji binasına ulaşmak bağlamında incelemektir. Dört farklı senaryo çalışılmıştır; cephelerin pencere-duvar oranlarının değiştirilmesi, pencere camı tipinin değiştirilmesi, opak yapı bileşenlerine yalıtım malzemesi eklenmesi ve cephelere gölgeleme elemanları eklenmesi. Son olarak, senaryolar yıllık ısıtma ve soğutma yükü analizleri ile tartışılmaktadır. Sonuçlar, soğutma yüklerini azaltmayı hedefleyen pasif stratejilerin, İzmir'deki binanın enerji talebinde daha fazla azalmaya neden olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, neredeyse sıfır enerjiye sahip bir ofis binasına ulaşmak, değerlendirilen pasif tasarım stratejileriyle mümkün değildir; ancak binanın enerji tüketimini azaltmada önemli bir rol oynayabilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Neredeyse sıfır enerji binası, Bina enerji simülasyonu, Ofis yapıları, Enerji korunumu.

ABSTRACT

The rapid increase in world energy use causes the depletion of various resources and has severe environmental impacts such as global warming and climate change. In this context, one of the measures taken throughout Europe is “nearly zero energy building”. The purpose of this study is to examine the effect a passive design strategy, the design of building envelope in reaching the comfort standards of an office building in Izmir. The analysis method is to investigate selected variables on a hypothetical office building within the context of reaching a nearly zero energy building via building energy simulation program DesignBuilder. Four scenarios were modelled included changing the wall-window ratios of façades, changing the window glass type, adding insulation material to opaque building components, and adding shading elements to the façades respectively. Finally, the scenarios are discussed through yearly analyses of heating and cooling loads. The results show that the passive strategies that aim to decrease the cooling loads cause higher reductions in the energy demand of the building in Izmir. Consequently reaching a nearly zero energy office building is not feasible with the evaluated passive design strategies; however they can play a significant role in decreasing the energy consumption of the building.

Key Words: Nearly zero energy building, Building energy simulation, Office buildings, Energy saving.

1. GİRİŞ

Dünya enerji kullanımındaki hızlı artış, enerji kaynaklarının tükenmesine sebep olmaktadır ve küresel ısınma, ozon tabakasının incelenmesi, iklim değişikliği gibi ağır çevresel etkilere neden olmuştur. Binalar,

sülfür oksitlerin yaklaşık % 70'inden ve karbondioksit (CO₂) salımlarının % 50'sinden sorumluyken, dünyanın enerji tüketiminin yaklaşık % 40'ını, dünyanın taze suyunun % 16'sını ve orman kerestesinin % 25'ini tüketmektedir [1]. Yapılı çevredeki enerji kullanımının önümüzdeki 20 yıl içinde % 34 oranında artacağı tahmin edilmektedir. Yine 2030'da evlere ve yerli olmayan sektörler atfedilen tüketimin sırasıyla % 67 ve % 33'e çıkacağı öngörülmektedir [2].

Sıfır enerji binası (SEB) kavramı artık uzak gelecekteki bir kavram olarak değil, CO₂ salımlarının ve / veya inşaat sektöründeki enerji kullanımının azaltılması için gerçekçi bir çözüm olarak algılanmaktadır. Artan sayıda SEB projeleri ve bu alandaki araştırmalar SEB'lerle ilgili uluslararası artan ilgiyi vurgulamaktadır. SEB'lerin uygulanması için öngörülen hedefler, ABD'de Mayıs 2007'de kabul edilen Enerji Bağımsızlığı ve Güvenlik Yasası (EISA 2007) ve Avrupa Düzeyinde Yapıların Enerji Performansı Yönergesinin (EPBD) yeniden düzenlenmesi (2017) dahilinde, uluslararası düzeyde tartışılmaktadır [3]. EPBD, 2018 yılından itibaren kamu otoritelerine ait tüm kamu mülkleri veya kamu idareleri binaları ve 2020 yılından itibaren tüm yeni binalar için bina hedefi olarak 'neredeyse sıfır enerji binası' olmayı koymaktadır. Bu hedefler ışığında, Avrupa düzeyinde "neredeyse SEB"ler yalnızca sekiz yıl içinde hayata geçmelidir. Günümüze kadar yapılan çalışmalarda SEB kavramı çok çeşitli ifadelerle tanımlanmıştır ve SEB tanımlarına yönelik farklı yaklaşımlar arasında ayırım yapılabilir. Genel kabul görmüş bir SEB tanımının eksikliği halihazırda uluslararası düzeyde tartışılmaktadır [4].

Çoğu binada cephe, binanın enerji bütçesini ve konforunu diğer sistemlerden daha fazla etkilemektedir. Binanın kullanıcılar için rahat bir çevre sağlama için cephe, dış mekanla iç mekan arasında görüş sağlama, rüzgar yüklerine direnme, kendi ölü yüklerini taşıma, iç mekana doğal gün ışığı sağlama, istenmeyen güneş ısı kazancını engellenme, kullanıcıları gürültü, dış hava şartları ve aşırı sıcaklıktan koruma gibi birçok görevi yerine getirmelidir [5]. Yüksek performanslı bina cephelerinin tasarım sürecinde iklim esaslarına özgü yönergeler dikkate alınmalıdır. Sıcak ve kurak iklimlerde kullanılacak stratejiler ile ılıman veya sıcak ve nemli bölgelerdeki stratejiler birbirinden farklıdır. Yüksek performanslı bina cephelerini tasarlamak için temel yöntemler şunlardır:

- Binayı güneşin konumuna göre yönlendirmek;
- Hava kalitesini arttırmak ve soğutma yüklerini azaltmak için doğal havalandırma kullanmak;
- Yapı kabuğunun opak bileşenlerini yalıtımlı malzemeyle optimize ederek mekanik ısıtma / soğutma için kullanılan enerjiyi en aza indirmek;
- Yapı kabuğunun saydam bileşenlerini, pencere / duvar oranı (WWR), camın saydamlık oranı (VT), U değeri ve güneş ısı kazanım katsayısı (SHGC) gibi cam değişkenlerini optimize ederek gün ışığının kullanımını artırmak ve bu sayede yapay aydınlatma ve mekanik ısıtma / soğutma için kullanılan enerjiyi en aza indirmek;
- Soğutma yüklerini kontrol etmek ve ısı konforu arttırmak için gölgelendirme yapmak [5].

