

GÜNIŞIĞI AYDINLATMA SİSTEMİNİN TANITIMI VE PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Canan Kandilli¹, A. Kamuran Türkoğlu², Koray Ülgen¹

¹Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü

²TÜBİTAK-UME Optik Grubu Laboratuvarları

canan.kandilli@ege.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, günışığı görmeyen ya da yeterince ışık almayan mekânların aydınlatma sorununa temiz ve yenilenebilir bir kaynak olan güneş enerjisi ile çözüm getirmek amacıyla, Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü bünyesinde tasarlanıp, kurulan ve test edilen bir günışığı aydınlatma sistemi tanıtılmıştır. Bildiride yoğunlaştırılmış güneş ışınımının fiber optik kablolarla taşınması ilkesine dayanan bu sistemin bileşenlerinin özellikleri, maliyeti ile ayırt edici yanları ortaya konulmaktadır. Sistemden elde edilen ışığın tayfsal özelliklerinin değerlendirilmesi için standart D serisi için verdiği tayfsal dağılımlar incelenmiştir. Sistemden elde edilen aydınlık düzeyleri farklı gök koşulları altında değerlendirilmiş, ortalama ışık veriminin % 56 olduğu belirlenmiştir. Günışığı aydınlatma sistemleri, yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan diğer sistemlerle birlikte düşünülecek olursa, şebekeden bağımsız ya da kendi gereksinimi olan enerjiyi üretmekle kalmayıp şebekeye enerji aktarabilen “artı” enerjili binaların hayata geçirilmesinde yer alabilecektir.

1 GİRİŞ

Büyük bir hızla fosil yakıtların tükendiği ve petrol fiyatlarının arttığı gerçeği ile yüz yüze geldiğimiz ve küresel ısınma etkilerinin olabildiğince hissedildiği günümüzde, yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi giderek artmaktadır. Bu bağlamda güneş ışınımı evrensel, her yerde bulunan, yaşamın ve sağlığın kaynağı, maliyetsiz bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Bildiğimiz anlamda güneş, ancak 20. yüzyılın başlarından bu yana doğal bir enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Ortam aydınlatmasında temel kaynak olan Güneş’in yerini, maliyet, uygunluk ve performanslarının geliştirilmesi ile elektrik lambaları almış, zaman içerisinde, doğal aydınlatmaya olan bağlılık en az düzeye inmiştir. Bu nedenle, özellikle ticari binalarda aydınlatmanın elektrik tüketimindeki payı oldukça büyük boyutlara ulaşmaya başlamıştır.

Gelişen yaşam tarzı, insanları yeterince aydınlanamayan mekânlarda (büyük ticari binalar, ofisler, yeraltı istasyonları, çok katlı otoparklar vb.) yaşamaya zorlamaktadır. Günışığının yeterli olmaması, insanlarda birtakım psikolojik ve fizyolojik sorunlara neden olabilmekte, aydınlatmada yeterli konfor koşullarının sağlanmaması çalışma verimini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Deneysel çalışmalar, insan bünyesinin yirmi dört saatlik iç periyodunun düzenlenmesinden sorumlu olan ‘melatonin’ hormonu salgılanmasının, maruz kalınan günışığı düzeyi ve süresine bağlı olduğunu göstermektedir. Bu yeterli günışığı düzeylerinin şiddeti, binalardaki normal elektrik aydınlatmasınıninkinden daha büyüktür. Günışığı olmadan aydınlatılan binalarda günlerini geçiren insanlarda, “biyolojik karanlık” nedeni ile performans ve verimlilik düşmesi yaşanabilmektedir [1].

Binalar, uzun dönem enerji tüketiminde önemli bir etkiye sahiptirler.

Enerji veriminde ve sürdürülebilirlikteki son gelişmeler, binalarda aydınlatma, ısıtma ve soğutma için minimum enerji tüketimi ile optimum günışığı kullanımını amaçlayan tasarım stratejilerine yol açmıştır. Açık gök koşullarının egemen olduğu Akdeniz ülkelerinde, günışığı, ısı ve görsel konfor koşulları arasındaki ilişkilerin belirlenmesinde önemli bir yere sahiptir. Yetersiz aydınlanan mekânlarda yüksek verim ve düşük bakım maliyetlerine sahip günışığı aktarım sistemlerinin kullanımı, görsel konforun yanında, aydınlatmadaki elektrik tüketimini doğrudan azaltmaktadır.

