

FLÜORESAN LAMBA IŞIK RENKLERİNİN KARIŞIMI

Leyla Dokuzer ÖZTÜRK¹, A. Kamuran TÜRKOĞLU²

¹Yıldız Teknik Üniversitesi, Mim. Fak., Yapı Fiziği Bilim Dalı, Beşiktaş, İstanbul
e-posta: dokuzer@yildiz.edu.tr

²TÜBİTAK-UME, Optik Grubu Laboratuvarları, Gebze, Kocaeli
e-posta: akt@ume.tubitak.gov.tr

Anahtar sözcükler: Işık rengi karışımı, Flüoresan lamba, Renk sıcaklığı, Renksel geriverim

ÖZET

Aydınlatma düzenlerinde, verimlerinin yüksek, maliyetlerinin ise düşük olmasından ötürü flüoresan lambalar yaygın olarak kullanılmaktadır. Bir hacmi aydınlatan ışığın renk sıcaklığına ilişkin gereksinimler işleve ve iç mimari tasarıma göre çok çeşitli olmakta ve bu çeşitliliğin sağlanmasında kimi koşullarda kullanıma sunulan lambalardaki renk sıcaklığı seçenekleri yetersiz kalmaktadır. Buna bağlı olarak, renk sıcaklığı farklı lambaların aynı aydınlatma aygıtı içinde kullanılması ile ışık renginin karıştırılması, böylece tek lamba kullanımında sağlanamayan renklerde ışıkların elde edilmesi yoluna gidilebilmektedir. Bu çalışmada, ışık renkleri farklı flüoresan lambaların çeşitli birleşimlerinin renksel özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Belirtilen amaçla, önce dört lambanın ayrı ayrı tayfsal ışınım değerleri ölçülerek belirlenmiş ve bu değerler aracılığı ile lambaların renksel özellikleri saptanmıştır. Ardından söz konusu dört flüoresan lambanın ikili birleşimlerinin renksel özellikleri, biri doğrudan doğruya ölçme, ikisi hesaplamaya dayanan üç ayrı yol izlenerek saptanmıştır. Karışım renklerin renksel özelliklerinin sunulması ile aydınlatmada kullanılacak ışık rengi konusunda tasarımcıya yeni seçenekler oluşturulmuştur.

1. GİRİŞ

Bir aydınlatma düzeninde kullanılacak lamba türü seçilirken, lamba verimi, gücü, ömrü, boyutu, renk sıcaklığı ve renksel geriverimi, ilk döşem ve kullanım giderleri gibi etkenler dikkate alınır. Lamba seçiminde koşullara göre lambaların ışık rengi ve renksel geriverimi gibi teknik özellikler ya da ilk döşem ve kullanım giderleri gibi ekonomik konular ağırlık taşır. Bir mekanda kullanılan lamba ışığının renk sıcaklığı ve renksel geriverimi, hacim içindeki işleve dolayısıyla görme konusunun özelliklerine uygun olmalıdır. Renk sıcaklığının seçiminde genel olarak işleve göre hacimde oluşturulacak ortalama genel aydınlık düzeyi, koşullara göre kimi zaman mekan iç yüzeylerinin ve mekan içindeki nesnelere renkleri, kimi zaman da iklim vb. konular belirleyici olmaktadır.

Öte yandan, insanın gün içindeki farklı etkinliklerine uygun renk sıcaklıklarını saptamaya yönelik kimi araştırmalarda sıcak renkli ışığın dinlenmeyi kolaylaştırdığı, soğuk renkli ışığın insanı uyandırdığı ve daha aktif hale getirdiği belirtilmektedir [1]. Bu bağlamda, insan doğasına uygun olarak bürolarda güne başlarken çalışma için soğuk, öğle vakti dinlenme için sıcak, akşamüstü yine soğuk renkli ışığın sağlanması önerilmektedir. Günışığı renginin yıl boyunca ve gün boyunca söz konusu olan değişiminin de yapıların içine lamba ışığı ile yansıtılmasının insan doğasına uygun olduğu ileri sürülmekte ve bunu uygulamaya yönelik otomatik kontrol sistemlerinin geliştirildiği görülmektedir [2].

