

# İZMİR'DEKİ BİR BİNA İÇİN İKLİMLENDİRME VE AYDINLATMA ENERJİ YÜKLERİNİN AZALTILMASINA YÖNELİK PAREMETRİK BİR ÇALIŞMA

Tahsin BAŞARAN  
Burcu ÇİFTÇİ

## ÖZET

Bu çalışmada, ofis binalarındaki aydınlatma ve iklimlendirme enerji kazanımlarının toplam elektrik tüketimi üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Değerlendirme aydınlatma ve ısı yüklerinin etkileri birlikte göz önüne alınarak yapılmıştır. Deneysel çalışma Tepekule' deki uygun bir büroda gerçekleştirilmiştir. Kullanılan yapay aydınlatma sistemleri ile gün ışığı tepkiselliği, farklı camlama sistemleri için bir yıllık süre boyunca elde edilen sayısal ve deneysel sonuçların karşılaştırılmasıyla enerji kazanımı bağlamında incelenmiştir. Gün ışığı tepkiselliği ile bulunan enerji kazançları; cam ünitelerin aylık ve mevsimsel olarak farklılıkları göz önüne alınarak değerlendirilmiştir. Bu deneysel çalışmaların sonuçlarına bağlı olarak, uygun cam ünite kullanımı ile toplam elektrik tüketiminde %30'a varan kazanç sağlanmasının mümkün olabileceği vurgulanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Gün ışığı, Gün ışığı faktörü, Ofis binaları, Enerji kazanımı, Güneşle ısıtma.

## ABSTRACT

In this study, the effect of lighting and air-conditioning energy loads was evaluated on total electric consumption in office buildings. This evaluation took account of calculated values combined the lighting and the thermal condition effects. It was in terms of saved energy by using a daylight responsive different glazing system in comparison with an artificial lighting system by obtaining the numerical and experimental results during one year. Experimental result and data were classified as hourly, monthly, and seasonal terms. Furthermore the weather conditions were considered by classifying the days as clear, mixed or overcast. Energy savings obtained by daylight responsiveness was investigated by evaluating the differences of glazing units according to the months and seasons. According to the results of this experimental study, up to 30% energy saving on total electric consumption could be obtained for suitable glazing units.

**Key Words:** Daylighting; Daylight factor, Office buildings, Energy saving, Solar heating.

## 1. GİRİŞ

Literatürde, aydınlatma ve klima sistemleri için çok fazla değerlendirme ve anlatımlar mevcuttur. Birçok deneysel çalışmalar yapılmış ve bu çalışmalardan çok çarpıcı sonuçlar elde edilmiştir. Deneyler bazen gerçek bir ofis binasında, bazen aynı koşulları oluşturacak şekilde laboratuvar ortamında bazen de belli oranlarda küçültülmüş maketlerde yapılmıştır. Yapılan çalışmaların sonuçlarını ve enerji kazanımlarını özetlersek; Szerman (1993) [1]., klasik pencereden ( özel gün ışığı sistemlerinin olmadığı pencereler) oluşan ofis binasında yaptığı çalışmada % 77 aydınlatma kazanımları ve %14 toplam enerji kazanımları, Zeguers (1993) [2] 'de %20 civarında aydınlatma kazanımları sağlamıştır.

Embrechts & Van Bellegem (1997) [3] sadece aydınlatma kontrol sistemleri ile %20 aydınlatma tüketim kazanımları sağlamışlardır. Opdal & Brekke (1993) [4], ölçüm ve hesaplama sonuçlarının karşılaştırılmasını yapmış ve %40 aydınlatma kazanımı oluşturulan hesaplama programı ile % 30 aydınlatma kazanımı ise ölçümlerle elde etmiştir. Çalışmalarda farklı sonuçlar elde edilmektedir. Bu değerlerin farklılığı çok fazla parametrelerin etkilemesidir. Bu parametrelerden en fazla etkin olanları iklim özellikleri, bina yapısı ve gün ışığı sistemleridir.