Bu çalışma, günışığı almayan ya da yeterince aydınlanamayan mekânların aydınlatma sorununa, temiz ve yenilenebilir bir kaynak olan güneş enerjisi ile çözüm getirmeye çalışan günışığı aydınlatma sisteminin tanıtımına ve performansının değerlendirilmesine yöneliktir. Günışığı aydınlatma sistemi, gün boyunca güneşin çift ekseninde izlenmesi yöntemiyle, ışığın yüksek yansıtma özelliğine sahip parabolit toplayıcı ile yoğunlaştırılması ve toplanan bu yoğun ışığın demet haline getirilmiş geniş öz çapına sahip esnek fiber optik kablolarla (optik liflerle) mekâna aktarılması ilkesine dayanmaktadır. Ayrıca kapalı gök koşulları nedeniyle, güneşin olmadığı ya da yetersiz kaldığı dönemlerde ise mekânda istenilen aydınlık düzeyine ulaşmak için sistem yapay aydınlatma kaynakları ile desteklenerek bütünleşik hale getirilen armatürlerle düşük enerji tüketimli ve etkin aydınlatma düzeyli bir özellik kazandırılabilme potansiyeline sahiptir. Günışığı aydınlatma sisteminde, binalarda ve farklı uygulama alanlarında aydınlatma için harcanan elektrik enerjisinde tasarruf hedeflenirken, aydınlık düzeyi ile birlikte elde edilen ışığın niteliğinin korunması çalışmanın temel amaçlarından biridir. Çalışmada, sistem bileşenlerinin tayfsal (spektral) ve renksel özellikleri ile mekân

aydınlatmasına ilişkin deney tasarımları, kullanılan veri ve cihazlar “Deneysel Yöntem” bölümünde açıklanmıştır. Tasarlanan aydınlatma sistemi, tamamen karanlık bir test mekânında test edilerek CIE standart D-tipi gök koşullarında elde edilebilecek aydınlık düzeyi ve ışık verimleri belirlenmiştir.

2 SİSTEM TANITIMI

Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisinin Fiber Optiklerle Taşınması (YGEFOT) ilkesine dayanan projeler, ilk olarak 1980’lerde bir grup Fransız araştırmacı tarafından ortaya konulmuştur. Ancak bu denemeler, fiber optiklerin yüksek maliyeti, yüksek sayısal açıklık ve düşük zayıflatmaya sahip fiber optiklerin mevcut olmaması gibi nedenlerle kuramsal düzeyde kalmış, güç üretim endüstrisi gibi temel enerji tüketim uygulamalarına taşınmamıştır [2, 3, 4]. Günümüzde, yüksek nitelikli fiber optik teknolojisinin varlığı ile güneş enerjisi, geniş öz (core) çapına ve büyük sayısal açıklığa sahip fiber optiklerle taşınabilmektedir. YGEFOT temeline dayanan sistemlerin birçok alanda esnek çözümler getiren uygulama olanakları vardır. Bu sistemler, amaçlarına göre sistem karakteristikleri ile kullanım yerlerine göre beş ana başlık altında incelenebilir:

- (i) Güneş enerjisiyle aydınlatma,
- (ii) Güç üretimi,
- (iii) Foto biyo-reaktörler, foto-kimyasal tepkimeler, hidrojen üretimi,
- (iv) Güneş enerjisiyle cerrahi,
- (v) Güneş enerjisi tahrikli lazerler.

YGEFOT ilkesine dayanan sistemlerden elde edilebilecek güç miktarını belirleyen matematiksel modelleme ve kuramsal analiz, sıralanan kullanım yerleri ile ilgili ayrıntılı analiz ile birlikte Kandilli ve

Ülgen (2007) tarafından ortaya konmuştur [5, 6].

Yoğunlaştırılmış güneş enerjisinin fiber optik kablolar yolu taşınarak aydınlatmada kullanımı amacıyla,

Şekil.1’de görülen günışığı aydınlatma sistemi, Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü’nde tasarlanmış, kurulmuş ve test edilmiştir. Sistem bileşenlerinin özellikleri aşağıda özetlenmiştir.



