

## YARI DİREKT VE KARMA AYDINLATMA TÜRLERİNİN TEKNİK YÖNDEN KARŞILAŞTIRILMASI

**Mustafa ŞAHİN<sup>1</sup>, Yüksel OĞUZ<sup>2</sup> Fuat BÜYÜKTÜMTÜRK<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Erzincan Üniversitesi M.Y.O. Uçak Teknolojisi Bölümü, 24000 Erzincan, TÜRKİYE

<sup>2</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Fak. Elk & Elek. Müh. Böl., 03000 Afyonkarahisar, TÜRKİYE

<sup>3</sup>Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fak. Elk. Eğt. Böl., 34000 İstanbul, TÜRKİYE

**Özet:** Bu çalışmada, iç mekân aydınlatmasında yarı direkt ve karma aydınlatma türlerinin teknik yönden karşılaştırılması yapılmış ve bu aydınlatma türlerinin seçiminin iç mekân aydınlatmasına katkısından bahsedilmiştir. Çalışma için örnek iki farklı ortam seçilmiş ve tüm fiziksel ortam koşulları aynı kalmak şartıyla sadece aydınlatma türleri değiştirilmiştir. Ortamda yarı direkt ve karma aydınlatma türleri kullanılmış ve bu iki aydınlatma çeşidi için ayrı ayrı ortam içerisinde yerden 90 cm sabit yükseklikte birçok noktada aydınlık düzeyi ölçümleri yapılmıştır. Ölçülen bu değerler bir kâğıt üzerine matris şeklinde kaydedilmiştir. Daha sonra, bu iki aydınlatma çeşidi için kaydedilen bu değerler MATLAB ortamında üç boyutlu olarak grafiklendirilip karşılaştırılmıştır. Böylece bir aydınlatma sisteminin tasarımı aşamasında seçilen aydınlatma türünün aydınlatma elemanlarının gereksinim duyduğu enerji talebindeki azalmaları da beraberinde getirdiği gözlemlenmiştir. Sonuç olarak bu çalışmada, iç mekân aydınlatma türü ve aydınlık düzeyi dağılımı ilişkisi, yapılan ölçümlerle sayısal olarak karşılaştırılmıştır. Aydınlatma türü seçiminin hem ekonomiklik hem de kullanım açısından aydınlatma sistemlerine olumlu katkıda bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** İç Mekân Aydınlatması, Aydınlatma Türleri, Yarı Direkt Aydınlatma, Karma Aydınlatma, Aydınlatma Ekonomisi, Ergonomi.

## COMPARISON OF THE SEMI-DIRECT AND MIXED TYPE OF LIGHTING IN TERMS OF TECHNICAL ASPECTS

**Abstract:** In this study, the semi-direct and mixed types of lighting for the interior illumination have been compared in terms of technical aspects. The contribution of these lighting's type choices to the interior illumination has been address. Two different environments were selected and only the type of illumination was changed while all other physical condition of environments remains same. The semi-direct and mixed types of lighting were used for illumination and luminance level for each environment were measured 90cm above from the ground at many different points. These values were noted on a piece of paper as a matrix. Then, these values were drawn into a 3D graphic in MATLAB workspace to compare with each other. Thus, it has been observed that the chosen type of lighting system in design stage reduces the energy demand needed by the illumination elements. Consequently in this study, relationship of interior lighting type and its illumination level distribution were compared with numerical measurements. And it was concluded that the choice of lighting type contributes to illumination system positively in terms of both ergonomically and economical aspect.

**Keywords:** Indoor Lighting, Lighting Types, Semi Direct Lighting, diffused lighting, Lighting Economy, Ergonomics.



## 1. GİRİŞ

Aydınlatma için harcanan enerji, bina enerji tüketimini büyük ölçüde etkiler. Ülkemizde tüketilen toplam elektrik enerjisinin % 45'i binalar tarafından tüketilmekte ve %45'lik toplam tüketimin % 25'lik kısmı da konutlar tarafından tüketilmektedir. Binalar ölçeğinde, elektrik enerjisi tüketiminde aydınlatma % 56 pay ile en ağırlıklı sektördür [1]. Elektrik enerjisinin üretim ve kullanım maliyeti yüksek olması nedeniyle verimli kullanılması gerekmektedir [2]. Kullanmakta olduğumuz enerji kaynaklarının hızlı ve bilinçsiz bir şekilde tüketilmesi insanoğlunu yeni alternatif enerji kaynakları bulmaya itmiştir. Aynı zamanda mevcut enerji potansiyellerini de en ekonomik bir şekilde kullanmak amacıyla bir takım enerji tasarrufu yöntemleri geliştirmeye sevk etmiştir. Bu amaçla özellikle son zamanlarda gerek Türkiye'de gerekse uluslararası düzeyde alternatif enerji kaynakları ile ilgili birçok araştırma yapılmıştır [3, 4, 5]. Yapılan bu araştırmaların birçoğu elektrik enerjisinin optimal kullanılmasına yönelik, aydınlatma sistemlerinde enerji tasarrufu ile ilgilidir.

Örneğin; Matta ve Mahmud [6], Galasiu vd [7] ve Dubin [8] aydınlatma sistemlerinde otomatik kontrol sistemlerini kullanarak enerji tasarrufuna gitmişlerdir. Benzer şekilde; Jafrancesco vd [9] çalışmalarında iç mekân aydınlatmasını solar kolektörlerle desteklerken Dounis vd [10] ise enerji tasarrufu için akıllı kontrol sistemlerini kullanmıştır. Yukarıda bahsedilen çalışmalara ek olarak Gençoğlu [11] aydınlatmada enerji tasarrufu ile ilgili, Özbudak [12] iç mekân aydınlatmasında renk ve aydınlatma sistemi ilişkisi ile ilgili, Singh ve Garg [13], Kazanasmaz vd [14] ve Krainer vd [15] ise gün ışığı temelli aydınlatma sistemleri ile ilgili çalışmalar yapmışlardır.

