

KONUTLARDA LAMBA SEÇİMİNİN ENERJİ PERFORMANSI AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Özlem SÜMENGİN¹ Alpin Köknel YENER²

¹ERÜ Mimarlık Fakültesi

Melikgazi-Kayseri, 38030 osumengen@hotmail.com

²İTÜ Mimarlık Fakültesi

Taşkışla Kampüsü-Taksim, İstanbul, 34437 yener@itu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışma kapsamında, EN 15193 standardı temel alınarak konut binalarına özgü değişkenlerin dikkate alınmasıyla geliştirilen yaklaşım tanıtılmış ve lamba seçiminin konutlarda aydınlatma enerji performansı üzerindeki etkisinin belirlenmesine ilişkin bir uygulama örneği incelenmiştir. Çalışmada ele alınan örnek konutun tüm hacimleri için geleneksel lamba tipleri ve led kullanımıyla 2 farklı öneri geliştirilmiş, bu önerilerin aydınlatma enerjisi gereksinimi hesaplanarak lamba seçiminin enerji performansı açısından değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Konutlarda aydınlatma, Aydınlatma Enerji Performansı, Lamba tipleri, LED teknolojisi,

1. GİRİŞ

Dünyada, enerji kaynaklarının gitgide azalması ve enerji maliyetlerinin artması, binalarda enerjinin verimli kullanılmasına ilişkin çalışmaları gerekli kılmıştır. Ülkemizde; elektrik enerjisinin %45'i binalar tarafından tüketilmekte ve toplam tüketimin %25'lik kısmı da konutlar tarafından gerçekleştirilmektedir. Tüketilen toplam elektrik enerjisinin %20'sinin aydınlatma amaçlı kullanılması ile aydınlatma; binalar ölçeğinde %56 pay ile elektrik enerjisi tüketiminde ağırlıklı bir sektör haline gelmiştir [1].

Konut binalarında tüketilen aydınlatma enerjisinin, hem dünya ölçeğinde hem de Türkiye ölçeğinde etkin yer tutması, konutlarda aydınlatma enerjisi gereksinimi konusundaki çalışmalara ağırlık verilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. AB tarafından 2002/91/EC yönetmeliğini takiben yürürlüğe giren EN 15193 Binalarda Enerji Performansı-Aydınlatma Enerjisi Gereksinimleri standardında, birim alana düşen yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimini ifade eden Aydınlatma Enerjisi Sayısal Göstergesi AESG (Lighting Energy Numeric Indicator LENI) değeri hesaplanarak bir değerlendirme kriteri

olarak ele alınmaktadır. Bu standartta tanıtılan hesap yönteminde konut binaları kapsam dışı bırakılmıştır [2]. Türkiye için geliştirilen ve 5.12.2008 tarihli Resmî Gazete'de yayınlanan Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği BEP-TR'de ise konutlarda aydınlatma enerjisi gereksiniminin belirlenebilmesi için genel bir hesaplama yöntemi önerilmiştir; ancak konut binalarına özgü değişkenleri ele alan daha detaylı bir yöntemin gerekliliği açıktır [3]. Konut binaları; hacimlerde geçen eylemlerin çeşitliliği, kullanım saatlerinin ve hacim kullanım oranlarının kullanıcı özellikleri ile diğer tipolojilerden farklılaşmaktadır. Aydınlatma enerjisi tüketiminde etkili olan bu parametrelerin konutlara özgü şekilde ele alınması ve değerlerin belirlenmesi gerekmektedir.

2.KONUTLARDA AYDINLATMA ENERJİ PERFORMANSININ BELİRLENMESİ

“Türkiye için Konut Binalarının Aydınlatma Enerjisi Gereksinimi Açısından Değerlendirilmesine İlişkin bir Yaklaşım” başlıklı doktora tezi kapsamında, konut binaları için EN 15193-Aydınlatma Enerjisi

Gereksinimleri standardı esas alınarak görsel konfor gereksinimleri ve Türkiye’deki konut kullanıcıları–aile profili verilerini göz önüne alan bir yaklaşım geliştirilmiştir [4]. Yaklaşımda görsel konfor koşullarının sağlanması ön koşul olarak kabul edilmiş ve bu adımda ilgili literatürden yararlanılarak derlenen minimum aydınlık düzeyleri esas alınmıştır. EN 15193 standardında, ele alınan hacim veya binada yıllık aydınlatma enerjisi gereksiniminin Eşitlik 1 ile hesaplanması öngörülmektedir.

$$W_{L,T} = \{(P_n \times F_c) \times [(t_D \times F_o \times F_D) + (t_N \times F_o)]\} / 1000 \text{ (kWh)} \quad (1)$$

P_n : Bir hacim veya bölüme ilişkin toplam kurulu aydınlatma gücü (W)
 F_c : Sabit aydınlık faktörü
 t_D : Gün saatleri kullanımı (h)
 F_o : Kullanıma bağlı faktör
 F_D : Güneş ışığı bağımlılık faktörü
 t_N : Gün saatleri dışında kullanım (h)

Yıllık toplam aydınlatma enerjisine bağlı olarak Aydınlatma Enerjisi Sayısal Göstergesi Eşitlik 2 ile hesaplanmaktadır.