Şekil 1. Güneş ışığı aydınlatma sistemi

2.1 PARABOLOİDAL YOĞUNLAŞTIRICI ÇANAK

Güneş ışığı aydınlatma sisteminde, ticari olarak mevcut ofset bir uydu anteninin kromajlama işlemine tabii tutularak yansıtıcılık özelliği kazandırılması ile elde edilen paraboloid çanak kullanılmıştır. Paraboloid çanak açıklık çapı 1,04 m, odak uzaklığı 0,78 m ve kenar açısı 36,9°’dir. Kromaj kaplı paraboloid çanağın ortalama yansıtması $0,56 \pm \%2$ olarak belirlenmiştir [6, 7].

2.2 OPTİK FİLTRE

Güneş ışığı aydınlatma sistemindeki fiber optik kabloların ısı kaynaklı hasarının engellenmesi için IR ve UV ışınımını geçirmeyen optik filtre kullanımı önerilmiştir. Güneş enerjisi sistemlerinde optik filtrenin kullanımı ile

fiber optik kablolarla soğurmaya bağlı kayıplar ve ısınma etkileri azaltılabilecektir. Optik filtre, düşük ısıl genleşme, yüksek ısıl şok dayanımı, iyi bir sıcaklık istikrarı sağlaması ve 10 saati aşan süre boyunca 450°C sıcaklığa dayanabilme özellikleri ile güneş enerjisi uygulamaları için uygun bir seçenektir. Tasarlanan güneş ışığı aydınlatma sisteminde kullanılan optik filtrenin görünür bölgede ışık geçirgenliği, $0,90 \pm \%0,05$ olarak belirlenmiştir [6, 7].

2.3 FİBER OPTİK KABLO DEMETİ

Güneş ışığı aydınlatma sisteminde, yoğunlaştırılmış güneş ışığını aktarmak üzere, 3 cm dış çapa sahip, 312 cm uzunluğunda PMMA malzemeden üretilmiş, esnek fiber optik kablolarla oluşan bir demet kullanılmıştır. Fiber optik kablo demetinin girişinde Rayleigh

etkisi nedeniyle ışığın saçılmaya uğraması ve kablolar arasındaki boşluklar tarafından soğurulması, PMMA malzemenin ısı etkileriyle bozulmaya uğramasına yol açabileceği öngörülmüş, bu etkilerin önüne geçilebilmesi amacı ile 2,5 ve 3,0 mm olmak üzere farklı örtü çapına sahip, ancak aynı optik özellikler sergileyen fiber optik kablolar kullanılmıştır. Sistemde kullanılan iki tip fiber optik kablo da flor katkılı polimerden yapılmış olup, nemli koşullarda daha etkin kullanım olanağına sahiptir. Her iki tip fiber optik kablonun öz malzemesinin kırılma indeksi 1,492; örtü malzemesi kırılma indeksi 1,418 olup sayısal açıklığı 0,51 ve buna karşılık gelen maksimum alış açısı yaklaşık 30°'dir. Fiber optik kablo demetinde, eğrilik yarıçapı küçüldükçe, aktarılan ışığın renk sıcaklığı artmakta, diğer bir deyişle renginde soğuma oluşmaktadır [6, 7].

2.4 İZLEME SİSTEMİ

Bir güneş enerjisi sisteminden elde edilebilecek olan toplam güç, öncelikle alınabilen güneş enerjisi miktarına bağlıdır. Güneş konumunun gün boyunca ve mevsimlere göre değişmesi nedeni ile güneş enerjisi sistemleri güneşten olabildiğince fazla yararlanacak şekilde tasarlanmalıdır. Bu amaçla, bu güneşli aydınlatma sisteminde, güneş ışınlarını her an dik şekilde alabilecek şekilde tasarlanmış çift eksenli güneş izleme sistemi kullanılmıştır.

Tablo.1'de güneşli aydınlatma sistemine ilişkin maliyet bilgileri özetlenmiştir. Kromaj işleminden geçirilmiş parabolit yoğunlaştırıcı çanak için yaklaşık üretim maliyeti 100 YTL'dir. Fiber optik kablo demetinin ısı nedenlerle hasara uğramaması amacıyla kullanılan optik filtre yaklaşık 20, sistemde kullanılan fiber optik kabloların maliyeti ise 2440 YTL'dir. Optik filtre ve fiber

optik kabloların yurtdışından ithal edildiği, maliyetlerinin bu alandaki gelişmelere ve döviz kurlarındaki değişikliklere bağlı olduğu unutulmamalıdır. Hareketi sağlayıcı motorlar, elektronik devre ve sensörlerden oluşan güneş çift eksenli izleme sisteminin üretim maliyeti ise 235 YTL'dir. Sistemin birim modül başına ortalama üretim maliyeti 2795 YTL, metrekaşe başına ise 3275 YTL olarak hesaplanmıştır.