Bu çalışmada yukarıda bahsedilen çalışmalardan farklı olarak aynı iç mekânlar kullanmak şartıyla sadece iç mekânda kullanılan aydınlatma türü değiştirilip aydınlık düzeyi dağılımı irdelenmiştir. Yani bir iç

mekânda sadece aydınlatma türünün değiştirilmesi suretiyle, o mekândaki aydınlık düzeyi dağılımının değiştirilebileceği yapılan ölçümlerle sayısal olarak kanıtlanmıştır. Bu sayede, bir iç mekânda kurulum aşamasında bilinçli aydınlatma türü seçimi ile daha ergonomik ve daha ekonomik bir aydınlatma sistemi tasarımı yapılmasının önemi vurgulanmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1 Aydınlatma Sistemleri

Günümüzde binaların iç hacimlerinde yaşayan insanların en önemli ihtiyaçları arasında aydınlatma önemli bir unsurdur. Aydınlatma, en basit tanımıyla, bir işlevin görülebilmesi için gerekli aydınlık düzeyinin sağlanmasıdır. Aydınlatma, Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE) tarafından “çevrenin ve nesnelerin gereği gibi görülmesini sağlamak amacıyla ışık uygulamak” şeklinde tanımlanmıştır [16]. Söz konusu nesne ve çevre her aydınlatma uygulamasında amaca göre çeşitlilik gösterir. Bu çeşitlilik Aydınlatma Tekniği kavramının çıkmasına sebep olur. Aydınlatma tekniği öncelikli olarak en iyi şekilde nesnelerin algılanmasını sağlamak zorundadır. Bunun yanı sıra da ilk kurulum giderleri ve kurulum sonrası harcamalar için en ekonomik çözüm yollarının bulunmasını amaç edinmeli ve aynı zamanda bunu yaparken aydınlatmanın estetik değerler ve mimariye uyumu bakımından da doyurucu olmasını sağlamak zorundadır [16]. Görüldüğü üzere aydınlatma tekniği, estetik, psikoloji ve ekonomik kazanımlar peşinde olan bir kavramdır. Günümüzde aydınlatma; öncelikle kişilerin fizyolojik görme ihtiyacına cevap vermeyi amaç edinmenin yanı sıra, görme konforunu, iş verimliliğini ve mimaride hacim ve yüzeylerin mimari özelliklerini ön plana çıkarmayı amaç edinen bir konu haline gelmiştir [17]. Uygulamada aydınlatmanın nicelik ve nitelik olarak iki önemli boyutu vardır.

Aydınlığın niceliği sayısal olarak gerekli aydınlık seviyesinin sağlanmasıdır. Gerekli aydınlık seviyesinin belirlenmesinde ise ortamda yapılan işin niteliği, çalışanların ortamda bulunma süreleri, çalışanların yaşları vb. özellikler etkenler önem taşır. Aydınlatmada önemli olan kullanılan mekânda yapılan işin amaçlarına uygun bir aydınlatmayı sağlamasıdır. Amaca uygun bir aydınlatmanın sağlanmasında ise ışığın rengi, doğrultusu, mekânda oluşan gölgelerin niteliği önemli ölçüde rol oynar. [18].

Günümüzde insanların özel isteklerine cevap vermek için ve olağan üstü koşullar karşısında bulunan toplumların aydınlatma ile ilgili sorunlarını çözmek için iyi planlanmış bir aydınlatma zorunluluk halini almıştır [19]. Aksi halde, iyi planlanmamış, gelişi güzel aydınlatılmış bir ortamda göz yorgunlukları ortaya çıkar. Ortaya çıkan bu göz yorgunlukları neticesinde ise çalışma alanlarında ciddi yaralanmalar medya gelir. Bir çalışma ortamında yapılan araştırmada, çalışanların %66'sında iş yerindeki fiziksel yorgunluğun sebebinin yeterli olmayan aydınlatmadan dolayı olduğu saptanmıştır. [20].

Uygun bir aydınlatmanın faydalarından önce akla ilk gelen “doğru bir aydınlatma nasıl olmalıdır?” sorusudur. Sadece dış görünüşüne bakılarak iç mekânları süslemeye, ya da herhangi bir yere bir gelişi güzel bir lamba asıp, karanlığı yok etmeye çalışmanın, “aydınlatma” kavramı ile hemen hemen hiçbir ilgisi yoktur [21].

İnsanın duyuşal ve algısal verileri kapsamında, aydınlatma ile görsel algılama önemli bir yer tutmaktadır. Bütün algılamaların % 80 ile %90'ı görme ile gerçekleşmektedir. Görme duyularını ise, renk ve ışık uyarıları meydana getirmektedir. Bu nedenle çalışanların optimal aydınlatma koşullarında çalışması onların göz sağlığı ve görme yeteneğini koruması açısından önemlidir ve buna bağlı olarak mekânda kullanım amacına

uygun bir aydınlatma yapılması gerekmektedir [22].

## **2.2 İç Mekân Aydınlatma Türleri**

Dâhili aydınlatma (iç aydınlatma) ışığın yüzeye ne şekilde geldiğine yani aydınlık düzeyi dağılımına göre kendi içinde 5 gruba ayrılmaktadır [23, 24].

### **2.2.1 Direkt (Dolaysız) Aydınlatma**

Direkt aydınlatma, ışığın %90'ı ile %100'ünün, doğrudan aydınlatılacak yüzeye yönlendirilmesidir. Direkt aydınlatmalarda sınırlar belirgin ve gölgeler settir. Direkt aydınlatmalara en önemli örnek olarak spotlar verilebilir. Özellikle üç boyutlu sanat eserlerinin aydınlatılmasında bu aydınlatma türü uygulanmalıdır. Örneğin; heykel sergilenen müze salonlarında hacim ve gölgeler, bu aydınlatma sayesinde belirgin olacaktır.

### **2.2.2 Yarı Direkt (Yarı Dolaysız) Aydınlatma**

Işığın %60'ı ile %90'ı arasında kalan kısmını, doğrudan aydınlatılacak düzleme yollayan aydınlatma türüdür. Bu aydınlatma şekline tavan aydınlatmaları örnek verilebilir.

### **2.2.3 Karma (Dağıtılmış) Aydınlatma**

Işığın %40'ı ile %60'ı arasında kalan kısmının aydınlatılacak düzleme yollayan aydınlatma şeklidir. Karma aydınlatmalara tavan ve duvar yansıtıcıları örnek olarak verilebilir [25].