$$AESG = W/A \text{ (kWh/m}^2\text{x yıl)} \quad (2)$$

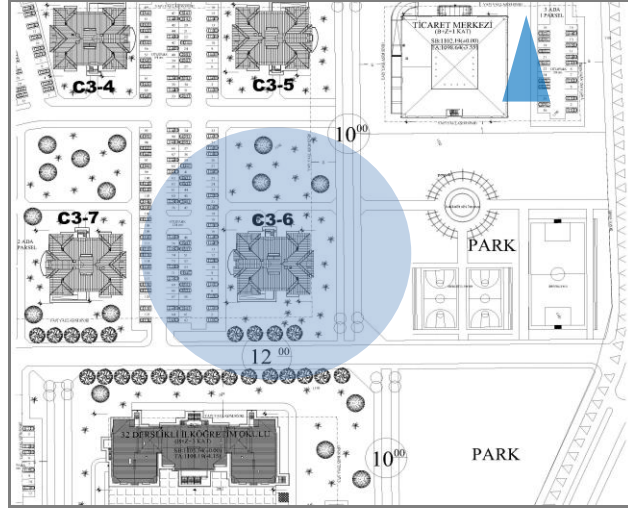
W: Aydınlatma için kullanılan toplam yıllık enerji (kWh)
A: Binanın toplam kullanılan alanı (m²)

Geliştirilen yaklaşım, yukarıda açıklanan değişkenlerle ilgili coğrafi bölge, yön, aile profili gibi farklılıkları göz önüne alan

ayrıntılı hesaplama modelleri içermektedir. Eşitlik 1’de yer alan P_n değeri, yapma aydınlatma sistemine ait tüm armatürlerin şebekeden çektiği güç değerini ifade etmektedir. Bu değer belirlenmesinde seçilen lamba türünün gücü doğrudan rol oynamaktadır. Konut binalarında yaygın olarak kompakt flüoresan ve halojen lambaların tercih edildiği, düşük bir oranda da olsa hala akkor telli lambaların kullanıldığı görülmektedir. Günümüzde, teknolojik gelişmelere bağlı olarak çeşitli amaçlara hizmet etmek üzere üretilen LED lambaların kullanımı giderek yaygınlaşmakta, ve geleneksel lambaların yerini alarak sektörde geniş bir yer tutmaya başlamaktadırlar. Yapılan araştırmalarda; LED’li lambaların enerji tüketimlerinin flüoresan lambalara göre 1/10 oranında daha düşük olduğu belirlenmiştir. LED’li lambaların şebekeden çektikleri güç miktarı 1-2W kadar düşük miktarda olabildiği göz önünde bulundurulduğunda LED’li lambaların enerji verimliliği kapsamında önemli bir yere sahip olması gerektiği belirtilmektedir [5].

3. LAMBA SEÇİMİNİN ENERJİ PERFORMANSI AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİNE İLİŞKİN BİR ÖRNEK

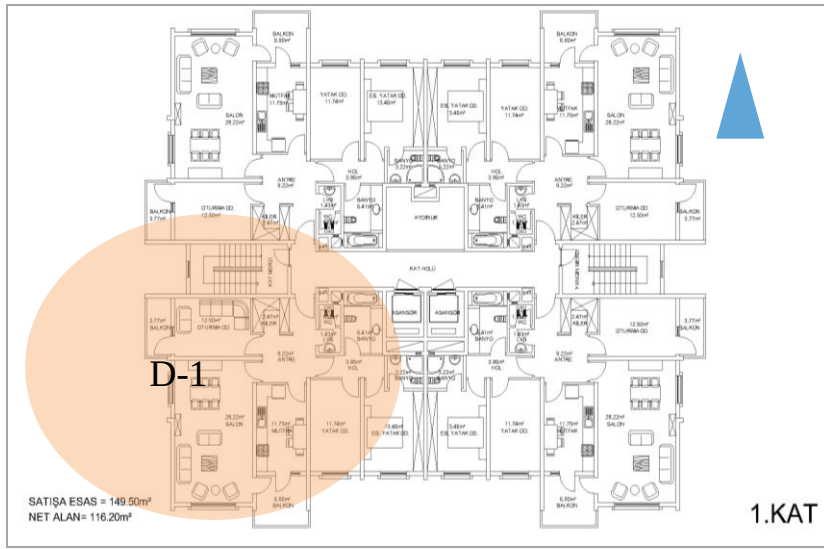
Çalışmada Kayseri ili Melikgazi ilçesi, TOKİ yerleşkesinde yer alan konut binası örnek olarak ele alınmıştır. Seçilen konuta ilişkin mevcut vaziyet planı Şekil 1’de yer almaktadır.



Şekil 1: C3-6 no'lu konut binası mevcut vaziyet planı

Örnek konuta ilişkin bina tipi yüksek katlı konut olup, zemin+12 kattan oluşmaktadır. Her katta yaklaşık 150 m² olan 4 daire mevcuttur. Bina kuzey-güney aksında yer almakta ve her daire yaşama odası (oturma

odası), salon, mutfak, ebeveyn yatak odası ve çocuk odasından oluşmaktadır. Konuta ilişkin plan şeması Şekil 2'de yer almaktadır.



Şekil 2: Örnek konut plan şeması

Farklı lamba önerilerinin aydınlatma enerjisi performansına etkisinin belirlenmesinde güneyve batı yönelimli odaları bulunan D-1 konutu seçilmiştir. Sonuçların sağlıklı karşılaştırılabilmesi için, lamba gücü dışındaki parametrelerin değişkenlik göstermemesi amaçlanmıştır. Bu nedenle, herhangi bir dış engelin bulunmadığı kabul edilerek aile tipolojisi ve konut kullanım durumları sabit kabul edilmiştir.