Işık rengi seçiminde dikkate alınan kriterlere bağlı olarak insanların renk

sıcaklığına ilişkin istek ve gereksinimleri çok çeşitli olabilmekte, bu çeşitliliğin sağlanmasında kimi koşullarda kullanıma sunulan lambalardaki renk sıcaklığı seçenekleri yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle, renk sıcaklığı farklı lambaların aynı aydınlatma aygıtı içinde kullanılması ile ışık renginin karıştırılması, böylece tek lamba kullanımında sağlanamayan renklerde ışıkların elde edilmesi yoluna gidilebilmektedir.

Bu çalışmada, renk sıcaklıkları farklı lambaların çeşitli birleşimlerinin renksel özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, büro, derslik, atölye gibi mekanların aydınlatılmasında yaygın olarak kullanılan doğrusal flüoresan lambaların renk sıcaklıkları farklı türleri ele alınmıştır. Söz konusu lambalar, renkleri doğru görmenin önem taşıdığı tüm ortamlarda kullanılması önerilen, renksel geriverim sınıfı çok iyi olanlar arasından seçilmiştir.

2. FLÜORESAN LAMBALARIN IŞIK RENGİNİN BELİRLENMESİ

Bir lambanın yayımladığı ışığın renksel özellikleri, renk sıcaklığı (T_c , *colour temperature*; K), renksel geriverim sınıfı ve indeksi (CRI , *colour rendering index*; R_a), $CIE(x,y)$ tayfsal üçtürel koordinatları ($CIE(x,y)$ *spectral chromaticity coordinates*) ile belirlenir. Isılışıma dışında kalan öteki yollarla ışık veren lambaların yayımladıkları ışığın rengi benzer renk sıcaklığı (T_{cp} , *correlated color temperature-CCT*; K) ile belirtilir [3-4].

Bu çalışmada, gücü 18 W, çapı 26 mm olan dört ayrı renk sıcaklıktaki T8 flüoresan lamba, değişik renk sıcaklığı birleşimleri oluşturmak üzere ele alınmıştır. Ele alınan lambaların lamba kataloğunda yer alan toplam ışık akısı ve ışıklılık (*luminance*) değerleri ile renksel özellikleri Tablo 1’de verilmiştir [5].