Tasarım sürecinin başında Bina Performansı Simülasyonu (BPS) araçlarının kullanılması, enerji verimli bina tasarımının zorluklarının değerlendirilmesi için vazgeçilmezdir. Erken tasarım aşamasında alınan kararlar, tüm tasarım kararlarının % 80'ini etkilemektedir [6].

Literatürde bina enerji tüketiminin simülasyon programları aracılığıyla en iyilenmesi konusunda birçok çalışma bulunmaktadır. Boyanoa A., Hernandez P. ve Wolf O.'nin yapmış olduğu çalışmada farklı iyileştirme senaryolarının binanın enerji tüketimine ve ekonomik performansına etkisi araştırılmıştır [7]. İlk olarak farklı aydınlatma kontrol sistemlerine sahip iki senaryo, ikinci olarak cam ve duvar yalıtımlarının iyileştirilmesi ile ilgili iki senaryo ve üçüncü olarak iki farklı bina yönelimi değişkenleri, Avrupa'nın üç iklim bölgesini temsil eden üç yer için hesaplanmıştır. Yıldız ve ark. 2011'de yapmış oldukları çalışmada [8], İzmir'deki bir eğitim binasının cam türleri ve yönler göre pencere-duvar alanı oranının bina enerji performansına etkisini araştırmışlardır. Buna göre, toplam enerji tüketimi açısından doğu ve batı cephelerin en etkili, kuzey cephenin ise en az etkiye sahip olduğu hesaplanmıştır. Çift cam (mevcut) yerine low-e kaplamalı cam kullanıldığında da yönler göre aynı sıralamanın elde edildiği görülmüştür. Altan vd. 2015'de yapmış olduğu çalışmada, konut bölgelerinde ısı denge ve gün ışığı seviyesinin analizi sunulmaktadır [9]. Çalışma, cephe ısı yalıtımı ve pencere kalitesinin değerlendirilmesi ve bunların ısı kayıpları, ısı kazanç ve gün ışığı seviyesine etkileri üzerine yoğunlaşmıştır. Bu bağlamda birbiriyle aynı boyutlarda ve aynı pencere açıklıklarına sahip, farklı yönler bakan 4 farklı hipotetik mekan kurgulanmıştır. DesignBuilder'da simüle edilmek üzere modellenen mekanlara ait şu parametreler değiştirilerek birçok kombinasyon elde edilmiştir: dış

duvardaki ısı yalıtım tabakası olarak seçilen extrude polistrenin (EPS) kalınlığı, pencere camlarının double glazed ve triple glazed özellikte olması. Simülasyon çıktıları, ılıman iklim şartlarındaki binalarda enerji verimliliği ve uygun gün ışığı için optimum cephe tasarımı hakkında bilgi sağlamıştır. Literatürde benzer senaryolara sahip çalışmaların bulunduğu görülmekle birlikte, ofis yapıları özelinde, akdeniz iklimine sahip bölgelerde ve ortam konforunun optimizasyonunu amaçlayan, karar destek aracı olarak simülasyon programı kullanan bir çalışmanın eksik olduğu görülmüştür. Bu çalışma, bu eksikliğı kapatmak amacıyla yapılmıştır.

2. YÖNTEM

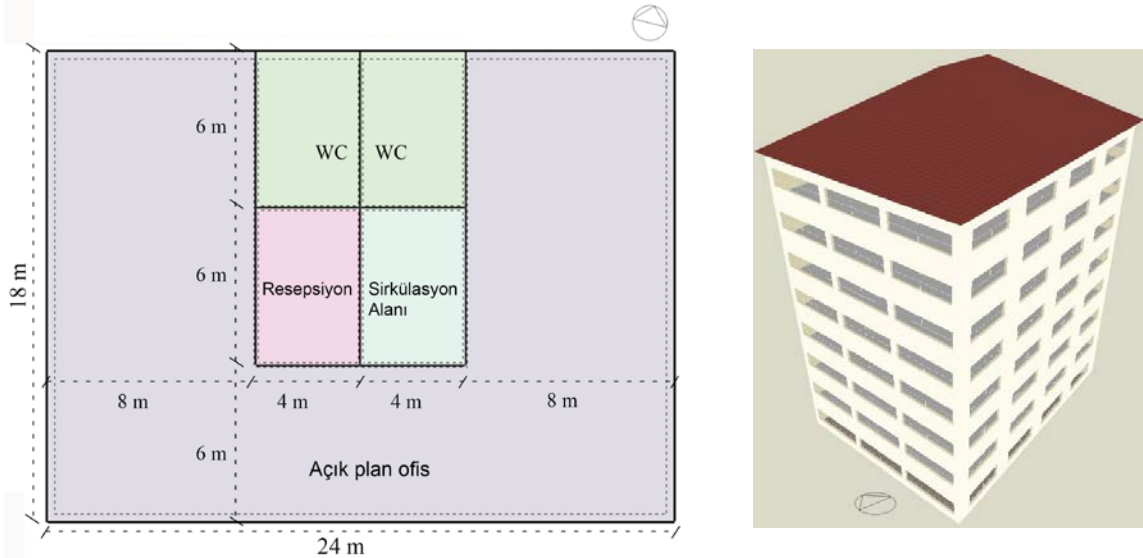
Bu çalışmanın amacı, Türkiye'nin İzmir şehrinde bir ofis binasının konfor standartlarına ulaşmasında yapı kabuğunun etkisinin değerlendirilmesidir. Bu bağlamda, yukarıda bahsedilen yüksek performanslı bina cephelerini tasarlamak için temel yöntemler karşılaştırılmalı olarak incelenecektir. İncelemenin yöntemi, hipotetik bir neredeyse sıfır enerji ofis yapısının modellenmesi, temel durum ve seçilen değişkenlerin bulunduğu senaryoların ısıtma ve soğutma tasarımlarının hesaplanması ve yapı enerji simülasyonu yardımıyla toplam enerji yüklerinin karşılaştırılmasıdır.