3.1 Örnek Konuta İlişkin Aydınlatma Tasarımı Önerileri ve Lamba Alternatifleri

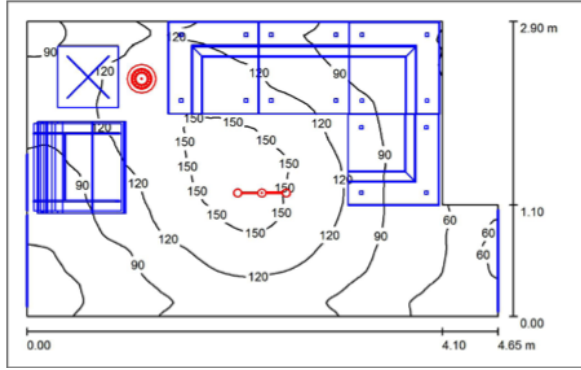
Aydınlatma enerji performansının belirlenmesinde yapma aydınlatma sistemine ilişkin güç, konut hacimlerinin her birindeki yapma aydınlatma tasarımına bağlıdır. Bu çalışmada ele alınan örnek konuttaki her bir hacim için görsel konfor koşullarını sağlayan iki farklı tasarım önerisi geliştirilmiştir. Öneri-1'de kompakt

flüoresan ve halojen-akkor telli lambalar, Öneri-2’de ise LED lambalar kullanılmıştır.

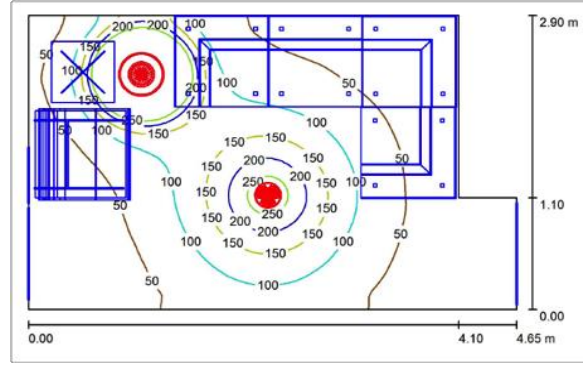
Hesaplamalar ortalama genel aydınlık düzeyini belirlemek üzere yerden 0.80 m yüksekliğinde yatay çalışma düzlemi için Dialux 4.12 aracılığıyla yapılmıştır. Hacimde geçen eylemlere bağlı olarak

gerekli düzlemler için ek hesaplamalar yapılmıştır.

Yaşama odası: Konutta uyku saatleri dışında gündelik yaşamın büyük bir kısmının geçtiği yaşama odasında oluşturulan Öneri-1 ve Öneri-2 tasarımlarında yatay çalışma düzlemine ilişkin isolux eğrileri Şekil 3 ve Şekil 4’te belirtilmektedir.



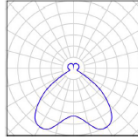
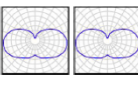
Şekil 3: Öneri -1 için yaşama odasındaki aydınlatma tasarımına ilişkin isolux eğrileri



Şekil 4: Öneri-2 (LED) için yaşama odasındaki aydınlatma tasarımına ilişkin isolux eğrileri

Yaşama odasında Öneri-1 için yapılan hesaplamalara göre; çalışma düzleminde ortalama 104 lux, zeminde ise ortalama 47 lux olan bir aydınlık düzeyi; Öneri-2 için

yapılan hesaplamalara göre çalışma düzleminde ortalama 115 lux, zeminde ise 53 lux değerinde bir aydınlık düzeyi elde edilmiştir.

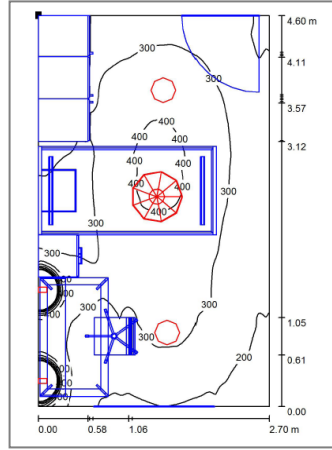
1 Parça	Fagerhult 202238 Tundra Golv 1x26-32W FSM-E Gx24q-1 Ürün No.: 202238 Işık akısı (Işıklık): 1288 lm Işık akısı (Lambalar): 1800 lm Işıklık gücü: 27.0 W Işıklık sınıflandırma, CIE: 82 CIE Akı Kodu: 60 91 95 82 72 Birleştirme: 1 x FSM-E GX24q-3 (Düzeltilme çarpanı 1.000).		
1 Parça	Hess 12.13711.2 Pendant luminaire MESSINA 80 G double Ürün No.: 12.13711.2 Işık akısı (Işıklık): 2250 lm Işık akısı (Lambalar): 3600 lm Işıklık gücü: 62.0 W Işıklık sınıflandırma, CIE: 58 CIE Akı Kodu: 19 43 71 58 62 Birleştirme: 2 x 1 x TC-D (Düzeltilme çarpanı 1.000).		

Şekil 5: Yaşama odası için Öneri-1’de yer alan armatür ve lamba bilgileri

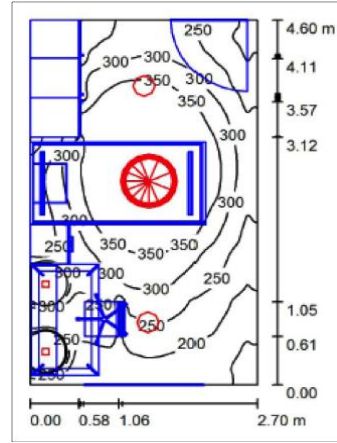
Öneri-1’de yer alan armatürlerin şebekeden çektiği güç (W) ve üretilen ışık akısı (lm) Şekil 5’de belirtilmiştir. Buna göre yaşama odasında şebekeden çekilen toplam güç Öneri-1 için 89, Öneri-2 için 63 Watt olarak belirlenmiştir.