### **2.2.4 Yarı Endirekt (Yarı Dolaylı) Aydınlatma**

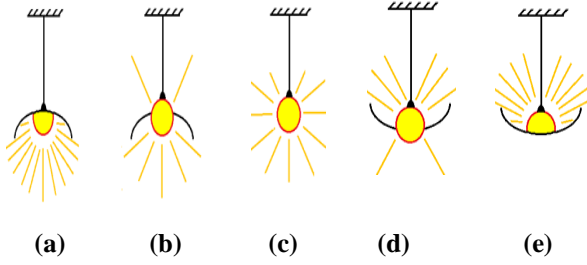
Işığın %10'u ile %40'ı arasında kalan kısmını aşağı doğru, kalanını yukarı doğru gönderen armatürlerle yapılan aydınlatma türüdür. Burada amaç kullanıcılar için loş ve huzur verici bir ortamın sağlanmasıdır.

### **2.2.5 Endirekt (Dolaylı) Aydınlatma**

Dolaylı ışık veren armatürlerle ışığın % 0'ı ile %10'u arasında aşağı doğru, kalanını duvarların üst taraflarına ve tavana doğru gönderilmesiyle

yapılan aydınlatma biçimidir. Dolaylı aydınlatma yansıtma faktörü yüksek mekânlarda tercih edilir. Tavan ve duvar renkleri önemli bir etkiye sahiptir [26].

Aşağıdaki şekil 1; (a), (b), (c), (d), ve (e)'de sırasıyla Direkt Aydınlatma, Yarı Direkt Aydınlatma, Karma Aydınlatma, Yarı Endirekt Aydınlatma ve Endirekt Aydınlatma örnekleri sırasıyla verilmiştir.



Şekil 1. Dâhili (iç) Aydınlatma türleri

### 3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

#### 3.1 Karma ve Yarı Endirekt Aydınlatma Türleri İçin Aydınlık Düzeyi Dağılımı Ölçümleri

Aydınlatma sistemlerinde gözün görme yeteneği ve görsel konfordan taviz vermeden gerekli minimum düzeyde aydınlık şiddetinin sağlanması ön koşuldur. Bu sayede insanın göz, ruh, fizik, estetik ve motivasyon birlikteliği sağlanarak verimli bir çalışma ortamı oluşturulmuş olacaktır. Bu bilgiler doğrultusunda çalışmamızda ölçüm yapmak amacıyla iki farklı ortam belirlenmiştir. Bu iki farklı ortamlar sırayla karma ve yarı endirekt aydınlatma türlerinin ikisi ile aydınlatılmıştır.



Şekil 2. Ölçümlerin yapıldığı krem rengi iç mekânın genel görünümü

Bu amaçla; ilk olarak şekil 2'de görüldüğü gibi duvar rengi krem, eni: 3.10 metre, boyu: 3.80 metre ve yüksekliği: 2.60 metre olan bir iç mekân ölçüm yapmak üzere belirlenmiştir.

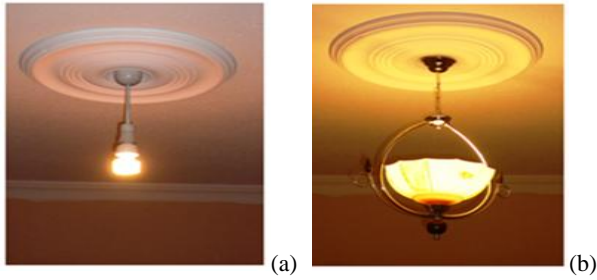
İkinci olarak ise, şekil 3'de görüldüğü gibi duvarları şampanya rengi, eni: 2.80 metre, boyu: 3.90 metre ve yüksekliği: 2.60 metre olan bir iç mekân ölçüm yapmak üzere belirlenmiştir.



Şekil 3. Ölçümlerin yapıldığı şampanya rengi iç mekânın genel görünümü

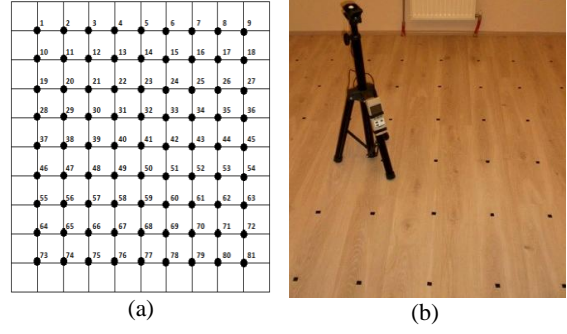
Belirlenen iç mekânlarda ölçümler iki farklı aydınlatma türü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İç mekân aydınlatma türleri şekil 4 (a)'da görüldüğü gibi birinci durum için karma aydınlatma, şekil 4 (b)'de görüldüğü gibi ikinci durum için yarı endirekt

aydınlatma olarak belirlenmiştir. İlk olarak birinci ortam (Şekil 2) sırasıyla karma ve yarı endirekt aydınlatma türleriyle aydınlatılmış ve bu iki aydınlatma türü için ayrı ayrı aydınlık düzeyi ölçümleri yapılmıştır. Daha sonra ikinci ortam (Şekil 3) karma ve yarı endirekt aydınlatma türleriyle aydınlatılmış ve yine bu iki aydınlatma türü için aydınlık düzeyi dağılımları ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Mekân içerisinde karma ve yarı endirekt aydınlatma türlerinin kullanılmasının nedeni ise bu iki aydınlatma türünün iç mekan aydınlatmasında çok tercih ediliyor olması ve aynı zamanda sayısal olarak mukayese edebilmektir. İç mekân aydınlatmasında her iki aydınlatma türü için de kompakt flüoresan ampul kullanılmıştır. Aydınlatmada kompakt flüoresan ampul kullanılmasının sebebi ise iç mekân aydınlatmasında çok tercih ediliyor olmasıdır.