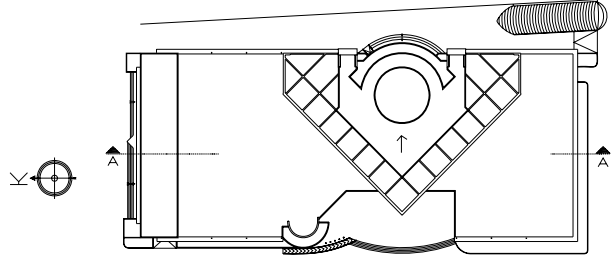
Aydınlatma, çevre ve nesnelerin en iyi şekilde görülebilmesi amacıyla gerekli aydınlık düzeyinin sağlanmasıdır. Aydınlatma doğal ve yapay aydınlatma olarak iki çeşittir. Yapay aydınlatma gün ışığının yetersiz kaldığı durumlarda en iyi görme koşullarının sağlanması için kullanılır. Bir ofiste aydınlatma gereksinimi; yapılan işlerin özelliklerine, ofiste çalışanların görme koşullarını iyileştirerek ruh, estetik ve isteklendirme birlikteliğine bağlıdır.

Isıtma yükü, ortamın sabit sıcaklıkta tutmak için ortama verilmesi gereken, soğutma yükü ise ortamdaki atılması gereken ısı miktarıdır. Soğutma yükü ısıtma yüküne göre çok daha fazla değişkene sahiptir ve her saat için değeri önemli düzeyde değişir. Sıcak yaz koşullarında soğutma yükü hesaplarında güneşin etkisi önemli bir faktördür. Enerjinin bir kısmı cam ünitelerden, doğrudan iç hacimlere geçer. Opak duvar yüzeylerine gelen güneş ışınımı ise iletimle iç hacimlere geçer. Buna karşılık ısıtma yükü hesaplarında güneşin etkisi pozitif yöndedir.

Ofis binalarında kullanılan cam ünite seçimi çok önemlidir. Seçim yapılırken binanın ısıtma ve soğutma yüklerine etkisi dikkate alınmakta, aydınlatma yükleri çoğu zaman değerlendirmeye alınmamaktadır. Isıtma ve soğutma yükleri, ısı kaybı ve ısı kazanç hesaplarına göre hesaplanmaktadır. Bu çalışmada, ısı kaybı ve kazanç hesaplaması dinamik olarak yapılmış ve deneyde ölçülen sıcaklık değerleri kullanılmıştır. Ofiste çalışan kişilerin konfor koşullarına göre sıcaklık değerleri ayarlanmıştır. Dış sıcaklık ve güneş ışınım değerleri Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsünden alınmıştır. Aydınlatma yükleri de dâhil edilerek toplam elektrik tüketimi bulunmuştur. Diğer camların teknik özelliklerinden yararlanılarak elektrik tüketim değerlerinin karşılaştırması yapılmıştır.

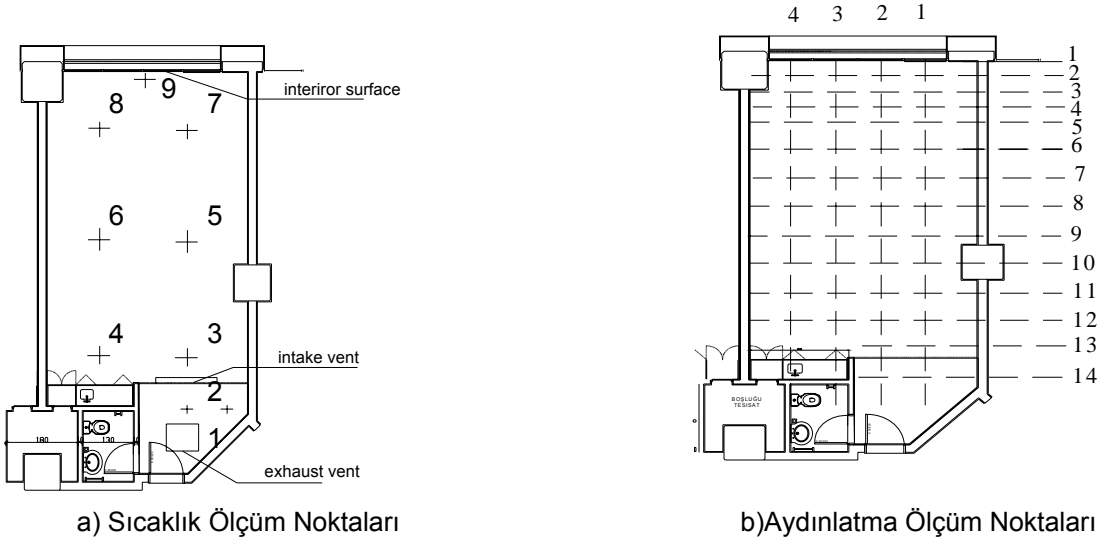
## 2. OFİS ÖZELLİKLERİ VE DENEY DÜZENİĞİNİN TANIMLANMASI