Tablo 1. Güneşli aydınlatma sistemine ilişkin maliyet özellikleri

Güneşli Aydınlatma Sistem Bileşenleri	Üretim Maliyeti (YTL)
Parabolit yoğunlaştırıcı çanak	100
Optik Filtre	20
Fiber Optik Kablo Demeti	2440
İzleme Sistemi	235
Toplam	2795/modül; 3275/m ²

Bu noktada, önerilen sistemin ayırt edici yönlerinin açıklanması yararlı olacaktır. Sistemin özgünlüğü şöyle sıralanabilir; **(i)** Parabolit yoğunlaştırıcı çanak yansıtıcılığının yüzeyin kromaj kaplanarak sağlanması, **(ii)** yoğunlaştırıcı çanağın ofset bir forma sahip olması ile merkezde gölge etkisinin giderilmesi, **(iii)** düşük maliyetli bir güneş izleme sistemi ile çalışması, **(iv)** odak noktasında oluşan görüntü boyutunun, yoğunlaştırıcı çanağın sapma açısını dikkate alarak belirlenebilmesi, **(v)** sistem bileşenlerinden fiber optik kablo demeti, optik filtre ve parabolit yoğunlaştırıcı çanağın tayfsal iletim ve yansıtıcılık özelliklerinin analiz edilmesi ve güneşli aydınlatma sisteminin bir bütün olarak güneşli geçirim özelliğinin tayfsal olarak ortaya konmasıdır.

3 DENEYSEL YÖNTEM

Paraboloit yoğunlaştırıcı çanağın kromajlama işlemi ile aynı yolla elde edilmiş örneklerin tayfsal yansıtması, fiber optik kablo demetinin geçirgenliği ve optik filtrenin tayfsal özellikleri, TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME) Optik Grubu Laboratuvarları'nda gerçekleştirilen çalışmalarla ölçülmüştür. Fiber optik kablo demeti, optik filtre ve paraboloit yansıtıcının renk ve spektral özellikleri bütün bir aydınlatma sistemi dikkate alınarak D55, D65 ve D75 standart günışığı spektrumları için değerlendirilmiştir.

UME'de gerçekleştirilen ışık deneylerinde, günışığı aydınlatma sistemi bileşenlerinin tayfsal özelliklerinin ortaya konulması amacıyla, 300–1100 nm dalgaboyu aralıklı spektrometre ile 380–780 nm görünür bölgede çalışan spektrofotometre kullanılmıştır. Ayrıca, mekân aydınlatması amacıyla tasarlanan YGEFOT ilkesine dayanan bu sistemin verdiği aydınlık düzeyi ve ışıyım farklı gök koşullarında test edilmiştir. Günışığı aydınlatma sisteminin performansının test edilmesi amacıyla, Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü'nde Mayıs 2007'de, eş zamanlı olarak 15 dakikalık aralıklarla, sistemin yerleştirildiği mekânın çatısında, yatay yüzey toplam güneş ışıyımı (W/m^2) ile yatay yüzey aydınlık düzeyi (lux) değerleri ve iç ortam çalışma düzlemi yatay yüzey ışıyım düzeyi (W/m^2) ile çalışma düzlemi yatay aydınlık düzeyi (lux) ölçümleri alınmıştır.

4 BULGULAR VE TARTIŞMA

Günışığının nicel ve nitel özellikleri, bulunan bölgenin yüksekliği, atmosferin bulanıklılığı, zaman gibi bir takım coğrafi ve meteorolojik verilere bağlı olarak

değişir. Bu nedenle tasarımcı ve kullanıcıların kontrolünde olmayan doğal kaynakların niteliğinin doğru bir şekilde belirlenmesi, günışığı tasarımında önemli bir yere sahiptir.

Atmosferik koşullara bağlı olarak herhangi bir zamanda toplam güneş ışıyımındaki bu bileşenlerin oranları değişebilmektedir. Bu nedenle gök koşullarını ifade ederken, toplam güneş ışıyımı yerine açıklık indeksinin kullanılması daha belirgin ve açıklayıcı çıkarımlar yapılması bakımından uygulamalarda yararlı çözümler getirmektedir.