Tablo 1- Ele alınan flüoresan lambaların katalog değerleri

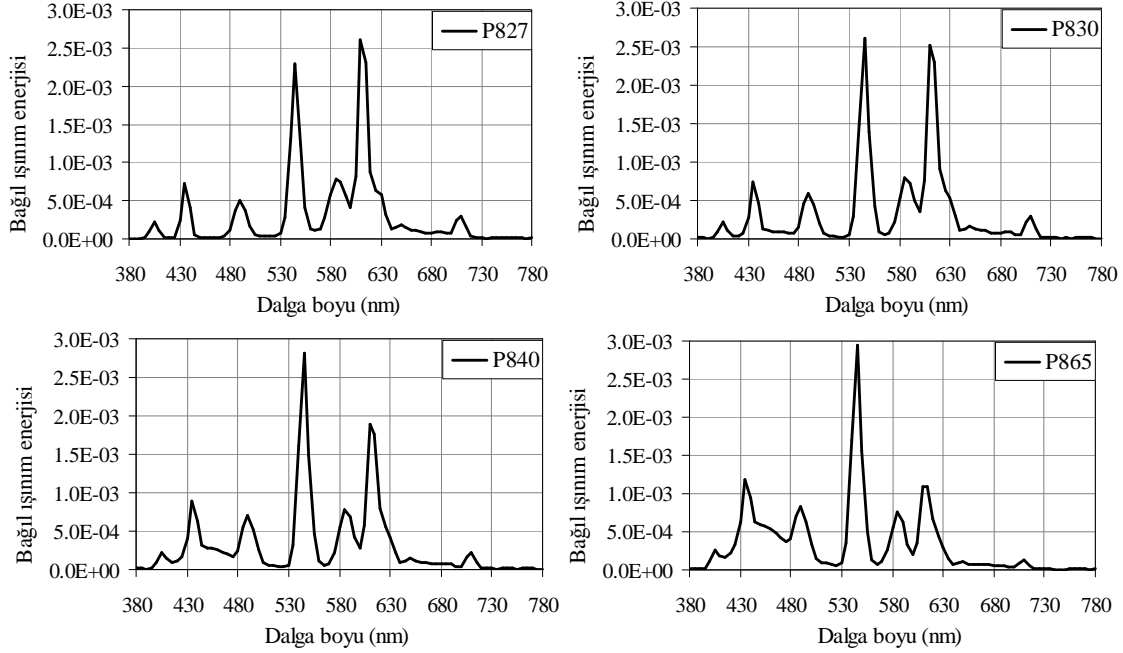
Flüoresan lamba türü	Philips TLD/827 (P827)	Philips TLD/830 (P830)	Philips TLD/840 (P840)	Philips TLD/865 (P865)
Nominal ışık akısı (lm)	1350	1350	1350	1300
Işıklılık (cd/m^2)	10000	10000	10000	9500
Renk sıcaklığı (K)	2700	3000	4000	6500
Işık rengi tanımı	akkor lamba	sıcak beyaz	soğuk beyaz	soğuk gümüşüğü
Renksel geriverim sınıfı	1B	1B	1B	1B
Renksel geriverim indeksi (R_a)	85	85	85	85

Aynı lambaların UME Aydınlatma Laboratuvarında yapılan ölçmeler sonucunda belirlenen tayfsal ışınım değerleri Şekil 1’de, renksel özellikleri Tablo 2’de gösterilmiştir. Tayfsal ışınım ölçmeleri, 4 nm aralıklarla Photo Research PR-650 tayfsal ışıkölçer

(*spectrophotometer*) ile gerçekleştirilmiştir. Her bir ölçme için saptanan sonuç değer, 6 kez yinelenen ölçmelerin ortalamasıdır. Lambaların renk sıcaklıkları ve renksel geriverim indeksleri ölçülen ışınım değerleri aracılığı ile CIE standartlarına göre hesaplanmıştır [6].

Tablo 2- Ele alınan flüoresan lambaların ölçülen değerleri

Flüoresan lamba türü	P827	P830	P840	P865
Renk sıcaklığı (K)	2678	2966	3897	6239
Renksel geriverim sınıfı	1B	1B	1B	2A
Renksel geriverim indeksi (R_a)	81.8	83.9	81.3	75.3
CIE(x) üçtürsel koordinatı	0.4661	0.4420	0.3870	0.3165
CIE(y) üçtürsel koordinatı	0.4188	0.4101	0.3863	0.3408



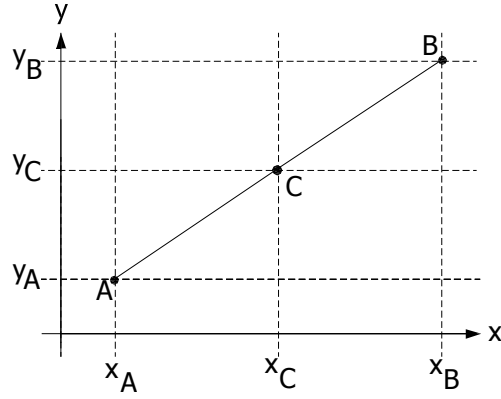
Şekil 1- Ele alınan flüoresan lambaların tayfsal enerji dağılımı

3. IŞIK RENGİ KARIŞIMININ ÖZELLİKLERİNİN SAPTANMASI

Tayfsal enerji dağılımları, dolayısıyla renksel özellikleri farklı lambalar bir arada kullanılarak ışık karışımları elde edilebilir. CIE Renk Diyagramında iki ayrı nokta ile gösterilen A ve B gibi iki ışık renginin toplamsal bileşimi ile hangi C renginin elde edilebileceği aşağıdaki

renk karışım kuralları uyarınca bulunabilir:

- İki rengin karışımını/toplamını gösteren nokta, bu iki rengi gösteren noktaları birleştiren doğru parçası üzerindedir.
- Karışım/toplam noktası, karıştırılan/toplanan iki rengin noktalarını birleştiren doğru parçasını karışım oranında böler (Şekil 2) [7].