Çocuk Odası: Ele alınan örnek konuttaki çocuk odası için uyku, çalışma ve oyun

aktivitelerinin aynı hacimde ve aynı zamanda gerçekleşebilmesine uygun bir aydınlatma tasarımı önerilmiştir. Çocuk odası için oluşturulan Öneri-1 ve Öneri-2 tasarımlarında yatay çalışma düzlemine ilişkin isolux eğrileri Şekil 6 ve Şekil 7’de belirtilmektedir.



Şekil 6: Öneri-1 için çocuk odası aydınlatma tasarımına ilişkin isolux eğrileri



Şekil 7: Öneri-2 (LED) için çocuk odası aydınlatma tasarımına ilişkin isolux eğrileri

Çocuk odasında Öneri-1 için yapılan hesaplamalara göre; hacimde ortalama 324 lux değerinde aydınlık düzeyi elde edilmiştir. Çalışma masası hesap yüzeyinde oluşan aydınlık düzeyi ise yaklaşık olarak 500 lux'tür. Öneri-2 için yapılan hesaplamalara göre hacimde ortalama 303 lux, çalışma masası yüzeyinde yaklaşık 503 lux değerinde bir aydınlık düzeyi elde

edilmiştir. Öneri-1'e göre çocuk odasında genel aydınlatma için kompakt flüoresan lambalı sarkıt, sıva üstü ve duvara monte sabit çalışma lambası kullanılmaktadır. Armatür ve kullanılan lambalara ilişkin açıklamalar Şekil 8'de belirtilmiştir. Öneri-2'de benzer tasarım kararına göre LED lambalı versiyonları kullanılmıştır.

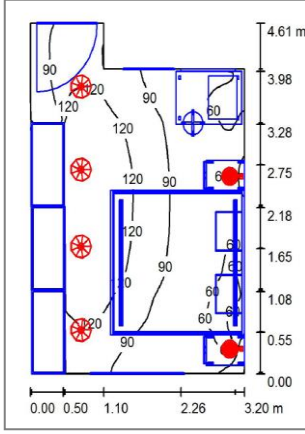
2 Parça	Artemide M022061 FLAP TABLEAU QR-CBC35 MAX.1X35W Ürün No.: M022061 Işık akısı (Işıklık): 640 lm Işık akısı (Lambalar): 640 lm Işıklık gücü: 35.0 W Işıklık sınıflandırma, CIE: 100 CIE Akı Kodu: 77 92 96 100 100 Birleştirme: 1 x HRGS/UB (GU4) (Düzeltilme çarpanı 1.000).	
1 Parça	Fagerhult 53518 Teres Pendant Ürün No.: 53518 Işık akısı (Işıklık): 3127 lm Işık akısı (Lambalar): 5000 lm Işıklık gücü: 65.0 W Işıklık sınıflandırma, CIE: 55 CIE Akı Kodu: 42 71 90 55 63 Birleştirme: 1 x T-R 16 (Düzeltilme çarpanı 1.000).	
2 Parça	Glamox D20-S210 132 SF X Louvre Ürün No.: Işık akısı (Işıklık): 1364 lm Işık akısı (Lambalar): 2400 lm Işıklık gücü: 36.0 W Işıklık sınıflandırma, CIE: 100 CIE Akı Kodu: 68 97 100 100 57 Birleştirme: 1 x TC-TEL 32W (Düzeltilme çarpanı 1.000).	

Şekil 8: Çocuk odası için Öneri-1'de yer alan armatür ve lamba bilgileri

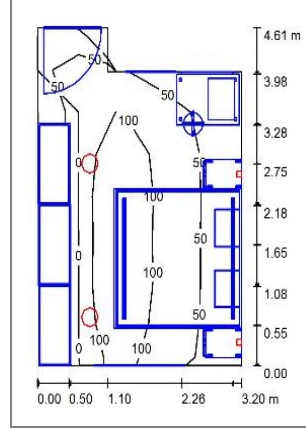
Buna göre çocuk odasında şebekeden çekilen toplam güç Öneri-1 için 207, Öneri-2 için 91 Watt olarak belirlenmiştir.

Ebeveyn Yatak Odası: Ele alınan örnek konuttaki ebeveyn yatak odasında

oluşturulan Öneri-1 ve Öneri-2 tasarımlarında yatay çalışma düzlemine ilişkin isolux eğrileri Şekil 9 ve Şekil 10'da belirtilmektedir.



Şekil 9: Öneri-1 için yatak odasındaki aydınlatma tasarımına ilişkin isolux eğrileri

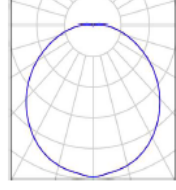
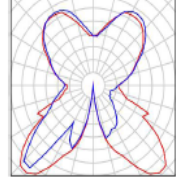


Şekil 10: Öneri-2 (LED) için yatak odasındaki aydınlatma tasarımına ilişkin isolux eğrileri

Ebeveyn yatak odasında Öneri-1 için yapılan hesaplamalara göre ortalama 104 lux; Öneri-2 için yapılan hesaplamalara göre hacimde ortalama 102 lux değerinde bir aydınlık düzeyi elde edilmiştir. Bu değerler görsel konfor koşulları açısından istenen minimum aydınlık düzeyini

sağlamaktadır. Öneri-1'e göre ebeveyn yatak odasındaki aydınlatma sisteminde kompakt flüoresan lambalı sıva üstü armatür ve duvar aplikleri bulunmaktadır. Armatür ve kullanılan lambalara ilişkin açıklamalar Şekil 11'de belirtilmektedir.