Şekil 2'de, günışığı aydınlatma sistemi ile aydınlatılan tamamen karanlık test mekânı iç ortamı görülmektedir. Günışığı aydınlatma sistemi fiber optik kablo demeti çıkış ucundan spot şeklinde bir ışık elde edilmektedir. Bu ışığın tüm mekâna düzgün bir şekilde dağıtılması için difüzör kullanılması, pratik bir çözüm getirmektedir.

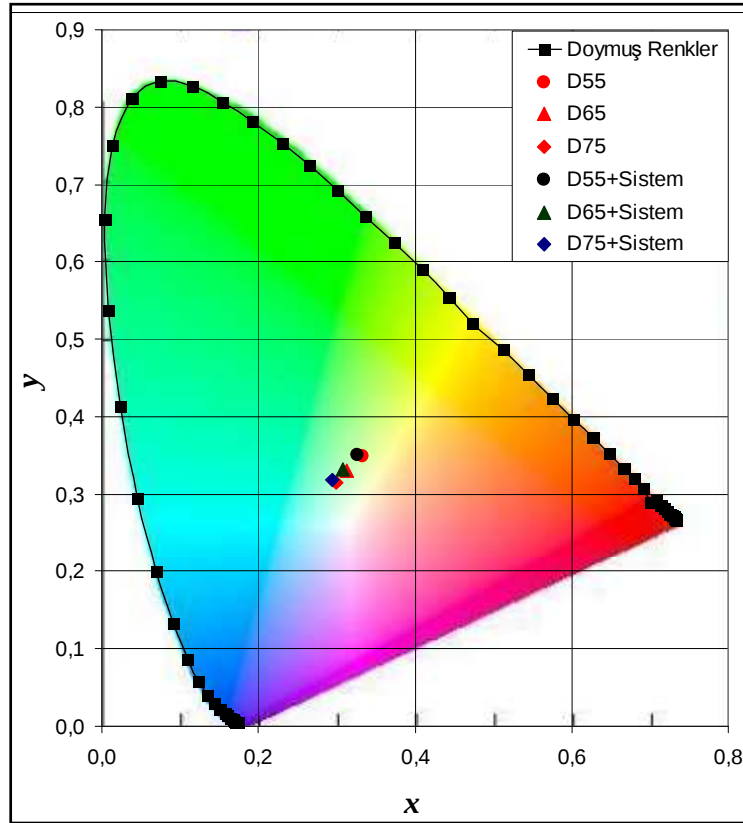


Şekil 2 Günışığı aydınlatma sistemi ile test mekânı iç ortamda gerçekleştirilen aydınlatma

Günışığı aydınlatma sisteminin, standart günışığı spektrumları altında

verdiği ışığın CIE renk koordinatları (x,y), Şekil 3'te, D serisi standart günışığı spektrumları ile karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Şekil 3'ten de görülebileceği gibi, her bir durumda incelenen sistem renk koordinatları, D55, D65 ve D75 standart günışığı spektrumlarının renk koordinatları ile çakışmaktadır. Günışığı aydınlatma sistemi, farklı atmosferik

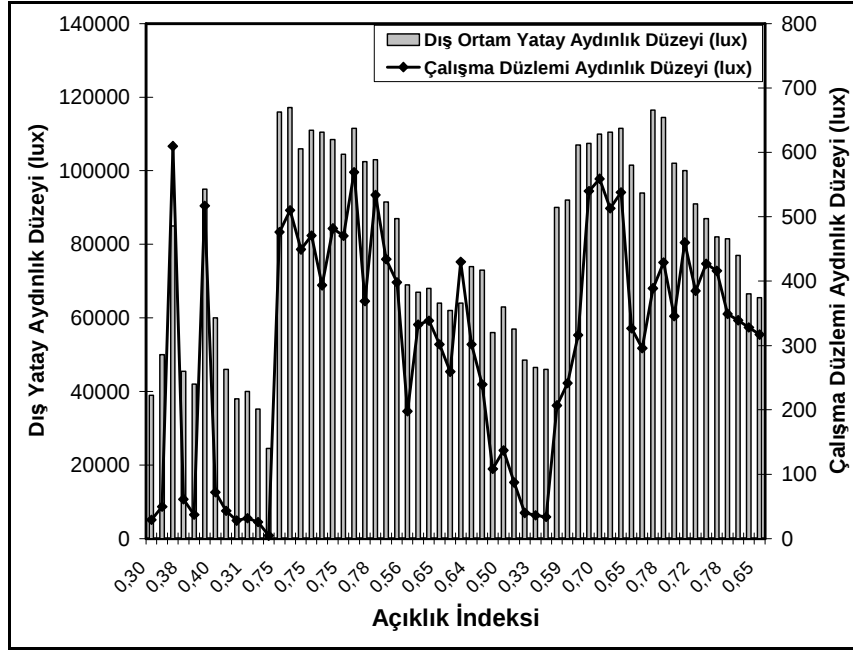
koşulları ifade eden bu standart koşullarda, aldığı ışığın rengine, ihmal edilecek düzeyde düşük sapmalar oluşturmaktadır.