Şekil 4. İç mekânda kullanılan karma (a) ve (b) yarı endirekt aydınlatma türleri

Deneyin yapıldığı iç mekânlar aşağıda Şekil 5 (a)'da görüldüğü gibi önce kâğıt üzerinde ve sonrasında Şekil 5 (b)'de görüldüğü fiziksel olarak karelere ayrılmıştır. Her bir karenin köşesine numara verilmiştir ve toplam  $9 \times 9 = 81$  adet ölçüm noktası elde edilmiştir.



Şekil 5. İç mekânın (a) kâğıt üzerinde ve (b) fiziksel olarak 30x35 cm lik karelere ayrılmış şekli.

Ölçümler 81 adet noktada, iki farklı mekânda ve ikişer aydınlatma türü için, yerden yüksekliği 90 cm olan çalışma masası yüksekliğinde LUTRON marka kalibrasyon ayarı olan (kalibrasyon sertifikasına sahip) lüksmetre ile yapılmıştır. Ölçümler ilk olarak krem rengi iç mekânda karma aydınlatma türü için yapılmış ve 9x9 matris şeklinde tablo 1'te görüldüğü gibi kaydedilmiştir.

Tablo 1. Karma aydınlatılan krem rengi iç mekânda aydınlık düzeyi dağılımı

68,0	74,1	82,5	89,8	94,0	91,7	85,0	78,4	71,8
72,1	81,7	91,4	103	107	104	96,5	86,6	75,9
76,6	87,3	101	115	121	116	106	93,0	81,4
77,6	90,7	108	122	125	121	110	98,0	84,3
76,8	90,0	107	119	122	121	113	98,5	83,4
75,1	87,8	105	115	120	119	110	95,0	82,6
70,7	80,7	95	106	111	111	101	88,6	78,4
65,4	73,3	87	96,2	100	98,6	91,8	83,0	74,2
56,6	63,8	73	83,5	88	87,8	83,1	76,1	69,8

Daha sonra aynı iç mekânda yani krem rengi ortamda aydınlatma türü karma aydınlatmadan yarı endirekt aydınlatmaya çevrildikten sonra tüm fiziksel şartlar sabit kalmak şartıyla aynı ölçümler yarı endirekt aydınlatma için yapılmış ve 9x9 matris şeklinde tablo 2'de görüldüğü gibi kaydedilmiştir.

Tablo 2. Yarı endirekt aydınlatılan krem rengi iç mekandaki aydınlık düzeyi dağılımı

51,4	57,1	62	66,9	69,1	67,5	64,1	59,7	54,3
55,4	61,6	68,1	74,3	77,2	75,6	70,3	64,5	59
58,6	65,8	74,3	82,7	87,9	84,4	76,9	69,5	61,9
60,7	68,6	79,7	89,3	94,4	92,3	82,8	72,9	64,5
60,8	70	81,2	92,4	99,6	95,6	86,1	75,6	66,8
59,2	68	78,4	88	94,4	91,8	84,2	73,6	65,5
56,3	64,3	73,1	81,3	86,4	84,2	77,9	69,9	62,8
54,5	61,5	68,8	75,9	79,1	78,8	73,2	67,1	60,2
48,2	54	62	68	70,8	70,6	66,9	61,9	56,5

Krem rengi ortamda karma ve yarı endirekt aydınlatma türleri için ayrı ayrı ölçümler yapıldıktan sonra ölçüm yapmak amacıyla şekil 3’de görülen şampanya rengi iç mekâna geçilmiştir. Bu ortamda da ilk olarak karma aydınlatma türü kullanılmış, bu aydınlatma türü için iç mekân içerisinde aydınlık düzeyi ölçümleri yapılmış ve tablo 3’de görüldüğü gibi kaydedilmiştir.

Tablo 3. Karma aydınlatılan şampanya renk iç mekandaki aydınlık düzeyi dağılımı

57,6	62,1	65,6	67,4	67,8	66,6	64,3	60,6	56,3
68,1	73	78,3	82,2	83,1	79,8	75,9	71,1	65,4
76,9	86,1	96,8	102	101	98,1	90,8	81,9	73,9
85,2	96,8	107	112	111	108	101	91,4	81,3
87,3	99,2	107	111	112	110	104	93,2	82,4
81,4	91,9	100	105	107	105	97,7	87,1	76,6
72,8	79,6	85,5	90,9	91,7	87,6	81	74,2	67,3
64,1	68,5	71,8	74,2	74,6	71,8	67,9	63,2	57,5
56,6	59,9	62,4	63,5	63,4	60,8	56,2	54,3	50,8

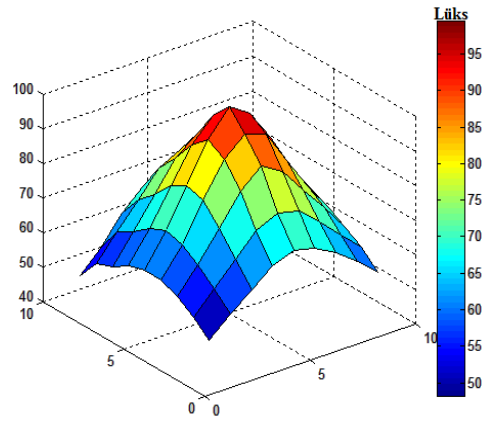
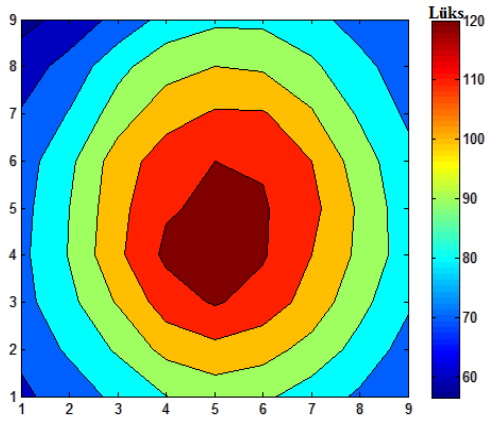
Son olarak şampanya renk iç mekânda aydınlatma türü karma aydınlatmadan yarı endirekt aydınlatmaya çevrildikten sonra tüm fiziksel şartlar sabit kalmak şartıyla aynı ölçümler yarı endirekt aydınlatma için yapılmış ve 9x9 matris şeklinde tablo 4’de görüldüğü gibi kaydedilmiştir.