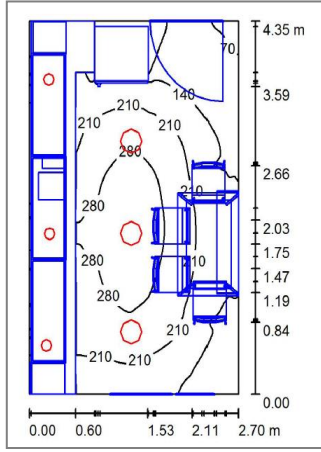
Şekil

4 Parça	Fagerhult 56513 Teres ceiling Ürün No.: 56513 Işık akısı (Işıklık): 567 lm Işık akısı (Lambalar): 1800 lm Işıklık gücü: 25.0 W Işıklık sınıflandırma, CIE: 97 CIE Akı Kodu: 44 74 91 97 32 Birleştirme: 1 x T-R 5 (Düzeltilme çarpanı 1.000).		
2 Parça	LEDSC4 05-2272-U4-82 + PAN-103-14 HOTELS Ürün No.: 05-2272-U4-82 + PAN-103-14 Işık akısı (Işıklık): 548 lm Işık akısı (Lambalar): 900 lm Işıklık gücü: 13.0 W Işıklık sınıflandırma, CIE: 53 CIE Akı Kodu: 34 71 88 53 61 Birleştirme: 1 x TC-D 13/840 (Düzeltilme çarpanı 1.000).		

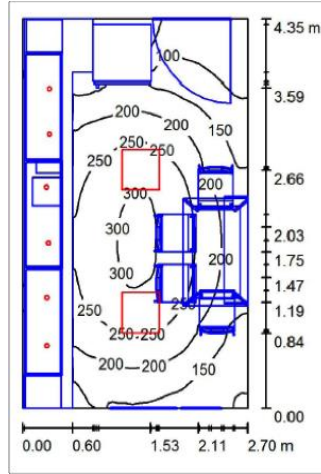
11:Yatak odası için Öneri-1'de yer alan armatür ve lamba bilgileri

Buna göre ebeveyn yatak odasında şebekeden çekilen toplam güç Öneri-1 için 126, Öneri-2 için 36 Watt olarak belirlenmiştir.

Mutfak: Ele alınan örnek konuttaki mutfak için oluşturulan Öneri-1 ve Öneri-2 tasarımlarında yatay çalışma düzlemine ilişkin isolux eğrileri Şekil 12 ve 13'te belirtilmiştir.



Şekil 12: Öneri-1 için mutfaktaki aydınlatma tasarımına ilişkin isolux eğrileri



Şekil 13: Öneri-2 (LED) için mutfaktaki aydınlatma tasarımına ilişkin isolux eğrileri

Mutfakta; Öneri-1 için yapılan hesaplamalara göre hacimde ortalama 200 lux, tezgah yüzeyinde ise ortalama 303 lux değerinde bir aydınlık düzeyi elde edilmiştir. Öneri-2 için yapılan hesaplamalara göre hacimde ortalama 209 lux, tezgah yüzeyinde ise ortalama 322 lux değerinde bir aydınlık düzeyi elde edilmiştir. Bu değerler görsel konfor koşulları açısından istenen minimum aydınlık düzeyini sağlamaktadır. Öneri-1'e göre mutfak hacminde homojen bir aydınlık

düzeyi sağlanması gerekmekte olup, kompakt flüoresan lambalı sıva üstü ve tezgah üstü dolap armatürleri kullanılmıştır. Sıva üstü armatürler ile genel aydınlatma sağlanırken, tezgah üstü dolap armatürleri ile tezgah üzerinde mutfak genelinden yaklaşık 100 lux daha yüksek bir aydınlık düzeyi elde edilmektedir. Bu değerler görsel konfor koşulları açısından istenen minimum aydınlık düzeyini sağlamaktadır. Armatürler ve ışık kaynaklarına ilişkin açıklamalar Şekil 14'te belirtilmektedir.

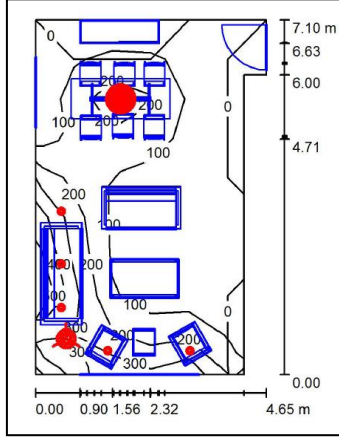
3 Parça	Intra 4.8360.1213.0 NITOR C-CH 2x13W MB TC-D G24d-1 Ürün No.: 4.8360.1213.0 Işık akısı (Işıklık): 1095 lm Işık akısı (Lambalar): 1800 lm Işıklık gücü: 13.0 W Işıklık sınıflandırma, CIE: 100 CIE Akı Kodu: 59 87 98 100 61 Birleştirme: 2 x TC-D 13/830 (Düzeltilme çarpanı 1.000).		
3 Parça	LTS CSA 62.750_25W CSA 62.750 20° Ürün No.: CSA 62.750_25W Işık akısı (Işıklık): 191 lm Işık akısı (Lambalar): 260 lm Işıklık gücü: 25.0 W Işıklık sınıflandırma, CIE: 100 CIE Akı Kodu: 92 98 99 100 74 Birleştirme: 1 x Hochvolt-Halogen-Glühlampe (Düzeltilme çarpanı 1.000).		