Şekil 3. D55, D65 ve D75 standart günışığı spektrumlarının ve bu koşullar altında günışığı aydınlatma sisteminden elde edilen ışığın CIE renk koordinatları

Şekil 4'te açıklık indeksine bağlı olarak dış ortam yatay aydınlık düzeyi (lux) ve test mekânı çalışma düzlemi yatay aydınlık düzeyi (lux)

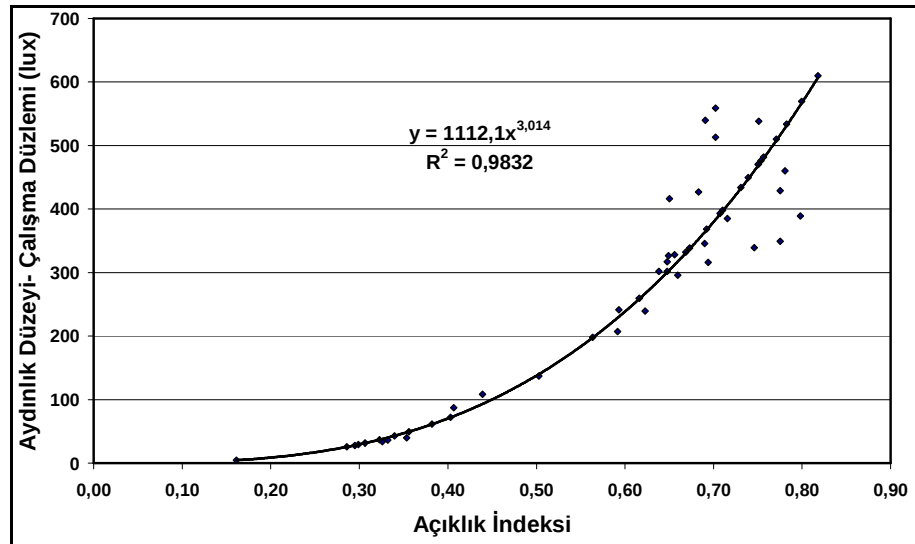
verilmektedir. Parlak günışığı koşullarında, iç ortam çalışma düzlemi aydınlık düzeyi 600 lux değerine ulaşabilmektedir.



Şekil 4. Açıklık indeksine bağlı olarak dış ortam yatay aydınlık düzeyi (lux) ve test mekânı çalışma düzlemi yatay aydınlık düzeyi (lux)

Şekil 5'te açıklık indeksi ile çalışma düzlemi yatay aydınlık düzeyi (lux) arasındaki ilişki ifade edilmektedir. Çalışma düzlemi ışınım değerlerine benzer şekilde, açıklık indeksi ile çalışma düzlemi aydınlık düzeyi arasında,