Tablo 4. Yarı endirekt aydınlatılan şampanya renk iç mekandaki aydınlık düzeyi dağılımı

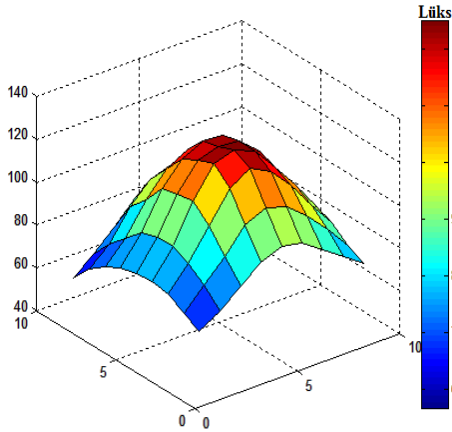
50,1	54	56,8	58,2	59	57,8	55,6	52,2	48,7
57,6	62,3	66	68,5	69,6	68	65,1	60,9	56,6
54,3	71	76,4	80,4	81,9	79,5	75,2	70	64
69,8	76,5	84,6	90,4	92,2	89,7	83,5	76,3	68,6
80	91	95,3	101	96,1	92,5	89,2	81,1	70,2
79	84,2	86,6	90,4	89,9	85,7	79	72,8	66,3
71,8	73,7	76,1	77,7	77,2	74,3	69,2	64,9	58,7
54,2	59,8	63,5	66,1	66,3	63,1	59,5	55,7	51,7
49,8	55,9	57,5	55,4	56,3	53,7	49,9	45,3	42,2

### 3.2 Karma ve Yarı Endirekt Aydınlatma Türlerinin Karşılaştırılması

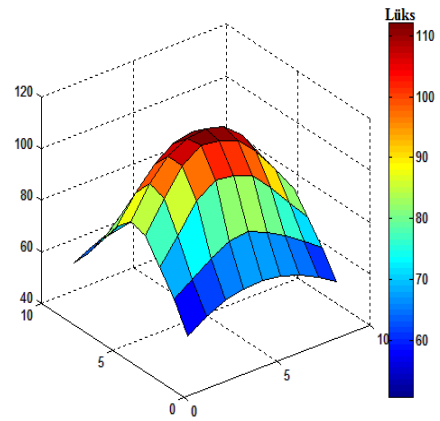
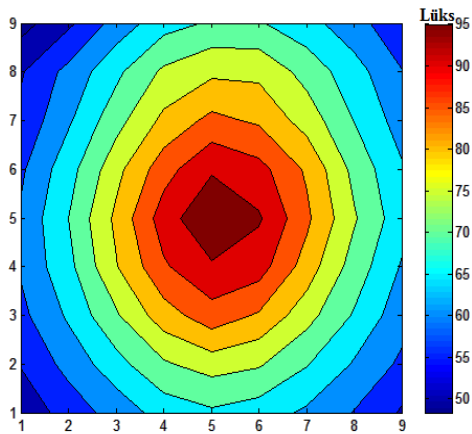
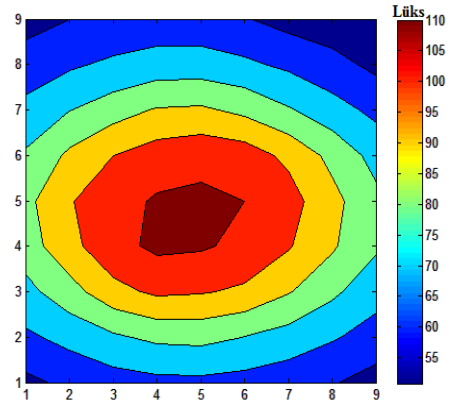
Aydınlatma sistemlerinin tasarımları aşamasında hedeflenen aydınlık düzeyi, ortamın kullanım ihtiyaçları göz önüne alınarak iyi tespit edilmelidir. Uygun bir aydınlatmanın faydalarından önce akla ilk gelen “doğru bir aydınlatma nasıl olmalıdır?” sorusudur. Bu bağlamda çalışmada seçilen iç mekânların aydınlık düzeyi dağılımlarına, iç mekânda kullanılan aydınlatma türlerinin katkısı incelenmiştir. Bu doğrultuda farklı iç mekânda tüm koşullar aynı kalmak şartıyla sırasıyla karma ve yarı endirekt aydınlatma türleri kullanılmıştır. Her bir aydınlatma türü için ayrı ayrı aydınlık şiddeti ölçümleri yapılmıştır. Şekil 6’da ve şekil 7’de birinci ortamda (krem rengi iç mekânda) sırasıyla karma ve yarı endirekt aydınlatma türlerinin kullanıldığı durumlarda ölçülen aydınlık düzeyi dağılımlarının MATLAB ortamında iki ve üç boyutlu olarak grafiklendirilmiş hali görülmektedir. Şekil 8’de ve şekil 9’da ikinci ortamda (şampanya rengi iç mekânda) sırasıyla karma ve yarı endirekt aydınlatma türlerinin kullanıldığı durumlarda ölçülen aydınlık düzeyi dağılımlarının MATLAB ortamında iki ve üç boyutlu olarak grafiklendirilmiş hali görülmektedir.



Şekil 7. Yarı Endirekt aydınlatılan krem rengi iç mekândaki aydınlık düzeyi dağılımlarının iki ve üç boyutlu grafikleri.

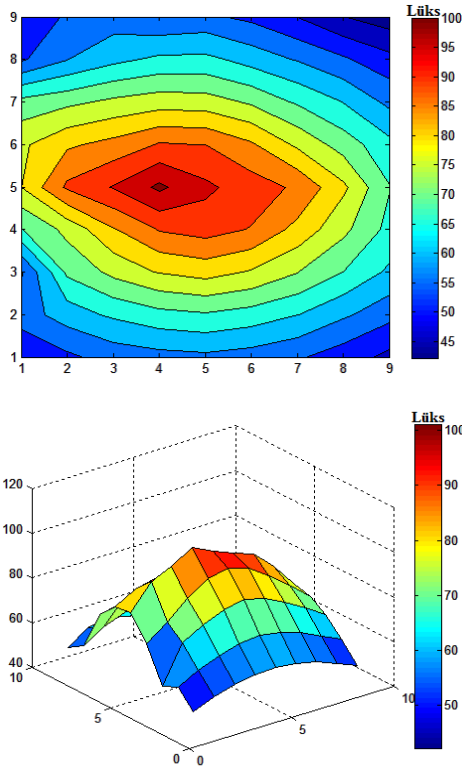


Şekil 6: Karma aydınlatılan krem rengi iç mekândaki aydınlık düzeyi dağılımlarının iki ve üç boyutlu grafikleri.