Şekil 2- Işık rengi karışım kuralları

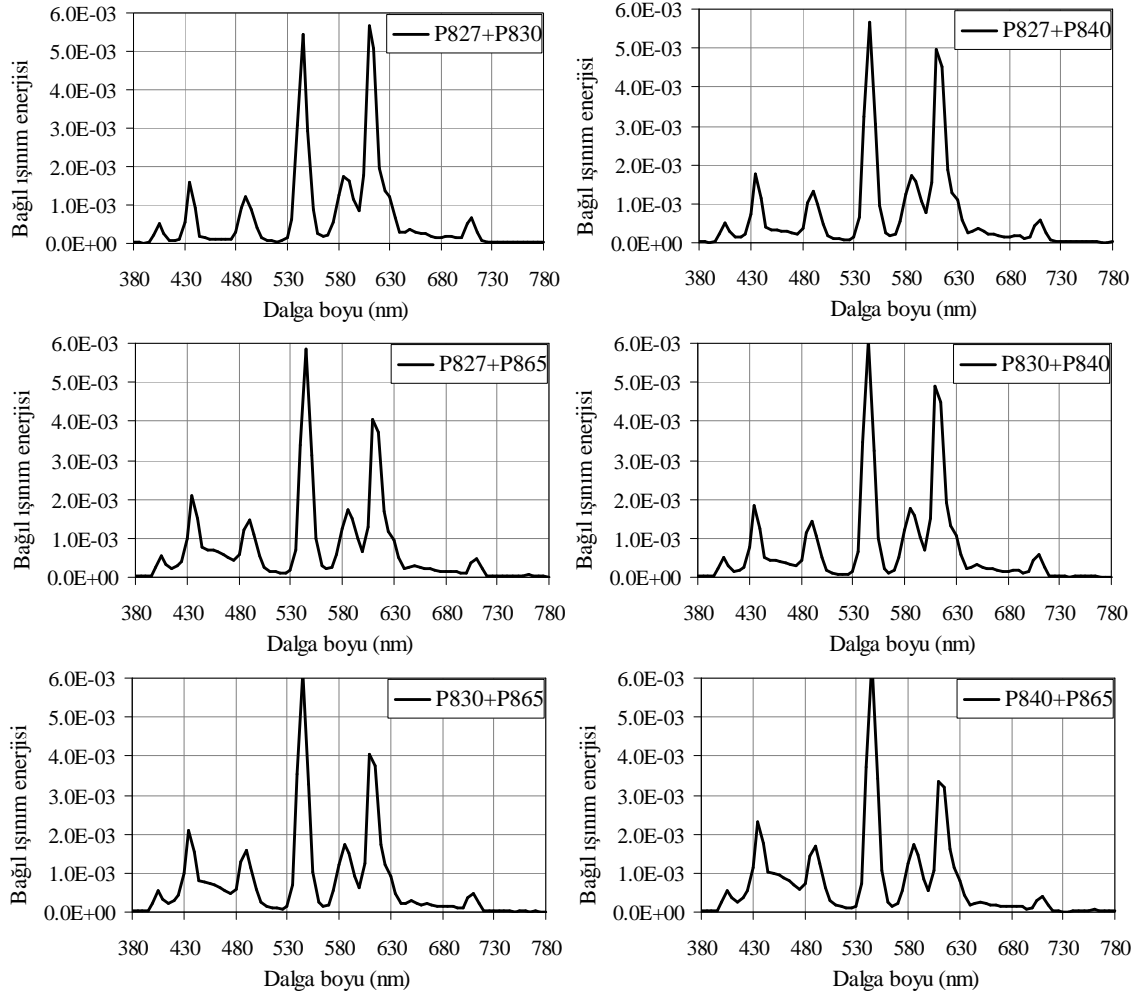
Bu çalışma kapsamında, katalog bilgileri ve ölçme sonuçları Tablo 1-2’de belirtilen dört adet lambanın ikili birleşimleri için ışık karışımları oluşturulmuştur. Böylece, kullanıma sunulan lambaların renk sıcaklıklarından farklı değerlere ulaşılabilecek koşullar belirlenmeye çalışılmıştır. İkili flüoresan lamba birleşimlerinde karışım rengin özellikleri aşağıda açıklanan üç ayrı yol izlenerek belirlenmiş, ulaşılan sonuçlar birbirleri ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