Bu çalışma için simülasyon motoru olarak seçilen EnergyPlus, ABD Enerji Bakanlığı'nın bina, ısıtma, soğutma, aydınlatma, havalandırma ve diğer enerji akışlarını modellemek için geliştirdiği 3. nesil dinamik bir bina enerji simülasyon motorudur. Bu çalışmada, EnergyPlus simülasyon motorunun bir grafik arayüzü olan DesignBuilder 5.0.3.007 programı kullanılmıştır [10].

2.1 Bina Tanımı ve Sistemi

Bu çalışmada İzmir'de, 2018 itibarıyla inşası tamamlanacağı varsayılan hipotetik bir ofis yapısı incelenmiştir. Binanın konumu 38°27'3.93" Kuzey; 27°10'52.42"Doğu ve rakımı 2m'dir. Bina açısı 346°'dir. Binanın, 8 katlı olacağı ve her katı birbirinin aynı olan açık planlı ofis yapısı olacağı varsayılmıştır.

Kat planı kuzey-güney cephesi 24 m, doğu-batı cephesi 18 m olan bir dikdörtgen formundadır. Kat yüksekliği 3,5 m alınmıştır. Çatısı 30° lik kırma çatıdır. Çatı saçağı 50 cm'dir. Plan, 7 ısı bölgeye ayrılmıştır. Mekanlar ve boyutları Şekil 1'deki gibi olup mekanlar resepsiyon, çekirdek, iki farklı wc ve üç farklı yöne bakan aslında aralarında herhangi bir ayırıcı bulunmayan açık ofis işlevine sahip alandır. Resepsiyon 22 m², çekirdek 22 m², wc1 ve wc2 21,3 m², toplam ofis alanı 311 m², ofis kuzey/batı bölgesi 110,3 m², ofis güney bölgesi 86,4 m², ofis kuzey/doğu bölgesi 110,3 m²'dir. Tablo 1'de yapıya dair genel özellikler özetlenmiştir.



Şekil 1. Kat planı ve modeli.

Tablo 1. Bina genel özellikleri.

Binanın konumu	38°27'3,93" Kuzey; 27°10'52,42" Doğu
Rakım	2 m
Bina inşa yılı	2018
Bina yönelimi	Kuzey-güney
Bina kat sayısı	8
Kat yüksekliği	3,5 m
Bina kat alanı	432 m (18x24 m)
Bina toplam kullanım alanı	3456 m ² (18x24x8 m)
Bina toplam hacmi	96768 m ³ (3456x8x3,5)
Bina ısıtma sistemi	Fan coil (doğal gaz)
Bina soğutma sistemi	Split klima

Binadaki opak yapı kabuğu elemanları çatı döşemesi, duvar ve zemin kat döşemesidir. Bu bileşenlerin malzeme katmanlaşmaları ile bu malzemelerin ısı iletkenlik değerleri Tablo 2'deki gibi tanımlanmıştır. Ayrıca Tablo 2'de bu bileşenlerin, U değerleri ve Türkiye'deki binalarda ısı yalıtım standardı olan TS825'de önerilen U değerleri belirtilmiştir [11].

Tablo 2. Opak yapı kabuğu elemanlarına dair veriler.

Bina Kabuk Bileşeni	Katmanlaşma	Kalınlık (m)	Isıl iletkenlik (W/m ² k)	U değeri (W/m ² k)	TS825'de önerilen U değeri (W/m ² k)
Çatı Döşemesi	Kiremit Çatı Kaplaması	0,015	1	1,878	0,45
	Hava Boşluğu	0,05	-		
	Su Yalıtımı	0,006	0,25		
	Şap	0,04	0,88		
	Betonarme Döşeme	0,12	2,5		
	Tavan Sıvası	0,02	0,4		
Dış Duvar	Dış sıva	0,03	0,42	1,801	0,7
	Düşey Delikli Tuğla	0,19	0,72		
	İç Sıva	0,02	0,4		
Zemin Döşemesi	Laminat parke	0,01	0,14	0,297	0,7
	Sunta montaj elemanı	0,05	0,15		
	Düzeltilme şapı	0,04	0,41		
	Betonarme temel	0,4	0,16		
	Su yalıtımı	0,006	0,25		
	Grobeton	0,15	1,13		

Yapının saydam kabuk elemanlarına dair özellikler, hem yapının pencere duvar oranını içeren geometrik verileri, hem de saydam yapı bileşenleri olan pencerelerin termofiziksel özelliklerini içermektedir. Bu bağlamda, binanın kuzey, güney, doğu ve batı cephelerinin pencere-duvar oranı sırasıyla %20, %30, %40, %40'dır. Pencerelerin termofiziksel özellikleri Tablo 4'de verilmiştir. Tüm doğramaların yerden 80 cm. yükseklikten başlayarak, 150 cm. yüksekliğe sahip olduğu varsayılmıştır. Doğramaların merkezden merkeze mesafeleri 5m olarak belirlenmiştir.