Şekil 8. Karma aydınlatılan şampanya rengi iç mekândaki aydınlık düzeyi dağılımlarının iki ve üç boyutlu grafikleri.





**Şekil 9.** Yarı Endirekt aydınlatılan şampanya renk mekândaki aydınlık düzeyi dağılımlarının iki ve üç boyutlu grafikleri.

Görüldüğü üzere birinci iç mekânda yapılan ölçümler neticesinde karma aydınlatma için mekândaki lüks dağılımı Şekil 6'daki gibi ölçülmüş ve aynı ortamda yarı endirekt aydınlatma için mekândaki lüks dağılımı Şekil 7'deki gibi ölçülmüştür ve bu iki aydınlatma türü için aydınlık düzeyi dağılımları birbirinden farklı çıkmıştır. Bu fark aydınlık düzeyi değerleri 9x9 matris şeklinde tablo 5'de görülmektedir.

**Tablo 5.** Karma ve Yarı Endirekt aydınlatma türü kullanılan krem rengi iç mekânda aydınlık düzeyi dağılımlarının lüks olarak farkları

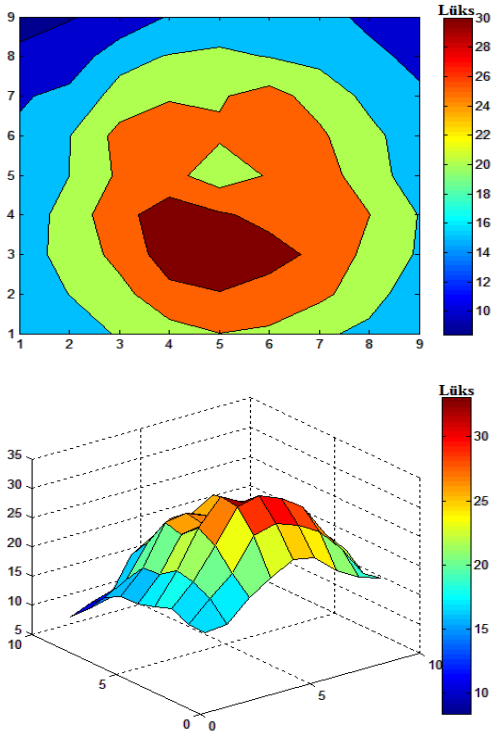
16,60	17,00	20,50	22,90	24,90	24,20	20,90	18,70	17,50
16,70	20,10	23,30	28,70	29,80	28,40	26,20	22,10	16,90
18,00	21,50	26,70	32,30	33,10	31,60	29,10	23,50	19,50
16,90	22,10	28,30	32,70	30,60	28,70	27,20	25,10	19,80
16,00	20,00	25,80	26,60	22,40	25,40	26,90	22,90	16,60
15,90	19,80	26,60	27,00	25,60	27,20	25,80	21,40	17,10
14,40	16,40	21,90	24,70	24,60	26,80	23,10	18,70	15,60
10,90	11,80	18,20	20,30	20,90	19,80	18,60	15,90	14,00
8,40	9,80	11,00	15,50	17,20	17,20	16,20	14,20	13,30

İkinci iç mekânda yapılan ölçümler neticesinde ise karma aydınlatma için mekândaki lüks dağılımı Şekil 8'deki gibi ölçülmüş ve aynı ortamda yarı endirekt aydınlatma için mekândaki lüks dağılımı Şekil 9'daki gibi ölçülmüştür ve bu iki aydınlatma türü için aydınlık düzeyi dağılımları da birbirinden farklı çıkmıştır. Bu fark aydınlık düzeyi değerleri 9x9 matris şeklinde tablo 6'da görülmektedir.

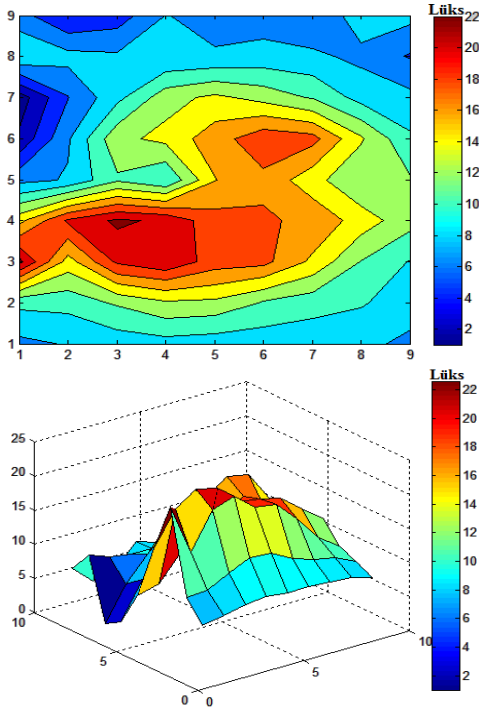
**Tablo 6.** Karma ve Yarı Endirekt aydınlatma türü kullanılan şampanya rengi iç mekânda aydınlık düzeyi dağılımlarının lüks olarak farkları

7,50	8,10	8,80	9,20	8,80	8,80	8,70	8,40	7,60
10,50	10,70	12,30	13,70	13,50	11,80	10,80	10,20	8,80
22,60	15,10	20,40	21,60	19,10	18,60	15,60	11,90	9,90
15,40	20,30	22,40	21,60	18,80	18,30	17,50	15,10	12,70
7,30	8,20	11,70	10,00	15,90	17,50	14,80	12,10	12,20
2,40	7,70	13,40	14,60	17,10	19,30	18,70	14,30	10,30
1,00	5,90	9,40	13,20	14,50	13,30	11,80	9,30	8,60
9,90	8,70	8,30	8,10	8,30	8,70	8,40	7,50	5,80
6,80	4,00	4,90	8,10	7,10	7,10	6,30	9,00	8,60

Bu fark lüks değerleri yine MATLAB programında 3 boyutlu olarak grafiklendirilmiş ve ortam içerisindeki dağılımının iki ve üç boyutlu grafikleri aşağıda Şekil 10 ve Şekil 11'de verilmiştir.