Şekil 14: Mutfak için Öneri-1'de yer alan armatür ve lamba bilgileri

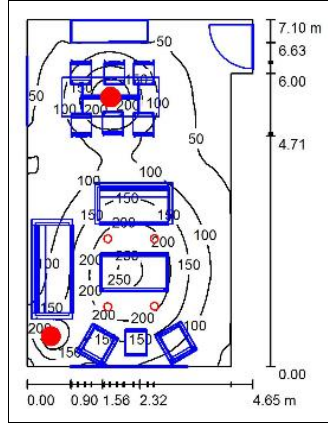
Mutfak hacminde şebekeden çekilen toplam güç Öneri-1 için 114, Öneri-2 için 58 Watt olarak belirlenmiştir.

Salon: Ele alınan örnek konutta salonun; gündelik yaşamın dışında konukların ağırlanması için kullanıldığı kabul edilmiştir. Salon hacminde oluşturulan

Öneri-1 ve Öneri-2 tasarımlarında yatay çalışma düzlemine ilişkin isolux eğrileri Şekil 15 ve 16'da belirtilmektedir.



Şekil 15: Öneri-1 için Salondaki aydınlatma tasarımına ilişkin isolux eğrileri



Şekil 16: Öneri-2 (LED) için Salondaki aydınlatma tasarımına ilişkin isolux eğrileri

Salonda; Öneri-1 için yapılan hesaplamalara göre hacim genelinde ortalama 136 lux, yemek için ayrılan bölümde ise 102 lux değerinde aydınlık düzeyi elde edilmiştir. Öneri-2 için yapılan hesaplamalara göre hacim genelinde ortalama 113 lux, yemek için ayrılan bölümde 105 lux değerinde aydınlık düzeyi elde edilmiştir. Bu değerler görsel konfor koşulları açısından istenen minimum

aydınlık düzeyini sağlamaktadır. Öneri-1'e göre salon hacminde, sivaüstü halojen ve akkor telli, yemek için ayrılan bölümde ise sarkıt halojen lambalı armatürler kullanılmıştır. Armatürler ve ışık kaynaklarına ilişkin açıklamalar Şekil 17'de belirtilmiştir. Öneri-2'de ise bu tasarım kararına göre LED lambalı versiyonları kullanılmıştır.

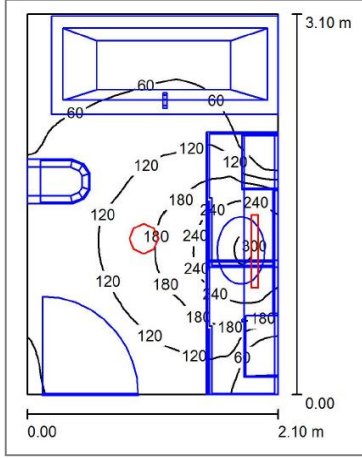
1 Parça	LOUISPOULSEN 5741082023 PH Louvre, 1x500W E40 Ürün No.: 5741082023 Işık akısı (Işıklık): 2427 lm Işık akısı (Lambalar): 8400 lm Işıklık gücü: 500.0 W Işıklık sınıflandırma, CIE: 80 CIE Akı Kodu: 34 64 87 80 29 Birleştirme: 1 x A110 500 W (Düzeltilme çarpanı 1.000).		
5 Parça	LOUISPOULSEN 5742134420 Oslo Micro Loft hvid, 1x50W QT12 GY6,35 Ürün No.: 5742134420 Işık akısı (Işıklık): 612 lm Işık akısı (Lambalar): 950 lm Işıklık gücü: 50.0 W Işıklık sınıflandırma, CIE: 93 CIE Akı Kodu: 97 98 99 93 65 Birleştirme: 1 x QT12, 50W GY6,35 (Düzeltilme çarpanı 1.000).		
1 Parça	TOBIASGRAU MO02-0 MONEY FLOOR 110 crystal white Ürün No.: MO02-0 Işık akısı (Işıklık): 970 lm Işık akısı (Lambalar): 970 lm Işıklık gücü: 30.0 W Işıklık sınıflandırma, CIE: 84 CIE Akı Kodu: 51 81 96 84 100 Birleştirme: 1 x LED MONEY 30W (Düzeltilme çarpanı 1.000).		

Şekil 17: Salon için Öneri-1'de yer alan armatür ve lamba bilgileri.

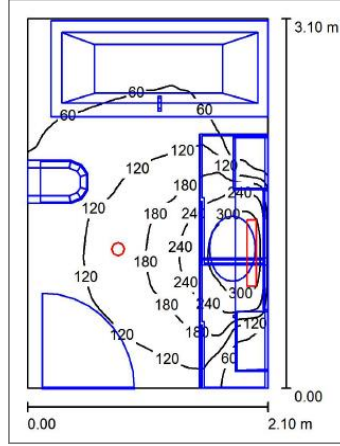
Buna göre salonda şebekeden çekilen toplam güç Öneri-1 için 780, Öneri-2 için 75 Watt olarak belirlenmiştir.

Banyo: Ele alınan örnek konutta banyo

için oluşturulan Öneri-1 ve Öneri-2 tasarımlarında yatay çalışma düzlemine ilişkin isolux eğrileri Şekil 18 ve 19'da belirtilmektedir.