Ofis hafta sonu ve tatiller haricinde 07.00-19.00 saatleri arasında kullanılmaktadır. Çalışma saatleri dışında HVAC elemanlarının çalışmadığı varsayılmıştır. Tablo 4'te yapının enerji yüklerini belirleyen HVAC verileri özetlenmiştir. Yapının ofis alanı, koridorlar ve yardımcı mekanları için belirlenen aydınlatma miktarı 500 lux'tur. Bu değer EN 12464-1.2009'da belirtilen ofis alanları için minimum değerdir [12]. Binanın ısıtma/soğutma enerjisi doğal gaz ile çalışan 4 borulu Fan Coil Ünitesi, hava soğutmalı Chiller ile karşılanmaktadır. Binanın iklimlendirme sisteminin ısıtma performans katsayısı (COP değeri) 0,85, soğutma performans katsayısı 1,8'dir. Akdeniz iklimine sahip İzmir ilini iklim verileri ABD Enerji Bakanlığı'nın EnergyPlus için ürettiği verilerden alınmıştır.

Tablo 3. Binanın ana çalışma takvimi.

Çalışma saatleri	7.00-19.00	Pazartesi-Cuma arası
Kullanıcı yoğunluğu	0,11	kişi/m ²
Metabolik oran	120	W/kişi
Soğutma ayar sıcaklığı	24	°C
Isıtma ayar sıcaklığı	22	°C
Sıcak su	0,2	l/m ² gün
Havalandırma	10	l/kişi dakika
Ekipman	12	W/m ²
Aydınlatma	500	lux

3. BİNA ENERJİ TÜKETİMİNİN EN İYİLENMESİ

Bina enerji tüketiminin azaltılmasında 4 farklı senaryonun olası katkısı değerlendirilecektir. Her senaryo tekil olarak uygulanacaktır. Böylece alınan önlemler birbiriyle kıyaslanabilecektir. Senaryolar ve yapılan değişiklikler aşağıdaki gibidir:

Senaryo 1: cephe saydamlık oranlarının değiştirilmesi; geney cephe %40 olarak artırılırken doğu ve batı cepheleri %30'a düşürülmüş, kuzey cephe %20 olarak bırakılmıştır.

Senaryo 2: cam tipinin low-e kaplamalı çift cam olarak değiştirilip saydam bina bileşenlerine ait parametrelerin değiştirilmesi (Tablo 4)

Senaryo 3: tüm opak bina bileşenlerine 5cm'lik XPS extruded polystyrene eklenmesi; U değeri 0,034 W/m²K olan yalıtımın eklenmesiyle çatı, duvar ve zeminin U değerleri sırasıyla 0.499, 0.494, 0.207 W/m²K olmuştur.

Senaryo 4: cephelere gölgeleme elemanlarının eklenmesi; güney cephesinde pencere üstüne 50cm alüminyum saçak, doğu ve batı cephesine 50 cm alüminyum düşey yan kanat eklenmiştir.

Tablo 4. Binanın temel durumundaki ve Senaryo 2'deki saydam bina bileşenlerine ait parametreler.

Cam Tipi	U Değeri (W/m ² k)	Camın Saydamlık Oranı (VLT)	Gün ışığı kazanç değeri (SHGC)	Kalınlık (mm)	Doğrama Tipi
Çift cam (temel durum)	2,725	0,801	0,742	4mm saydam cam + 12 mm hava + 4mm saydam cam	Isı yalıtımlı alüminyum doğrama
Low-E Kaplamalı Çift Cam	1,931	0,721	0,634	4mm Low-e cam + 12 mm hava + 6mm Low-e kaplamalı cam	Isı yalıtımlı alüminyum doğrama

3.1 Isıtma ve Soğutma Yüklerinin Karşılaştırılması

Bu bölümde, herhangi bir iklim kontrolü bulunmayan temel durum ile 4 farklı senaryodaki ısıtma ve soğutma yükleri karşılaştırılmıştır.

Isıtma tasarımı hesaplamaları, o konumda karşılaşılabilecek en soğuk kış hava koşullarını karşılamak için gerekli olan ısıtma ekipmanının boyutunu belirlemek için yapılır. Hesaplamalar bir kış tasarım günündeki (winter design day) bir "en çok ısıtma gereksinimi olan an" için yapılır. Bu tasarım hesaplamaları genelde ASHRAE, CIBSE ve TS gibi çeşitli ulusal ve uluslararası kuruluşlar tarafından tanımlanan kararlı hal (steady state) yöntemlerini kullanarak gerçekleştirilir.

Simülasyon, her bir bölgedeki sıcaklık ayar noktalarını (setpoints) korumak için gereken ısıtma kapasitelerini hesaplar ve toplam ısı kaybını şu parçalara ayırır: Camlar, duvarlar, bölmeler, zeminler, çatılar, sızdırma, doğal havalandırma (diğer soğutucu bitişik alanlara pencere, delik, kapı yoluyla ısı kaybı).

Her bölgedeki toplam ısı kaybı, tavsiye edilen ısıtma tasarımı kapasitesini vermek için bir Emniyet faktörü (design margin) ile çarpılır. Bu çalışmada 1.25 alınmıştır. Bu ısıtma kapasitesi, HVAC altındaki Plant boyutlandırma modeli seçeneğinin ayarına bağlı olarak doğrudan ısıtma kapasitesi model verilerine yazılabilir.

Özet ekranı, Tablo 5’de gösterildiği gibi konfor sıcaklığı (comfort temperature), kararlı hal ısı kaybı (steady state heat loss) ve tasarım ısıtma kapasitesini (design heating capacity) gösterir:

Konfor sıcaklığı; iç hava ve radyant sıcaklıkların ortalaması ('operasyonel' sıcaklık olarak da bilinir). Konfor sıcaklıkları her bölge için ayrıdır. Kararlı haldeki ısı kaybı; iç dahili ısıtma tasarım sıcaklığını korumak için iletilen ısı. Bu değer emniyet faktörü ile çarpılması sonucu tasarım ısıtma kapasitesi elde edilir. Tasarım ısıtma kapasitesi; Donanımın tasarım ısıtma kapasitesini sağlamak için emniyet faktörü ile çarpılan kararlı haldeki ısı kaybı. İleride yapılacak yıllık simülasyonda kullanımın değerlendirilmesinde gerekli olan tasarım ısıtma kapasitesi de verilmektedir.