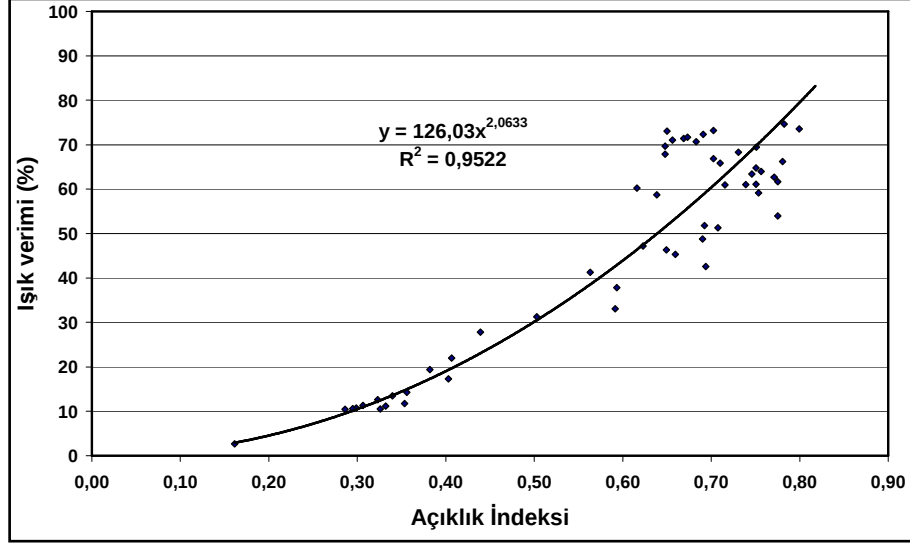
$R^2 = 0,9832$ yakınlıklı üstel bir eğilim ilişkisi olduğu ortaya konmuştur. Açıklık indeksi arttıkça, çalışma düzlemi yatay aydınlık düzeyi değerleri artmaktadır.



Şekil 5. Açıklık indeksi ile çalışma düzlemi yatay aydınlık düzeyi (lux) arasındaki ilişki

Şekil 6’da açıklık indeksi ile sistem ışık verimi (%) arasındaki ilişki ifade edilmektedir. Işık verimi, günışığı aydınlatma sistemi için, fiber optik kablo demetinden alınan aydınlık düzeyinin dış yatay aydınlık düzeyine oranı olarak tanımlanmıştır. Burada da açıklık indeksi

ile günışığı aydınlatma sistemi ışık verimi arasında, yakınlığı $R^2 = 0,95$ seviyelerinde olan üstel bir eğilim bulunmuştur. Şekilden de anlaşılacağı gibi, açıklık indeksi büyüdükçe, günışığı aydınlatma sisteminin ışık verimi artmaktadır.



Şekil 6. Açıklık indeksi ile sistem ışık verimi (%) arasındaki ilişki

Açıklık indeksinin artması belli bir andaki dış yatay toplam ışınlım değerinin yükselmesi anlamına gelmekte, günışığı aydınlatma sistemi fiber optik kablo demetinin görünür bölge ışınlımı iletmesi nedeni ile de sistemin ışık verimi yükselmektedir. Günışığı aydınlatma sisteminin ortalama ışık verimi $\% 56 \pm \% 2,93$ olarak bulunmuştur.

5 SONUÇLAR

Yapılan çalışma ışığında varılan sonuçlar şu şekilde özetlenebilir;

a. Günışığı aydınlatma sisteminin tüm bileşenleri dikkate alınarak ve CIE renk koordinatları (x,y) belirlenerek yapılan analizde, farklı standart günışığı spektrumları (D55, D65, D75) altında

sistemin, temel günışığı tayfsal karakterini değiştirmedeği görülmüştür.

b. Kurulan sistem için açıklık indeksi ile çalışma düzlemi yatay aydınlık düzeyi değerleri ve günışığı aydınlatma sistemi ışık verimi arasındaki üstel ilişki belirlenmiştir. Açıklık indeksi büyüdükçe, sistemin ışık verimi artmaktadır. Açıklık indeksinin artması belli bir andaki dış yatay toplam ışınlım değerinin de yükselmesi anlamına gelmekte, günışığı aydınlatma sistemi fiber optik kablo demetinin görünür bölge ışınlımı iletmesi nedeni ile de sistemin ışık verimi yükselmektedir. Deneysel veriler ışığında sistemin ortalama ışık verimi $0,56 \pm \%2,93$ olarak ortaya konmuştur.

c. Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü meteoroloji istasyonundan elde edilen ışınlım verileri kullanılarak, günışığı aydınlatma sisteminden sağlanabilecek

aylık ortalama saatlik çalışma düzlemi aydınlık düzeyi değerleri tahminlenmiştir. Güneş ışığı aydınlatma sistemi ile çalışma düzleminde elde edilebilecek aydınlık düzeyi Ocak-Haziran ayları arasında 9–16 saatleri süresince 250–500 lux aralığında, Temmuz-Aralık ayları arasında süresince 250–600 lux aralığında değişmektedir. Otomatik güneş ışığı kontrolü eşik aydınlık düzeyinin 200 lux [8]; genel ofisler için çalışma düzlemi uygun aydınlatma düzeyinin ise 300 lux dikkate alınacak olursa, YGEFOT ilkesine dayanılarak gerçekleştirilen güneş ışığı aydınlatma sistemi ile yaşam ortamına aktarılan ışığın aydınlık düzeyi değerleri, aydınlatma standartlarında öngörülen değerleri sağlamaktadır.