3.1. Karışım Rengin Özelliklerinin Ölçülerek Belirlenmesi

Renk sıcaklıkları farklı dört adet flüoresan lambanın her ikili birleşim çiftinin tayfsal ışınım değerleri tayfsal ışıkölçer ile ölçülerek belirlenmiştir. Ölçme ve lambaların renksel özelliklerinin hesaplanması işlemleri, lambaların tek tek ele alındığı durum için 2. bölümde belirtilen koşullar uyarınca yapılmıştır. İkili flüoresan lamba birleşimlerinin ölçülen değerleri Tablo 3’te, karışım renklere ilişkin tayfsal enerji dağılımları ve CIE(x,y) koordinatları sırası ile Şekil 3 ve 4’te gösterilmiştir.

Tablo 3- İkili flüoresan lamba birleşimlerinin ölçülen değerleri

Flüoresan lamba birleşimi	P827+P830	P827+P840	P827+P865	P830+P840	P830+P865	P840+P865
Renk sıcaklığı (K)	2827	3204	3958	3405	4091	4835
Renksel geriverim sınıfı	1B	1B	1B	1B	1B	2A
CRI, R _a	82.8	82.5	80.1	83.0	80.5	78.7
CIE(x)	0.4538	0.4247	0.3816	0.4124	0.3767	0.3508
CIE(y)	0.4157	0.4023	0.3753	0.3975	0.3749	0.3629



Şekil 3- İkili flüoresan lamba birleşimlerinin tayfsal enerji dağılımı

3.2. Karışım Rengin Özelliklerinin Tayfsal Işınım Değerlerinin Toplamına Göre Belirlenmesi

Işık rengi karışımının özelliklerinin belirlenmesinde izlenebilecek bir ikinci yol, bir arada kullanılacak lambaların ayrı ayrı ölçülmüş tayfsal ışınım değerlerinden yararlanılmasıdır. Bilindiği gibi, renkli iki (ya da daha çok) ışığın karışımı toplamsal bileşim demektir. Renk uyarıları toplamsal karışımı (*additive mixture of colour stimuli*), değişik renk uyarısının, ağtabakada ayrı ayrı algılanamayacak bir biçimde toplanarak bir uyarı oluşturmaları biçiminde açıklanabilir [8-9]. Bir başka deyişle, iki ayrı ışık kaynağından gelen ışıkların toplamsal

renk karışımı, söz konusu iki kaynağın tayfsal ışınım değerlerinin birbirine eklenmesidir.

Işık renkleri karışımının bir toplamsal bileşim olması nedeniyle, birlikte kullanılacak iki lambanın 4 nm aralıklarla ayrı ayrı ölçülerek saptanmış tayfsal ışınım değerleri önce 5 nm aralıktaki ışınım değerlerine dönüştürülmüştür. Ardından, her iki lambanın 5 nm aralıklardaki ışınım değerleri toplanarak karışım rengin tayfsal ışınım değerleri belirlenmiştir. Her ikili flüoresan lamba birleşimi için elde edilen karışım rengin tayfsal ışınım değerleri aracılığı ile hesaplanan CIE(x,y) koordinatları, renk sıcaklıkları ve renksel geriverim indeksleri