Şekil 10. Karma ve Y. Endirekt aydınlatılan krem rengi ortamdaki aydınlık düzeyi dağılımı farkı (lüks)



Şekil 11. Karma ve Y. Endirekt aydınlatılan şampanya rengi ortamdaki aydınlık düzeyi dağılımı farkı (lüks)

Krem rengi ortamda karma aydınlatma türü için ortalama aydınlık düzeyi  $E_{ort}=92.85$  Lüks, aynı iç mekânda yarı endirekt aydınlatma türü kullanıldığında ortalama aydınlık düzeyi ise  $E_{ort}=71.49$  Lüks olarak ölçülmüştür. Şampanya rengi iç mekân, karma aydınlatma türü ile aydınlatıldığında ortalama aydınlık düzeyi  $E_{ort}=81.18$  Lüks, bu iç mekân yarı endirekt aydınlatma türü ile aydınlatıldığında ise ortalama aydınlık düzeyi ise  $E_{ort}=69.51$  Lüks olarak ölçülmüştür. Krem rengi ortamda karma aydınlatmadaki aydınlık düzeyi dağılımı yarı endirekt aydınlatmaya göre ortalama 21.36 lüks fazla çıkmıştır. Aynı şekilde şampanya renk ortamda karma aydınlatmadaki aydınlık düzeyi dağılımı yarı endirekt aydınlatmadaki aydınlık düzeyine göre ortalama 11.67 lüks daha fazla çıkmıştır. Yani Ortalama fark lüks krem rengi iç mekânda 21.36 lüks, şampanya renk iç mekânda ise 11.67 lüks olarak ölçülmüştür.

Krem rengi iç mekânda aydınlatma türü karma aydınlatmadan yarı endirekt aydınlatmaya çevrildiğinde %23.21 kayıp olmaktadır. Şampanya rengi iç mekânda aydınlatma türü karma aydınlatmadan yarı endirekt aydınlatmaya çevrildiğinde ise %14.40 kayıp olmaktadır. Krem rengi ve şampanya rengi iç mekânlarda kayıp oranlarının eşit çıkmadığı görülmektedir. Normalde krem renginin yansıtma katsayısı şampanya renginden büyük olduğu için krem rengi ortamda kayıpların daha az olması gerekir. Fakat krem rengi ortamda aydınlatma türü karma aydınlatmadan yarı endirekt aydınlatma çevrildiğinde şampanya renk ortama göre kayıp yüzdesi daha fazla çıkmıştır.

Krem rengi ortam yarı endirekt aydınlatıldığında  $E_{ort}=71.49$  Lüks, şampanya rengi ortam yarı endirekt aydınlatıldığında  $E_{ort}=69.51$  dir. Yani her iki renk için yarı endirekt aydınlatmada ortalama aydınlık düzeyleri neredeyse aynıdır. Çünkü yarı endirekt aydınlatmada ışığı yansıtan beyaz renk tavadır ve tavan rengi her iki durumda

da aynıdır. Karma aydınlatmada ise ışığın büyük bir çoğunluğu duvardan yansıdığı için krem rengi ortamda karma aydınlatma kullanıldığında şampanya rengine göre daha fazla ışık duvardan yansiyacaktır. Bu yüzde karma aydınlatmada duvar rengi, tavan rengine göre daha önemlidir.

Sonuç olarak karma aydınlatmada duvar rengi ön planda iken yarı indirekt aydınlatmada tavan rengi ön plandadır. Bu yüzden her iki ortamda da tavan rengi beyaz olduğu için yarı indirekt aydınlatmada her iki durumda da ortalama aydınlık düzeyi neredeyse aynıdır. Karma aydınlatmada ise duvardan yansıyan ışık miktarı tavandan yansıyan ışık miktarından çok daha fazla olduğu için karma aydınlatmada duvar rengi daha önemlidir. Bu yüzden karma aydınlatmada krem rengi ortamın ortalama aydınlık düzeyi şampanya rengi ortamın ortalama aydınlık düzeyinden 11.67 Lüks fazla çıkmıştır.

#### 4. SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada, iç mekân aydınlatma sistemlerinin tasarımı aşamasında seçilen aydınlatma türünün öneminden ve bu ortamlardaki aydınlık düzeyi dağılımlarına seçilen aydınlatma türünün katkısından bahsedilmiştir. Bu doğrultuda farklı renklerde iki adet iç mekân belirlenmiş. Bu iç mekânlarda karma ve yarı indirekt olmak üzere iki farklı aydınlatma türü için aydınlık düzeyi ölçmeleri yapılmıştır. Ölçülen bu değerler şekil 6'da, şekil 7de, şekil 8'de ve şekil 9'da görüldüğü gibi MATLAB ortamında iki ve üç boyutlu olarak grafiklendirilmiştir. Oluşturulan bu grafikler karşılaştırılmış ve farkları alınarak şekil 10'daki ve şekil 11'deki iki ve üç boyutlu grafikler elde edilmiştir. Aydınlatma sistemlerinin tasarımları aşamasında seçilen aydınlatma türünün önemine vurgu yapılmıştır. Yapılan sayısal ölçümlerde de görüldüğü gibi aynı aydınlatma elemanını kullanarak sadece iç mekândaki aydınlatma türünü değiştirmek suretiyle ortam

içersindeki aydınlık düzeyini değiştirmenin mümkün olduğu Tablo5 ve tablo6'da görüldüğü gibi sayısal olarak ispat edilmiştir. Yani bir mekânın gerçek boyutları sabit tutulduğu halde farklı aydınlatma türleri kullanılarak, farklı boyutsal etkiler ortaya çıkarmanın mümkün olduğu ölçümlerle kanıtlanmıştır.