Tepekule binası İzmir'de ileri teknoloji sistemi ile yapılan büyük bir iş merkezidir ve bu çalışmada enerji performansı açısından değerlendirilmiştir. Binanın enerji performansı için gerekli bina ve binanın enerji harcamalarına ilişkin bilgiler Tepekule Yönetimi'nden sağlanmıştır. Yerleşim planı ve görünüşü Şekil 1'de verilmektedir. Yüksekliği 69,70m olan 20 katlı bina, ofis plan tipinde tasarlanmıştır. Binanın 7 katı MMO tarafından çalışma, konferans ve sergi alanı olarak, 10 katı ise ofis kullanımı için ayrılmıştır. Ofis katlarında 50m<sup>2</sup> ve 100m<sup>2</sup> olmak üzere iki farklı ofis tipi mevcuttur. 50m<sup>2</sup> döşeme alanlı ofisler güney batı ve güney doğu yönlerinde yerleştirilmiştir. 100 m<sup>2</sup> döşeme alanlı bürolar ise iki cephenin kesiştiği köşeye yerleştirilmiştir ve her iki yönde cephesi bulunmaktadır. Deneysel çalışma ofis katlarının dördüncü katında, 50 m<sup>2</sup> (5mx10m) alanında 407 numaralı büroda gerçekleştirilmiştir. Pencereerde 4 adet 1mx1.5m ebatlarında toplam 6m<sup>2</sup> Güneş Kontrol Cam ünite kullanılmaktadır (Şişe cam ITR, 120) [5]. Denize doğru yönelmiş pencerelerin toplam ısı geçiş katsayısı 2,52 W/m<sup>2</sup> K olarak belirlenmiştir. Büroda altı adet 100W'lık akkor ampuller kullanılmıştır.



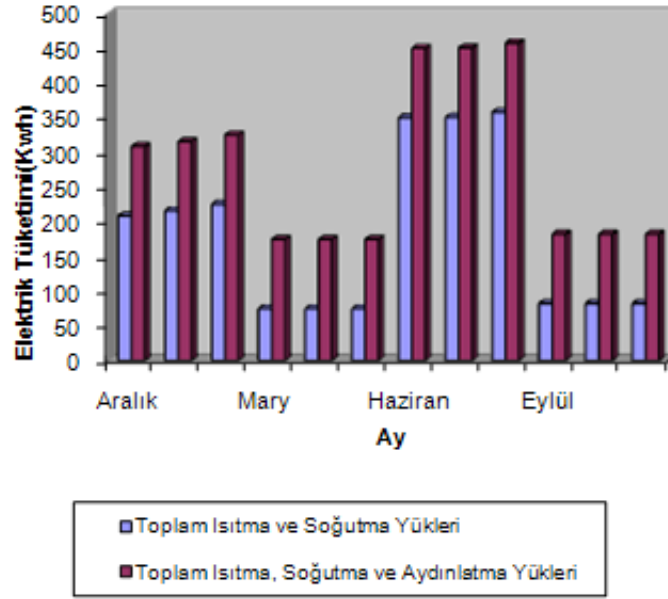
Şekil 1. Tepekule' Nin Yerleşim Planı ve Görünüşü

Ofiste oluşturulan deney düzeneği ile sıcaklık ve aydınlatma değerleri ölçülmüş ve hesaplar bu değerler temel alınarak dinamik prensibe göre yapılmıştır. Sıcaklık ölçümü, Şekil 2a da gösterildiği gibi dokuz ayrı yere yerleştirilen T-tipi ısı çifti ile elde edilmiştir. Isıl çiftler cam ünitenin iç yüzeyine bir adet, klima cihazın üfleme ve emiş menfezlerine birer adet ve altı adet de mahal içine yerleştirilmiştir. 56 ayrı noktadan aydınlatma değerleri ölçülmüştür. Ölçüm noktaları Şekil 2b'de verilmektedir. Aydınlatma değerinin ofislerde tanımlanan minimum değeri 500lux'tür. Çalışma saatlerinde yapay aydınlatma açıktır ve bu durumda bile 500lux değerine her yerde ulaşamamaktadır. Bu da çalışanlar için olumsuz bir durum teşkil etmektedir.