Tablo 5. Senaryoların bina seviyesinde ısıtma tasarımı özetlerinin karşılaştırılması.

	Başlangıç Durumu	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4
Kararlı haldeki ısı kaybı (kw)	263,72	274,032	259,008	216,2	266,6
Tasarım ısıtma kapasitesi (kw)	329,650	342,540	323,760	270,250	333,250

Tablo 6, temel durum ile senaryoların ısı kayıplarını göstermektedir. Buna göre tüm senaryolarda en büyük ısı kaybı dıştan gelen havalandırma ile olmaktadır. Senaryo 1’de toplam pencere duvar oranının artırılması, pencerelerden ısı kaybını artırmıştır. Senaryo 3’te yapı kabuğuna yalıtım eklenmesi, duvarlardaki ısı kaybını büyük oranda azaltmıştır. Diğer ısı kayıplarında büyük farklılıklar görülmemektedir.

Tablo 6. Yapı bileşenlerine ait ısı kayıpları.

	Başlangıç durumu	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo
Pencereler	-27,85	-37,62	-22,05	-28,92	-30,97
Duvarlar	-64,99	-67,04	-66,03	-18,33	-66,18
Tavanlar	-6,31	-6,32	-5,61	-4,21	-6,07
Ara kat zeminleri	4,24	4,26	3,51	2,41	3,99
Zemin kat zemini	-0,04	-0,02	-0,09	-0,14	-0,04
Ara kat bölmeleri	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Dıştan gelen sızma	-65,38	-64,83	-65,38	-64,71	-64,83
Dıştan gelen havalandırma	-103,39	-102,53	-103,39	-102,33	-102,53

Soğutma tasarımı (Cooling design) hesaplamaları, mekan konumunda karşılaşılabilecek en sıcak yaz hava koşullarını karşılamak için gerekli olan mekanik soğutma ekipmanının kapasitesini belirlemek için yapılır. Bu tasarım hesaplamaları genelde CIBSE ve ASHRAE tarafından sağlanan kabul ve cevap faktörü yöntemleri gibi periyodik kararlı hal yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada 15 temmuz günü için soğutma tasarımı yapılmıştır.

Simülasyon, her bir bölgedeki sıcaklık / ısı akışı birleşinceye kadar devam eder. Çakışma olmazsa, simülasyon, hesaplama seçeneklerinde belirtilen maksimum gün sayısı için devam eder. Simülasyon, her bir bölge için yarım saatlik sıcaklıklar ve ısı akışlarını hesaplar ve her bir bölgedeki soğutma sıcaklığı ayar noktalarını korumak için gereken soğutma kapasitelerini belirler. Her bir bölgedeki maksimum soğutma yükü, bir tasarım soğutma kapasitesi elde etmek için güvenlik faktörü ile çarpılır. Bu çalışmada güvenlik faktörü 1,15 alınmıştır. Bu soğutma kapasitesi, HVAC altındaki Plant boyutlandırma modeli seçeneğinin ayarına bağlı olarak doğrudan soğutma kapasitesi model verilerine yazılabilir. Tablo 7’de tüm senaryoların tasarım kapasiteleri ve toplam soğutma yükleri karşılaştırılmıştır.

Tablo 7. Senaryoların bina seviyesinde soğutma tasarımı özetlerinin karşılaştırılması.

	Başlangıç durumu	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4
Tasarım kapasitesi (kw)	385,52	389,19	366,47	359,71	385,33
Toplam soğutma yükü (kw)	335,23	338,42	318,67	312,79	335,07

Tablo 8’de soğutma tasarımı verilerinin ulaştığı en yüksek değerler başlangıç durumu ile karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Tablo 8. Soğutma tasarımı verilerinin ulaştığı en yüksek değerler [kW].

	Başlangıç Durumu	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4
Genel aydınlatma	48,17	47,77	48,17	47,69	47,77
Bilgisayar ve ekipmanlar	32,90	32,59	32,90	32,54	32,59
Kullanıcılar	24,53	24,32	24,53	24,28	24,32
Güneş kazanımı	102,58	102,18	63,75	109,39	97,72
Mekandaki duyulur ısı	-247,46	-241,53	-231,63	-226,15	-235,82
Duyulur ısı	-301,30	-294,93	-285,46	-279,44	-289,22
Toplam soğutma	-330,80	-323,88	-314,50	-308,08	-318,26
Toplam gizli yük	16,10	15,97	16,10	15,94	15,97

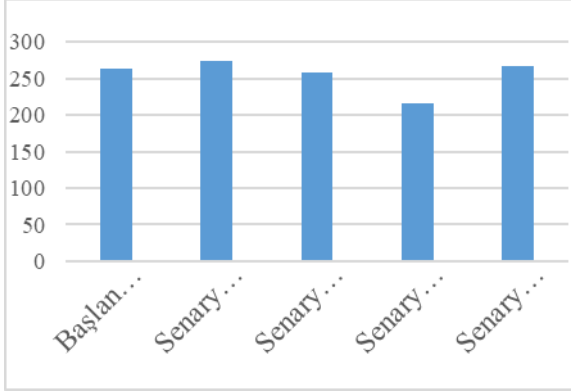
4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada, hipotetik bir ofis binası üzerinden, binanın farklı senaryolardaki ısıtma ve soğutma yüklerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Binanın orijinal hali dışında 4 farklı senaryo iyileştirme senaryosu kurgulanmıştır. Bu senaryolar, cephe saydamlık oranlarının değiştirilmesi, cam tipinin değiştirilerek saydam bina bileşenlerine ait parametrelerin değiştirilmesi, tüm opak bina bileşenlerine 5cm’lik XPS extrüde polistren eklenmesi ve güney cephesinde yatay, doğu ve batı cephesinde dikey gölgeleme elemanlarının kullanılması şeklindedir.