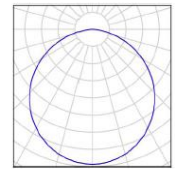
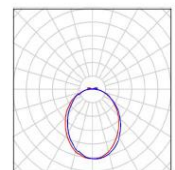
Şekil 18: Öneri-1 için banyodaki aydınlatma tasarımına ilişkin isolux eğrileri



Şekil 19: Öneri-2 (LED) için banyodaki aydınlatma tasarımına ilişkin isolux eğrileri

Banyoda Öneri-1 için yapılan hesaplamalara göre hacim genelinde ortalama 107 lux, ayna önü-tezgah düzleminde ortalama 305 lux değerinde aydınlık düzeyi elde edilmiştir. Öneri-2 için yapılan hesaplamalara göre hacim genelinde ortalama 114 lux, ayna önü-tezgah düzleminde ortalama 302 lux değerinde aydınlık düzeyi elde edilmiştir. Bu değerler görsel konfor koşulları

açısından istenen minimum aydınlık düzeyini sağlamaktadır. Öneri-1'e göre banyo hacminde su ve su buharına dayanıklı kompakt flüoresan sıva üstü, ayna önünde ise lokal aydınlatma için lineer tüp flüoresan lambalı armatür kullanılmıştır. Armatürler ve ışık kaynaklarına ilişkin açıklamalar Şekil 20'de belirtilmiştir. Öneri-2'de benzer tasarım kararına göre LED lambalı versiyonlar kullanılmıştır.

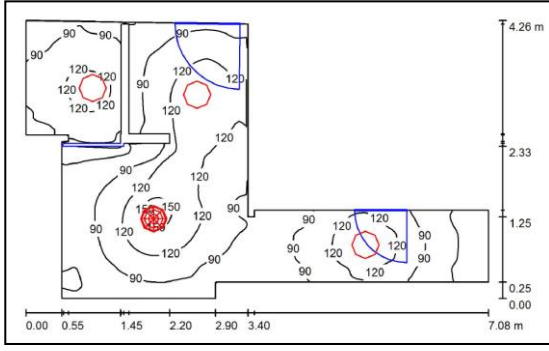
1 Parça	BEGHELLI 69-003/124/C Ronos Ürün No.: 69-003/124/C Işık akısı (Işıklık): 776 lm Işık akısı (Lambalar): 1750 lm Işıklık gücü: 24.0 W Işıklık sınıflandırma, CIE: 100 CIE Akı Kodu: 48 80 97 100 44 Birleştirme: 1 x T16 24W/830 (Düzeltilme çarpanı 1.000).		
1 Parça	OMS UX-DOWNLIGHT 203 MAT + GL12 1x13W Ürün No.: Işık akısı (Işıklık): 484 lm Işık akısı (Lambalar): 900 lm Işıklık gücü: 14.0 W Işıklık sınıflandırma, CIE: 94 CIE Akı Kodu: 49 78 94 94 54 Birleştirme: 1 x TC-DEL 13W/840 (Düzeltilme çarpanı 1.000).		

Şekil 20: Banyo için Öneri-1'de yer alan armatür ve lamba bilgileri

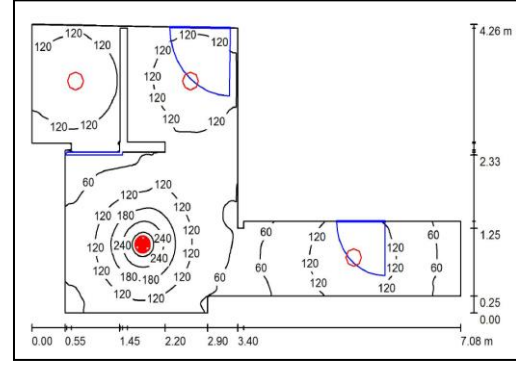
Buna göre banyo hacminde şebekeden çekilen toplam güç Öneri-1 için 38, Öneri-2 için 19 Watt olarak belirlenmiştir.

Antre: Ele alınan örnek konutta giriş, kiler ve koridorun tamamı antre olarak kabul edilmiştir. Antre için oluşturulan Öneri-1 ve Öneri-2 tasarımlarında yatay çalışma

düzlemine ilişkin isolux eğrileri Şekil 21 ve Şekil 22'de belirtilmektedir.



Şekil 21: Öneri-1 için antredeki aydınlatma tasarımına ilişkin isolux eğrileri



Şekil 22: Öneri-2 (LED) için antredeki aydınlatma tasarımına ilişkin isolux eğrileri

Antre genelinde Öneri-1 için yapılan hesaplamalara göre ortalama 100 lux değerinde; Öneri-2 için yapılan hesaplamalara göre ortalama 112 lux değerinde bir aydınlık düzeyi elde edilmiştir. Bu değerler görsel konfor koşulları açısından istenen minimum

aydınlık düzeyini sağlamaktadır. Öneri-1’de kompakt flüoresan lambalı sarkıt ve kompakt flüoresan sıva üstü armatür kullanılmıştır. Armatür ve kullanılan lambalara ilişkin açıklamalar Şekil 23’te belirtilmiştir

1 Parça	SOLAR 5705155413280 Cafe Pendant 400 Ürün No.: 5705155413280 Işık akısı (Işıklık): 1630 lm Işık akısı (Lambalar): 1800 lm Işıklık gücü: 30.0 W Işıklık sınıflandırma, CIE: 53 CIE Akı Kodu: 23 47 73 53 91 Birleştirme: 1 x TC-D/E (1) (Düzeltilme çarpanı 1.000).		
3 Parça	Thorn 96235047 DA 1x28w TC-DD CP CL1 OP RD L AL WHI [STD] Ürün No.: 96235047 Işık akısı (Işıklık): 1074 lm Işık akısı (Lambalar): 2050 lm Işıklık gücü: 36.0 W Işıklık sınıflandırma, CIE: 96 CIE Akı Kodu: 45 76 93 96 52 Birleştirme: 1 x FSS 28 W (Düzeltilme çarpanı 1.000).		