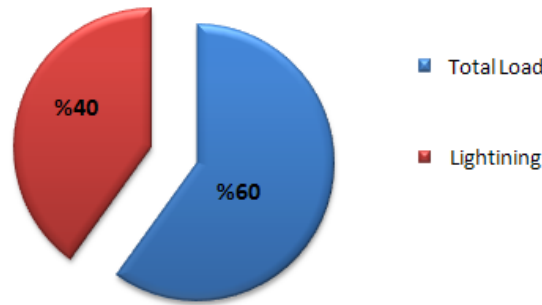


Şekil 2. Ofiste Sıcaklık ve Aydınlatma Ölçüm Noktaları.

Isıtma ve soğutma merkezi klima sistemi ile yapılmaktadır. Havalandırma ünitesi %20'ye kadar geri dönüş havasını dış hava ile karıştırarak mekânlara geri vermek üzere tasarlanmıştır. Aydınlatma tamamen yapay aydınlatma sistemi ile sağlanmaktadır. Soğutma yüklerinin azaltılması amacıyla, doğrudan güneş ışınımı geçirgenliği %11, gölgeleme katsayısı %23 ve gün ışığı geçirgenliği %16 olan kaplamalı camlar kullanılmıştır [5]. Deneyde elde edilen veriler kullanılarak ısıtma, soğutma ve aydınlatma enerji yükleri değerlendirilmiştir. Hesaplanan farklar ihmal edilerek hesaplanan değerler kullanılmıştır. Buna göre Şekil 3'te ısıtma soğutma ve aydınlatma için aylara göre harcanan elektrik tüketim değerleri görülmektedir. Şekil 4'te ise yıllık toplam elektrik tüketiminin ısıtma ve soğutma ve aydınlatma yükleri için oranları göstermektedir. Yıllık aydınlatma için kullanılan elektrik tüketimi toplam elektrik tüketiminin % 40'na ulaşmaktadır.



Şekil 3. Ofisteki Aylık Isıtma, Soğutma ve Aydınlatma Tüketim Değerleri



Şekil 4. Ofisteki Aylık Isıtma, Soğutma ve Aydınlatma Tüketim Değerleri

### 3.FARKLI CAMLAMA TİPLERİ İÇİN ELEKTRİK TÜKETİM DEĞERLERİNİN ANALİZİ

Ofiste kullanılan güneş kontrol cam ünite ile elde edilen değerler temel alınmalı, diğer 3 farklı cam tipi için de ayrıca elektrik tüketim değerleri hesaplanmış ve enerji performansına etkileri incelenmiştir. SHGF (Solar Heat Gain Factor) değerlerine göre ısıtma ve soğutma yüklerine,  $F_d$  (Availability Daylight Factor) değerleri ile de aydınlatma yüklerine ulaşılmıştır. SHGF ve  $F_d$  değerleri Tablo 1 ve Tablo 2'de verilmiştir. Ayrıntılı hesaplamalar referanslarda verilmiştir. [6]

Değerlendirilen cam üniteleri, fonksiyonları bakımından dört farklı grupta değerlendirilmiştir[5]. Benzer sınıflandırma ASHRAE tarafından da verilmiştir.

**Klasik Çift Cam Üniteler:** İki veya daha çok sayıda cam plakanın, aralarında ortam basıncına uygun kuru hava veya gazları barındıracak şekilde fabrika şartlarında birleştirilmesi ile oluşturulan yalıtım camı ünitesidir.