Enerji sektöründeki dışa bağımlılığımız düşünüldüğünde, ülkemizin sahip olduğu güneş enerjisi ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının geliştirilmesi ve günlük yaşamımız ile bütünleştirilebilmesi, enerji tasarrufu bakımından önemli bir potansiyel olarak karşımıza çıkmaktadır. Küresel enerji politikaları, enerji arz güvenliği ve artan nüfusumuz, bizleri yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yöneltmektedir. Enerji gereksinimini karşılayabilen bir ülke olmak için, var olan tüm doğal kaynaklardan en etkin biçimde yararlanılması gerekmektedir. Güneş enerjisi ile bütünleşik aydınlatma, enerji verimliliği, maliyet, aşırı aydınlatma ve kamaşma gibi sorunlara önemli ölçüde çözüm getirecek potansiyele sahiptir. Güneş enerjisinin ısı uygulamalarında orta ve yüksek sıcaklık aşamalarında ve uydu alıcılarında kullanılan parabolik yoğunlaştırıcıların kullanım alanı genişletilebilecektir. Ülkemizde büyük oranda haberleşme ve elektronik alanında kullanılan fiber optiklerin aydınlatma amacı ile kullanımı geliştirilecektir.

Güneş ışığı aydınlatma sistemi, yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan diğer sistemlerle birlikte düşünülecek olursa, şebekeden bağımsız ya da kendi gereksinimi olan enerjiyi üretmekle kalmayıp şebekeye enerji aktarabilen “artı” enerjili binaların hayata geçirilmesinde yer alabilecektir.

Teşekkür

Yazarlar, fotometrik ölçümlerdeki yardımları için TÜBİTAK-UME Optik Grubu Laboratuvarı çalışanları Yusuf Çalkın ve Rahmi Dilli’ye ve sağladıkları çalışma olanakları için UME yöneticilerine teşekkürlerini sunarlar.

KAYNAKLAR

1. Leslie, R.P., 2003, Capturing the daylight dividend in buildings: why and how?, Building and Environment, 38:381–385.
2. Philibert, C., 2004, OECD Environment Directorate International Energy Agency, International Energy Technology Collaboration and Climate Change Mitigation, Case Study 1: Concentrating Solar Power Technologies, International Energy Agency, COM/ENV/EPOC/IEA/SLT.
3. Hsieh, J. S., 1986, Solar Energy Engineering, Prentice Hill, New Jersey, 1p.
4. Liang, D., Monteiro, L.F., Teixeira, M.R., Monteiro, M.L.F. and Collares-Pereira M., 1998, Fibre-optic solar energy transmission and concentration, Solar Energy Materials and Solar Cells, 54: 323–331.
5. Kandilli, C., and Ulgen, K., 2007, Review and modelling the systems of transmission concentrated solar energy via optical fibres, Renewable and Sustainable Energy Reviews, doi:10.1016/j.rser.2007.05.005, Basımda.

6. Kandilli C., Gümüşü İle Çalışan Aktif Hibrit Aydınlatma Sisteminin Tasarımı, Kurulumu, Testi Ve Performansa Etki Eden Parametrelerin Araştırılması, Yayımlanmamış Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eylül 2007

7. Kandilli C., Turkoglu A.K., Ulgen K., Transmission Performance of Fibre Optic Bundle for Solar Lighting, 3rd International Energy, Exergy and Environment Symposium, 1-5 July 2007, Évora, PORTEKİZ

8. Tsangrassoulis, A., Doulos, L., Santamouris, M., Fontoynt, M., Maamari, F., Wilson, M., Jacobs, A., Solomon, J., Zimmerman, A., Pohl, W., Mihalakakou, G., 2005, On the energy efficiency of a prototype hybrid daylighting system, Solar Energy, 79: 56-64.