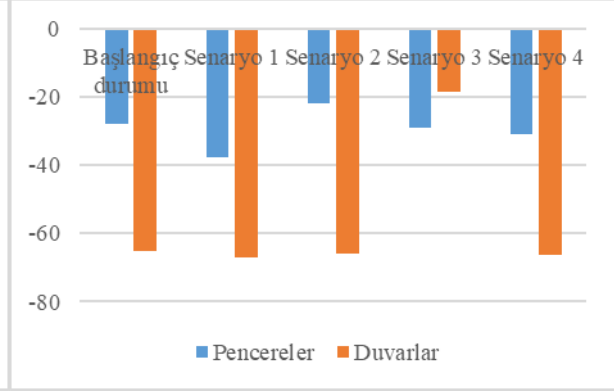
Binanın orijinal hali dahil olmak üzere toplam beş senaryo, DesignBuilder simülasyon programında modellenmiş ve gerekli verileri girildikten sonra ısıtma ve soğutma yükleri hesaplatılmıştır. Bu bölümde öncelikle ısıtma tasarımı ve soğutma tasarımına ait elde edilen sonuçlar ayrı değerlendirildikten sonra tüm yıl analizleri yapılacaktır.

Kış tasarım gününe göre hesaplanan binanın ısıtma tasarımı, kararlı hal yöntemine göredir. Şekil 2, her senaryodaki kararlı hal ısı kayıplarını göstermektedir. Binanın ısıtma kazanı, buradaki değerlerin bir emniyet faktörüyle çarpılmasıyla elde edilen değer üzerinden seçilir. Grafiğe göre en fazla ısı kaybı, güney cephedeki saydamlık oranının artırılıp doğu ve batı cephelerdeki saydamlık oranlarının azaltıldığı senaryo 1’de yaşanmıştır. Bunu dış gölgeleme elemanının eklendiği senaryo 4 izlemektedir. Ardından herhangi bir müdahale bulunmayan binanın orijinal hali gelmektedir. Ardından cam tipinin değiştirildiği senaryo 2 gelmektedir. Fakat bu 4 senaryo arasında çok kritik farklar bulunmadığı görülmüştür. Senaryo 1 ile senaryo 4 arasında 8kw fark var iken diğerleri arasında 4’er kw’lık fark bulunmaktadır. En az ısı kaybının bulunduğu opak bina bileşenlerine yalıtım eklenen senaryo 3’te ise

senaryo 2'den 43 kw, senaryo 1'den ise 58 kw daha az ısı kaybı olmuştur. Buradan çıkarılacak sonuç, ısıtma tasarımına dair en önemli etki opak bina bileşenlerine yalıtım eklenerek elde edilir. Güney yönündeki saydamlığı artırmak her ne kadar içeri giren güneş ısını artırsa da içerden dışarı kaybedilen ısı daha fazladır. Gölgeleme elemanlarının sabit olması sebebiyle, güneş ısısına ihtiyaç duyulan kış günlerinde ısıtma tasarımını olumsuz etkilemiştir.



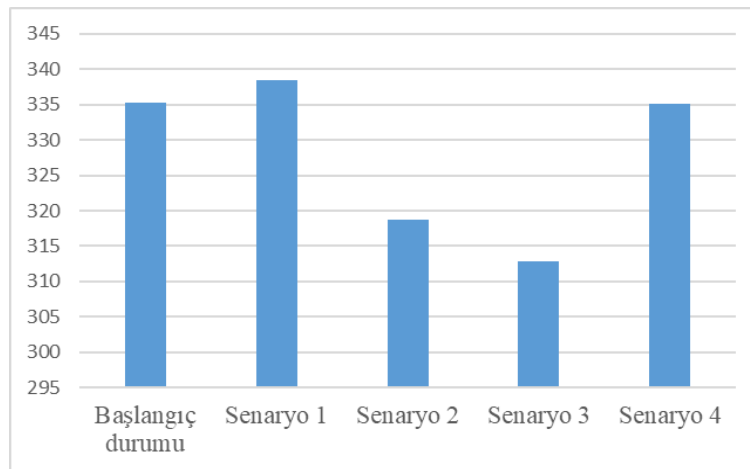
Şekil 2. Kararlı haldeki ısı kaybı değerlerinin karşılaştırılması [kW].



Şekil 3. Pencere ve duvarlara ait ısı kaybı değerlerinin karşılaştırılması [kW].

Pencere ve duvarlardan oluşan ısı kayıpları Şekil 3'te karşılaştırılmıştır. Grafikten anlaşılacağı üzere, senaryo 3'te duvarlarda yaşanan kayıplar kritik bir şekilde azalır. Diğer senaryolardaki kayıplar birbirine çok yakındır. Pencerelede oluşan kayıplar, Low-e kaplamalı cam kullanılan senaryo 2'de en düşüktür. Ardından binanın orijinal hali gelir. Bunları senaryo 3, 4 ve 1 takip eder. Sonuç olarak pencereden oluşan kayıpların en fazla olduğu senaryo, güney yönündeki pencere/duvar oranının artırılıp doğu ve batı yönündekilerin azaltıldığı durumdur.