**Isı Kontrollü Cam Üniteler:** Yalıtım camı üniteleri, bina ısısının camdan dışa kaçışını azaltarak enerji tasarrufu sağlamak ve rahat bir yaşam ortamı oluşturmak amacıyla kullanılmaktadır. Isıtma yükleri fazla olan ve uzun süren soğuk dönemlerin yaşandığı coğrafi bölgelerde tercih edilmektedir. Dıştaki camın iç yüzeyine ısı kontrol kaplaması yapılmıştır (low-e).

**Güneş Kontrollü Cam Üniteler:** Bina içine güneş ısısı girişini sınırlayarak ve güneşin aşırı parlaklığını denetleyerek rahat bir çalışma ve yaşam ortamının oluşmasına imkan vermek üzere tasarlanmıştır. Klima kullanılan ortamlarda soğutma enerjisi tüketiminin ve dolayısıyla soğutma giderlerinin azaltılmasını sağlamaktadır. Ofiste kullanılan cam ünite Güneş Kontrol Cam ünite grubunda yer almaktadır. Dıştaki camın iç yüzeye güneş kontrol kaplaması yapılmıştır. Ofiste kullanılan cam ünitenin içteki camın iç yüzeyine ek olarak yapılan ısı kontrol kaplaması ile özelliği değiştirilmiştir.

**Isı ve Güneş Kontrollü Cam Üniteler:** Isıtma ve soğutma yükleri ağırlıklarının yakın değerlerde olduğu coğrafi bölgelerde, camın ısı yalıtımı ve güneş kontrolünü bir arada sağlaması önem kazanmaktadır. Soğuk dönemlerde ısı kayıplarının azaltılması, sıcak dönemlerde ise iç ortama güneş ısısı girişinin sınırlandırılması için ısı ve güneş kontrol camları tasarlanmıştır.

Tablo 1 ve tablo 2’de 4 farklı cam ünitelere ilişkin ısı ve aydınlatma özellikleri verilmiştir.

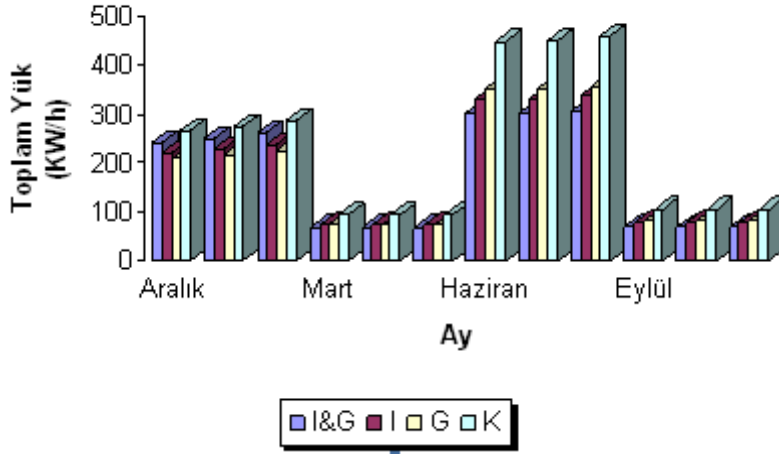
**Tablo 1.** Farklı Cam Tipleri İçin SHGF Değerleri

Cam Tipi	Sembol	SHGF
Klasik	K	0.92
Güneş Kontrollü	G	0.72
Isı Kontrollü	I	0.68
Isı ve Güneş Kontrollü	I&G	0.62

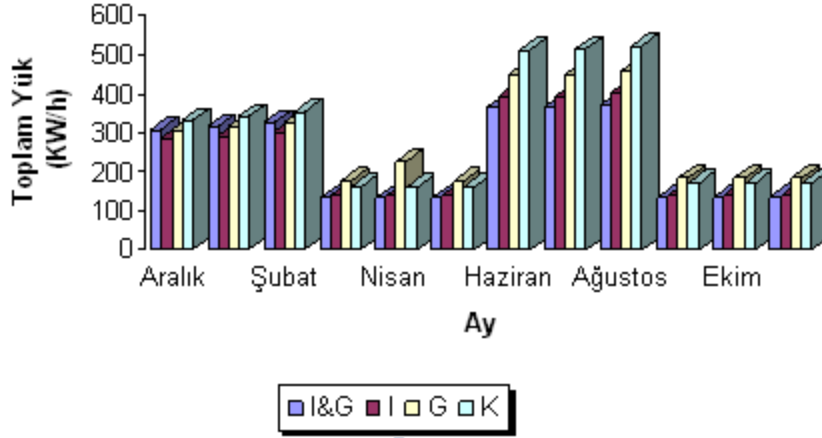
**Tablo 2.** Farklı Cam Tipleri İçin  $F_d$  Değerleri