Sonuç olarak bir iç mekânda kullanılan duvar rengine göre yarı indirekt aydınlatma türü yerine karma aydınlatma türünün kullanılması, aydınlık düzeyi dağılımında krem rengi mekân için %23.21 ve şampanya rengi mekân için %14.40'lik bir farkı beraberinde getirdiği görülmüştür. Yani aydınlatma türünün ve iç mekân renginin bilinçli olarak seçilmesi iç mekânda ferahlığın yanı sıra bir takım enerji tasarruflarını da beraberinde getirmiştir. Sonuç olarak bir iç mekânda aydınlık şiddeti dağılımında ve dolayısıyla bina enerji tüketiminde, iç mekânda kullanılan aydınlatma türünün ve iç mekân renginin etkili olduğu sayısal olarak kanıtlanmıştır.

#### 5. KAYNAKLAR

- [1] Akella, A.K. Saini, R.P. ve Sharma, M.P., 'Social, economical and environmental impacts of renewable energy systems', Proceedings of Renewable Energy, Elsevier, vol. 34, pp. 390-396, (2009).
- [2] Sümengen, Ö. ve Yener, A., 'Akıllı Konutlarda Aydınlatma ve Örnekler' 8.ci Ulusal Aydınlatma Kongresi ATMK, 14-15 Nisan (2011).
- [3] Varınca B.K. ve Gönüllü, M.T., 'Türkiye'de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma', I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi Eskişehir.
- [4] Shafiullah, G.M., Amanullah M. T., Jarvis D., Shawkat A. ve Wolfs P., 2010, "Prospects of solar energy in Australia", 6th International Conference on Electrical and Computer Engineering, pp. 350-353, (2010).
- [5] Cullen, J. M., Allwood, J. M. ve Borgstein, E. H., "Reducing energy demand: What are the practical limits?", Cambridge, Vol. 45, pp. 1711-1718, (2011).

- [6] Matta, S. ve Mahmud, S.M., “An intelligent light control system for power saving”, 36th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society, pp. 3316 – 332, (2010).
- [7] Galasiu, A.D., Newsham, G.R., Suvagau, C. ve Sander, D.M., “Energy saving lighting control systems for open-plan offices: a field study”, *Leukos*, vol. 4, pp. 7-29, (2007).
- [8] Dubin, F.S., “Energy-efficient building design. Innovative HVAC, lighting, energy-management control, and fenestration”, Elsevier, vol.36, pp. 11-20, (1990).
- [9] Jafrancesco, D., Mercatelli, L., Fontani, D., Francini, F. ve Sansoni, P., “ Indoor illumination by solar light collectors”, Chartered Institution of Building Services Engineers, Lighting Research & Technology, Vol. 40, pp. 323–332, (2008).
- [10] Dounis, A.I., Tiropanis, P., Argiriou, A. ve Diamantis, A., “Intelligent control system for reconciliation of the energy savings with comfort in buildings using soft computing techniques”, *Energy and Buildings*, vol. 43, pp. 66–74, (2011).
- [11] Gençoğlu M.T., “İç Aydınlatmada Enerji Tasarrufu”, III. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu ve Sergisi, (2005).
- [12] Özbudak B.Y., Gümüş B. ve Çetin F.D., “İç Mekan Aydınlatmasında Renk ve Aydınlatma Sistemi İlişkisi”, II. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu Ve Sergisi Bildirileri, Diyarbakır. (2003).
- [13] Singh, M.C., Garg, S.N., “Illuminance estimation and daylighting energy savings for Indian regions”, *Renewable Energy*, Vol. 35 pp. 703-711, (2010).
- [14] Kazanasmaz, T., Günaydın, M., Binol, S., “Artificial neural networks to predict daylight illuminance in office buildings”, *Building and Environment*, vol. 44, Issue 8, pp. 1751-1757, (2009).
- [15] The Correlation of Models of Vision and Visual Performance, Commission Internationale de L’Eclairage, CIE Publication, Vienna, Avustria, (2002).
- [16] Görgülü S., Kocabay S., Yüksek İ., ve Dursun B. “Enerji Verimliliği Kapsamında Yapılarda Doğal Aydınlatma Yöntemleri: Kırklareli Örneği” Uluslar arası II. Trakya Bölgesi Kalkınma-Girişimcilik Sempozyumu, 1-2 Ekim (2010).
- [17] Yavuz, C., “Stadium Lighting Techniques- Applications Around The World And Turkey”, Aydınlatma Türk Milli Komitesi, (2004).
- [18] Kocabay, S., “İç Hacimlerde Aydınlık Düzeyi Dağılımının Bulunması ve Sonlu Elemanlar Yöntemi İle İncelenmesi”, ’Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, (2008).
- [19] Doğan, H., “Sonlu Farklar Yöntemiyle Aydınlatma Hesabının Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, (2004).
- [20] The Impact of Lighting on Office Workers, Steelcase Workplace Index.: [www.steelcase.com](http://www.steelcase.com), (12.8.2009).
- [21] Sirel, Ş. “Aydınlatma Tekniği Nedir?” Yapı Fiziği Uzmanlık Uygulamaları, (1991).
- [22] Çetin F.D., Gümüş B., ve Özbudak Y.B., “Aydınlatma Özelliklerinin Ergonomik Açıdan Değerlendirilmesi”, II. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu ve Sergisi Bildirileri, 08-10 Mayıs (2003).
- [23] Özlü, K., “Konut Yaşama Mekânlarında Yapay Aydınlatma” Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2008.
- [24] Gordon, G., “Interior Lighting for Designers” Fourth Edition, John Wiley & Sons, Inc. Canada, (2003).
- [25] Yapar, T. “Aydınlatma Otomasyonu İle Enerji Tasarrufu” Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, (2007).
- [26] Dursun, B., “Dâhili Ortamlarda Aydınlatma Hesaplama Tekniklerinin Analizi ve Bir Uygulama Örneği” Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, (2005).

**Geliş Tarihi: 10.04.2014**

**Kabul Tarihi: 17.01.2015**