Binanın soğutma tasarımı, 15 Temmuz'daki yaz tasarım gününün özelliklerine göre yapılır ve tasarım dinamiklerdir. Toplam soğutma yükleri Şekil 4'te karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Buna göre en düşük soğutma yükü opak bina bileşenlerine yalıtım eklenen senaryo 3'tedir. Bunu Low-e kaplamalı camlara sahip senaryo 2 takip eder. Gölgeleme elemanı eklenen senaryo 4 ile binanın orijinal hali arasında neredeyse fark bulunmamaktadır. En fazla soğutma yüküne sahip olan senaryo ise güney yönündeki pencere/duvar oranının artırılıp doğu ve batı yönündekilerin azaltıldığı senaryo 1'dir. Opak bina bileşenlerine yapılan müdahalenin, saydam bina bileşenlerine yapılan müdahaleden daha iyi sonuç vermesi ilginçtir. Gölgeleme elemanı eklemenin soğutma yükünü azaltacağı düşünülürken, yok sayılacak kadar küçük bir etkisi olduğu görülmüştür. Güneydeki saydamlığın artırılmasının, özellikle İzmir iklim şartlarında, içeri alınan güneş ısısının artmasından dolayı soğutma yükünü artıracığı beklenen bir sonuçtur.

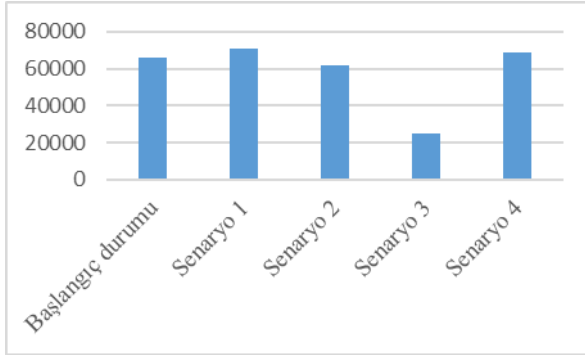


Şekil 4. Yaz tasarım günündeki soğutma yükü değerlerinin karşılaştırılması [kW].

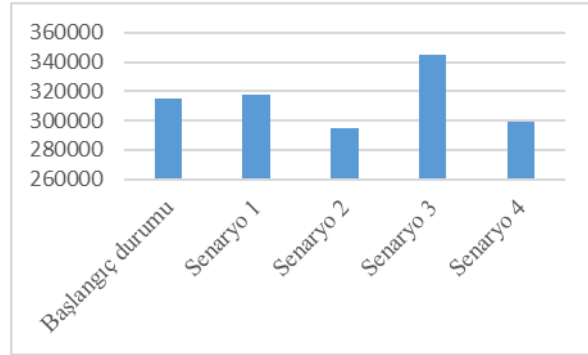
Isıtma tasarımı ve soğutma tasarımı, binanın en soğuk ve en sıcak hava şartlarına karşı ihtiyacı olan ısıtma ve soğutma sisteminin kapasitesini belirlemek için gerçekleştirilmiştir. Binanın ihtiyacı olan ısıtma ve soğutma sisteminin kapasitesi, alınan pasif iklimlendirme önlemlerine göre değişeceği için, ısıtma ve soğutma tasarımı verileri yukarıda karşılaştırılmıştır. Fakat verimliliğe dair daha anlamlı bir veri elde edebilmek için binanın yıllık toplam ısıtma – soğutma – aydınlatma yüklerinin karşılaştırılması gerekir. Tablo 9 başlangıç durumu ve tüm senaryoların yıllık toplam ısıtma – soğutma – aydınlatma yüklerini göstermektedir. Tablodaki senaryolara ait ısıtma verileri Şekil 5’de, soğutma verileri Şekil 6’da ve aydınlatma verileri ise Şekil 7’de karşılaştırılmıştır.

Tablo 9. Tüm durumların yıllık toplam ısıtma-soğutma-aydınlatma yükleri [kWh].

	Başlangıç	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4
Isıtma (Heating)	65944.65	70842.49	61635.67	25097.07	68536.81
Soğutma (Cooling)	315313.01	317623.76	294671.93	345232.87	299409.23
Aydınlatma (Interior)	150877.09	149628.14	150877.09	149351.15	149628.14
Toplam	532134,75	538094,39	507184,69	519618,09	517574,18



Şekil 5. Tüm senaryolara ait yıllık toplam ısıtma yüklerinin [kWh] karşılaştırılması.

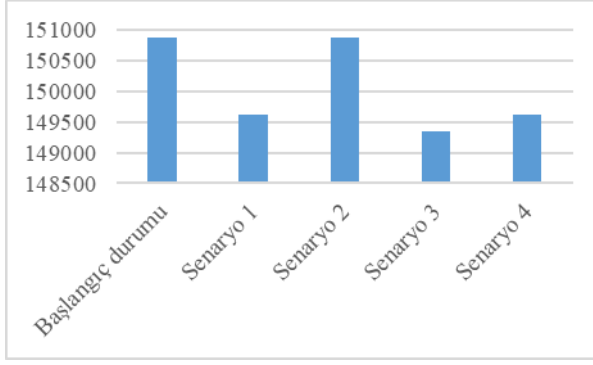


Şekil 6. Tüm senaryolara ait yıllık toplam soğutma yüklerinin [kWh] karşılaştırılması.

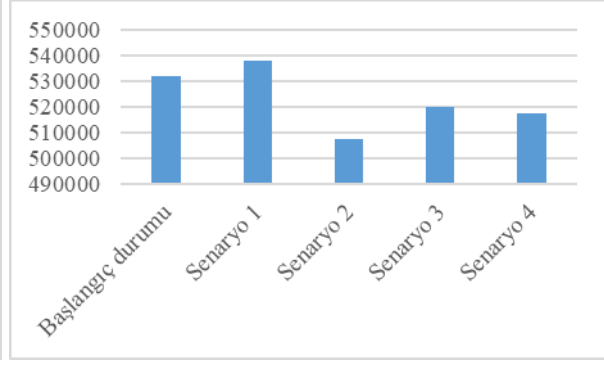
Şekil 5’teki yıllık toplam ısıtma yüklerinin karşılaştırılması sonucunda, senaryo 3’teki opak bina bileşenlerine yalıtım eklenmesinin, olumlu yönde en büyük etkiyi yaptığı görülmektedir. Low-e kaplamalı cam kullanımı, başlangıç durumundan daha olumlu olmakla birlikte, senaryo 4’deki dış gölgeleme elemanı ekleme ve senaryo 1’deki cephelere ait saydamlık oranlarını değiştirme, başlangıç durumundan daha fazla ısıtma enerjisi harcanmasına sebep olmuştur. Ancak ısıtma enerjisi ihtiyacı soğutma ve aydınlatmaya göre çok düşük olduğundan, ısıtma enerjisinde meydana gelen değişiklikler toplam enerji üzerinde çok büyük etki göstermemiştir.