Cam Tipi	Sembol	Görünür İletim	Pencere Alanının Pencere Olan Duvar Alanına Oranı ( $A_w/A_p$ )	Pencere Olan Duvar Alanının Zemin Alanına Oranı ( $A_p/A_f$ )	$F_d$ Gün Işığını Kullanabilme Oranı
Klasik	K	0.78	0.4	0.3	21.95
Isı Kontrol	I	0.77	0.4	0.3	21.94
Güneş Kontrol	G	0.16	0.4	0.3	14.18
Isı ve Güneş Kontrol	I&G	0.69	0.4	0.3	21.95

Tüm camlar için yapılan hesaplamalar sonucunda, aylık ısıtma ve soğutma yükleri Şekil 5’te, aylık toplam elektrik tüketim değerleri Şekil 6’da gösterilmektedir. Ofiste kullanılan cam ünite Güneş Kontrol Camı olarak seçilmiştir. Fakat hesaplanan değerlerden özellikle ısı özelliğinin tamamen değiştiği net olarak gözlenmektedir. Yetersiz doğal aydınlatma nedeniyle yükselen yapay aydınlatma yükleri toplam elektrik tüketimini çok fazla artırmaktadır.



Şekil 5. Farklı Cam Tipleri İçin Aylık Toplam Isıtma ve Soğutma Tüketim Değerleri

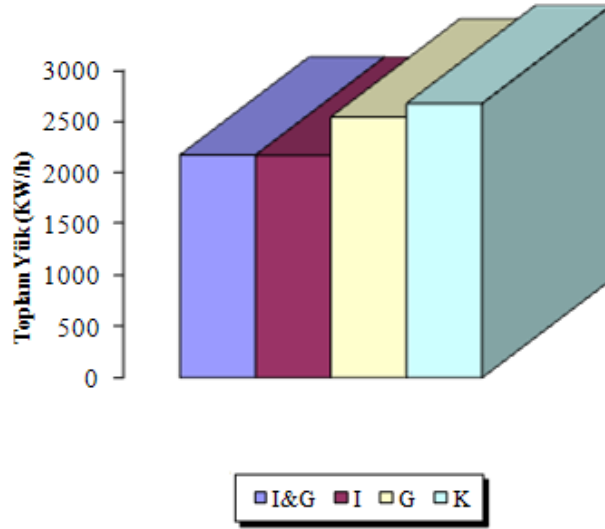


Şekil 6. Farklı Cam Tipleri İçin Aylık Toplam Elektrik Tüketim Değerleri

## SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Küresel ısınma ve enerji sorunu çevresel ve ekonomik boyutları ile ülkemizde ve tüm dünyada gündemi belirlemektedir. Bu bağlamda, ofislerde giderek yükselen enerji tüketim değerleri bu sorunları oluşturmada önemli bir paya sahiptir. Enerji verimliliği yasasıyla dikkat çeken ve herkesin duyarlı olması gereken bir dönemde enerji verimli ofislerin tasarlanması daha da önem kazanmaktadır. Tasarım yaparken tüketilen tüm yükler bir bütün olarak göz önüne alınmalı ve değerlendirmeler bütünlük içinde yapılmalıdır. Enerji verimli ofislerin hedefi kullanılan hacim içinde en az enerji ile en fazla kullanıcı konforunu sağlamaktır. Enerji yönetiminin ile tüm tüketilen değerler doğru şekilde saptanmalı ve bunların optimizasyonu yapılmalıdır.

Bina tasarımı yaparken ülkemizin sahip olduğu potansiyeller özellikle güneş enerjisi dikkate alınarak, enerji kaynaklarının istenilen etkilerinden yararlanmalı, istenilmeyen etkileri yok edilmek üzere sistemler geliştirilmelidir. Ayrıca binalarda pasif yöntemlerden yararlanılırken kullanıcı konforu da dikkate alınmalıdır.