Şekil 23: Antre için Öneri-1’de yer alan armatür ve lamba bilgileri.

Buna göre antrede şebekeden çekilen toplam güç Öneri-1 için 138, Öneri-2 için 72 Watt olarak belirlenmiştir.

3.2 Farklı Lamba Alternatiflerinin Aydınlatma Enerji Performansına Etkisinin Belirlenmesi

Ele alınan konutta, Öneri-1 ve Öneri-2 tasarımlarına göre şebekeden çekilen güç değerlerine ilişkin karşılaştırma ve hesaplanan toplam yapma aydınlatma gücü Çizelge 2’de yer almaktadır

Çizelge 2: Öneri-1 ve Öneri-2 tasarımlarına göre konut hacimlerine ait şebekeden çekilen güç değerleri karşılaştırması

Oda Tipi	İşlev	Hesaplanan Aydınlık Düzeyi (Lux)	Lamba Tipi	P _{toplam} (Watt)
Banyo-WC	Genel	107	Kompakt Flüoresan Tüp Flüoresan	38
	Hazırlık-Ayna	305		
	Genel	114	LED	19
	Hazırlık-Ayna	302		
Ebeveyn Yatak odası	Genel-giyinme	104	Kompakt Flüoresan	126
	Genel-giyinme	102	LED	36
Mutfak	Genel	200	Kompakt Flüoresan	114
	Hazırlık Tezgahı	303		
	Genel	209	LED	58
	Hazırlık Tezgahı	322		
Koridor-Antre	Genel	100	Kompakt Flüoresan	138
	Genel	112	LED	72
Salon	Genel	136	Akkor Telli/Halojen	780
	Yemek bölümü	102		
	Genel	113	LED	75
	Yemek bölümü	105		
Yaşama Odası	Genel	104	Kompakt Flüoresan	89
	Zemin	47		
	Genel	115	LED	63
	Zemin	53		
Çocuk Odası	Genel	324	Kompakt Flüoresan	207
	Çalışma	500	LED	91
	Genel	323		
	Çalışma	503		
Öneri-1 için Konutun Toplam Aydınlatma Gücü –P _{Toplam}			1541	
Öneri-2 için Konutun Toplam Aydınlatma Gücü –P _{Toplam}			435	

Farklı lamba tiplerine göre ele alınan konutun yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimi Öneri-1 için 2139 kWh (14,26 LENI) Öneri-2 için 878 kWh (5,85 LENI) olarak hesaplanmıştır. Tüm bina ölçeğinde yapılan hesaplama, her dairenin gereksiniminin eşit olduğu kabulüne dayanarak binada genel alanların aydınlatılması için gereksinim duyulan enerjinin eklenmesi ile gerçekleştirilebilmektedir. Bu alanlar için aydınlatma güç yoğunluğu $5W/m^2$ ve kullanım süresi de konut antre hacimleri ile aynı kabul edilmiştir [6]. Buna bağlı olarak binanın yıllık toplam aydınlatma enerjisi gereksinimi Öneri-1 için 116.086 kWh (14,87 LENI), Öneri-2 için 47.559 kWh (6,25 LENI) olarak hesaplanmıştır.

4. SONUÇ

Konutlarda aydınlatma enerjisi gereksiniminin belirlenmesi, konut hacimlerinde gerçekleşen eylemlerin ve bu hacimlerin kullanım saatlerinin farklılığı, aydınlatma tasarımlarında görsel konfor gereksinimlerinin yanı sıra kişisel tercihlerin de rol oynaması ve kullanıcı davranışları gibi birçok değişkene bağlıdır. Bu çalışmada, konutlarda lamba seçiminin enerji performansı üzerindeki etkisi belirlenmiş, ele alınan 2 farklı öneri için hesaplamalar yapılarak sonuçlar tartışılmıştır. Enerji verimli LED lambaların tercih edildiği Öneri-2, geleneksel lambalarla gerçekleştirilen Öneri-1 tasarımına oranla tek konut ölçeğinde yıllık 1261 kWh, bina ölçeğinde ise yıllık 68.527 kWh daha düşük enerji gereksinimini sağlamıştır. Enerji kaynaklarının bilinçli tüketilmesi açısından sonuçlar değerlendirildiğinde aydınlatma projelerinin hazırlanması aşamasında tasarımcıların, kişisel tercihlerin rolü açısından tüketicilerin ve çeşitli amaçlara uygun kaliteli ürünleri geliştirerek piyasaya sunan üreticilerin farkındalığının ve sorumluluğunun önemi açıkça görülmektedir.

KAYNAKLAR

1. <http://www.tedas.gov.tr/BilgiBankasi/Kitaplik/Istatistik/Bilgiler/2009%20y%C4%B1l%C4%B1%20faaliyet%20raporu.pdf>
2. EN 15193 (2007). Energy performance of buildings- Energy requirements for Lighting European Committee , Bruge.
3. BEP-TR Binalarda Enerji Performansı Ulusal Hesaplama Yöntemi, Ek 05- Aydınlatma, 07 Aralık 2010 Perşembe, Resmi Gazete, Sayı: 27778, 2010
4. Sümengen Ö. (2015). Türkiye için Konut Binalarının Aydınlatma Enerjisi Gereksinimi Açısından Değerlendirilmesine İlişkin bir Yaklaşım, (Doktora Tezi), İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
5. Perdahçı C., Hanlı U., “Verimli Aydınlatma Yöntemleri “*TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası III. Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu* 21-22 Mayıs 2009, Kocaeli.
6. ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1 2007. (2007). Energy standard for buildings except low-rise residential buildings, Atlanta, ABD.