Şekil 6’daki yıllık toplam soğutma yüklerinin karşılaştırılması sonucunda, senaryo 2’deki Low-e kaplamalı cam kullanımının olumlu yönde en büyük etkiyi yaptığı görülmektedir. Dış gölgeleme elemanı ekleme (senaryo 4), senaryo 2’ye yakın olup ondan daha fazla enerji yüküne sahiptir. Senaryo 1’deki cephelere ait saydamlık oranlarını değiştirme, başlangıç durumuna yakın olup başlangıç durumundan daha fazla soğutma enerjisi kullanımını gerektirmektedir. Opak bina bileşenlerine yalıtım eklenmesi, soğutma yüklerini kritik biçimde artırmıştır. Genel duruma bakıldığında en büyük yük soğutma enerjisi gereksiniminden kaynaklanmaktadır.

Yıllık toplam iç mekan aydınlatma yükleri Şekil 7’de karşılaştırılmıştır. Buna göre opak bina bileşenlerine yalıtım eklenmesi en olumlu etkiyi yapmıştır. Gölgeleme elemanı ekleme ve cephelere ait saydamlık oranlarını değiştirme buna yakın bir değerdedir. Bunun yanında senaryoların elektrik tüketimleri arasında çok büyük farklılıklar olmadığı görülmüştür.



Şekil 7. Tüm senaryolara ait yıllık toplam aydınlatma karşılaştırması [kWh].



Şekil 8. Tüm senaryolara ait toplam enerji yükü yüklerinin karşılaştırılması [kWh].

Son olarak Şekil 8'de tüm senaryolara ait toplam enerji yükü karşılaştırılmıştır. Grafiğe göre en olumlu sonuç Low-e kaplamalı cam kullanılarak elde edilmiştir. Dış gölgeleme elemanı ekleme ile opak bina bileşenlerine yalıtım malzemesi ekleme, çok yakın değerlere sahiptir ve Low-e kaplamalı cam kullanımından sonra en az enerji kullanımı gerektiren senaryolardır. Güney cephedeki saydamlık oranının artırılıp doğu ve batı cephelerdekilerin azaltılmasının ise başlangıç durumuna göre daha fazla enerji ihtiyacına sebep olduğu görülmüştür. Genel anlamda, İzmir ilinde yapılan pasif iklimlendirme stratejilerinden, soğutma yüklerini azaltmaya yönelik stratejilerin, binanın enerji ihtiyacını azaltmaya yönelik daha olumlu sonuç verdiği görülmüştür.

KAYNAKLAR

- [1] Bitan A 1992 The high climatic quality of city of the future, *Atmospheric Environment* 26(8): 313-329
- [2] Pérez-Lombard L, Ortiz J and Pout C 2008 A review on buildings energy consumption information. *Energy and buildings*, 40(3), 394-398
- [3] Recast, E. P. B. D. (2010). Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast). *Official Journal of the European Union*, 18(06), 2010.
- [4] Marszal A J, Heiselberg P, Bourrelle J S, Musall E, Voss K, Sartori I and Napolitano A 2011 Zero energy building—a review of definitions and calculation methodologies. *Energy and buildings*, 43(4), 971-79
- [5] Aksamija A 2016 Design methods for sustainable, high-performance building facades. *Advances in Building Energy Research*, 10(2), 240-62
- [6] Bogenstätter U 2000 Prediction and optimization of life-cycle costs in early design. *Building Research & Information*, 28(5-6), 376-386
- [7] Boyano A, Hernandez P and Wolf O 2013 Energy demands and potential savings in European office buildings: Case studies based on EnergyPlus simulations. *Energy and Buildings*, 65, 19-28
- [8] Yıldız Y, Özbaltı T G and Arsan Z D 2011 Farklı cam türleri ve yönlere göre pencere/duvar alanı oranının bina enerji performansına etkisi: eğitim binası, İzmir. *Megaron*, 6(1)
- [9] Altan H, Mohelnikova J and Hofman P 2015 Thermal and daylight evaluation of building v zones. *Energy Procedia*, 78, 2784-2789
- [10] DesignBuilder Software Ltd., available from: <http://www.designbuilder.co.uk>
- [11] TS 825, Thermal Insulation Requirements for Buildings, TSE, Ankara, 2008
- [12] EN 12464-1.2009, Light and Lighting – Lighting of Work Places – Part 1: Indoor Work Places
- [13] DesignBuilder. DesignBuilder 1.2 user manual; 2006



ÖZGEÇMİŞ

Ayşe Sena ÇILDIR

1991 yılı İzmir doğumludur. 2014 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Bölümünü bitirmiştir. 2016 yılında başlamış olduğu Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Yapı Bilgisi yüksek lisans programının tez aşamasında bulunmaktadır.

Ayça TOKUÇ

Orta Doğu Teknik Üniversitesi Mimarlık bölümünden 2001 yılında mezun olmuştur. Dokuz Eylül Üniversitesinden 2005 yılında yüksek mimar, 2013 yılında doktor unvanını almıştır. 2001 yılından itibaren Dokuz Eylül Üniversitesinde öğretim elemanı olarak çalışmakta olup 2017 yılından itibaren aynı bölümde Doç.Dr. olarak çalışmalarına devam etmektedir. Binalarda enerji etkinlik, ısıl enerji depolama, mimaride sürdürülebilirlik ve karbon konularında çalışmaktadır.