Şekil 7. Farklı Cam Tipleri İçin Yıllık Toplam Elektrik Tüketim Değerleri

Değerlendirilen 4 tip cam ünite için en uygun cam ünitelerinin Isı Kontrol ile Isı ve Güneş Kontrol Cam Üniteleri olduğu görülmektedir. Ofiste kullanılan Güneş Kontrol Cam Ünitesinin, Klasik Çift Cam Ünite ile karşılaştırıldığında yıllık ısıtma ve soğutma yükleri bakımından %15 oranında, yapay aydınlatmayla birlikte toplam elektrik tüketiminde %5 oranında azalma görülmektedir. Ayrıca Güneş Kontrol Cam Ünitesinin, Isı Kontrol Cam Ünitesi ve Isı ve Güneş Kontrol Cam Ünitesinden ısıtma ve soğutma yükleri bakımından %5 toplam elektrik tüketim değeri bakımından %15 daha fazla değerlerde olduğu görülmüştür. Bunun en büyük nedeni cam üzerine ek olarak yapılan ısı kontrol kaplaması ile özelliğinin Isı Kontrol Cama benzemesi ve kaplama ile azalan gün ışığı geçirgenlik katsayısıyla artan yapay aydınlatma tüketim değerleridir. Buna karşılık seçilen cam, kaplamalı camlar içinde en kötü özelliğe sahip olduğu görülmektedir. Kaplama cam ünitelerinin ısı özelliklerini iyileştirmektedir. Fakat dikkat edilmesi gereken nokta doğru amaca yönelik kaplama seçilmesidir.

Tasarım aşamasında verilen kararların enerji tüketimi üzerine büyük etkilerinin olduğu görülmektedir. Binalarda gerçek anlamda enerji verimliliğinin sağlanması için, tüm bu parametrelerin göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Szerman, M., Superlink:(1993). A computer tool to evaluate the impact of daylight-controlled lighting system onto the overall energetic behavior of buildings, In Proceedings of Right Light 2, Arnhem, 673-685
- [2] Zeguers, J.D.M. (1993). Energy saving lighting electronics a triple win: for the organization, for the human being and for the environment, In: Proceeding of Right Light 2, Arnhem, 158-163
- [3] Embrechts, R. & Bellegem C. Van. (1997). Increased energy savings by individual light control, in: Proceeding of Right Light 4, Copenhagen, 179-182
- [4] Obdal, K. & Brekke B. (1995). energy saving in lighting by utilization of daylight, in: Proceeding of Right Light 3, Newcastle-upon-Tyne, 67-74
- [5] [http://www.trakyacam.com.tr/Mimari\\_Camlar/tr/hat\\_disi\\_ref.htm](http://www.trakyacam.com.tr/Mimari_Camlar/tr/hat_disi_ref.htm)
- [6] ÇİFTÇİ, B. 'İzmir'deki Bir Bina İçin İklimlendirme ve Aydınlatma Enerji Yüklerinin Azaltılmasına dair Parametrik Çalışma, Eylül 2008, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir

## ÖZGEÇMİŞ

### Tahsin BAŞARAN

Dokuz Eylül Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nü 1991 senesinde bitirmiştir. Aynı üniversitenin Fen Bilimleri Enstitüsü, Termodinamik ABD'den 1995 yılında yüksek lisans derecesini ve adı geçen enstitünün Enerji ABD'den doktora derecesini, 2002 yılında almıştır. 2000-2001 döneminde, Yeni Zelanda hükümetinin verdiği bursla, 1 yıl süreyle, Auckland Üniversitesi Jeotermal Enstitüsü'nde, Jeotermal Diploma Kursuna katılmıştır. 2003 yılından beri DEÜ Makina Mühendisliği Bölümü'nde yardımcı doçent olarak çalışmaktadır

### Burcu ÇİFTÇİ

Celal Bayar Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nü 2004 senesinde mezun olmuştur. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Termodinamik ABD'den 2008 yılında yüksek lisans derecesini almıştır. Yüksek lisans eğitimi süresince proje bürosunda çalışmıştır. Şu anda ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemleri üzerinde çalışmaktadır.