Tablo 4'te yer almaktadır. Işık renklerinin çeşitli birleşimleri için tayfsal ışınım değerleri toplamına göre hesaplanan x, y renk koordinatları Şekil 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4- İkili flüoresan lamba birleşimlerinin tayfsal ışınım niceliklerinin toplamına göre saptanan değerleri

Flüoresan lamba birleşimi	P827+P830	P827+P840	P827+P865	P830+P840	P830+P865	P840+P865
Renk sıcaklığı (K)	2860	3243	3944	3425	4184	4908
Renksel geriverim sınıfı	1B	1B	1B	1B	1B	2A
CRI, R _a	83	82.5	82	83.1	80.8	78.7
CIE(x)	0.4515	0.4227	0.3825	0.4119	0.3731	0.3487
CIE(y)	0.4155	0.4027	0.3767	0.3988	0.3735	0.3628

3.3. Karışım Rengin Özelliklerinin CIE(x,y) Koordinatlarının Ortalamasına Göre Belirlenmesi

Işık rengi karışımının renksel özelliklerini belirlemek amacıyla izlenen üçüncü yolda, birlikte kullanılacak iki lambanın CIE(x,y) koordinatlarının ortalamasına göre işlem yapılmıştır. Bu amaçla, bir arada kullanılacak iki lamba ışığının ayrı ayrı ölçülen tayfsal ışınım değerlerinden yararlanılmıştır. Her iki lambanın tayfsal

ışıkölçer ile saptanmış olan x ve y koordinatlarının ortalamaları alınarak karışım rengin yaklaşık olarak x ve y koordinatları saptanmış ve bu koordinatlara karşılık gelen renk sıcaklığı hesaplanmıştır. Renksel geriverim indeksi, bu indeksin hesaplanabilmesi için karışım rengin tayfsal ışınım dağılımına gereksinme olduğundan, saptanamamıştır. Işık rengi karışımlarının x, y koordinatları ve renk sıcaklıkları Tablo 5'de verilmiştir. Şekil 4'te ışık karışımlarının x, y renk koordinatları görülmektedir.

Tablo 5- İkili flüoresan lamba birleşimlerinin CIE(x,y) koordinatlarının ortalamasına göre saptanan değerleri

Flüoresan lamba birleşimi	P827+P830	P827+P840	P827+P865	P830+P840	P830+P865	P840+P865
Renk sıcaklığı (K)	2814	3169	3740	3367	4024	4807
CIE(x)	0.4540	0.4266	0.3913	0.4145	0.3792	0.3517
CIE(y)	0.4144	0.4026	0.3798	0.3982	0.3754	0.3636

Belirtilen yol ile karışım rengin renk sıcaklığının kesin ve doğru olarak belirlenmesi, toplamsal bileşim kuralları uyarınca işlem yapılmadığından olanaklı değildir. Buna karşın, bu yol ile ulaşılabilecek sonuçların toplamsal bileşim ile elde edilen sonuçlara ne ölçüde yakın olduğunun saptanmasında yarar görülmüştür. Çünkü literatürde kullanıma

sunulan lambaların tayfsal ışınım nicelikleri konusunda bilgiye erişilememekte, ancak kimi lambaların CIE(x,y) koordinatları bilinmektedir. Laboratuvar ortamında ışınım ölçmesi olanağı olmadığında, bir arada kullanılacak ışık renklerinin x, y koordinatları aracılığı ile karışım rengin renk sıcaklığının hangi yakınlıkla belirlenebileceğinin saptanmasına önem verilmiştir.

4. SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRMASI VE DEĞERLENDİRMESİ

3.1-3.3. bölümlerinde açıklanan üç ayrı yol ile oluşturulan ışık karışımlarının,

- ölçülen x, y renk koordinatları (DURUM 1),
- tayfsal ışınım değerleri toplamına göre hesaplanan x, y renk koordinatları (DURUM 2),
- CIE(x,y) koordinatlarının ortalamasına göre hesaplanan x, y renk koordinatları (DURUM 3),

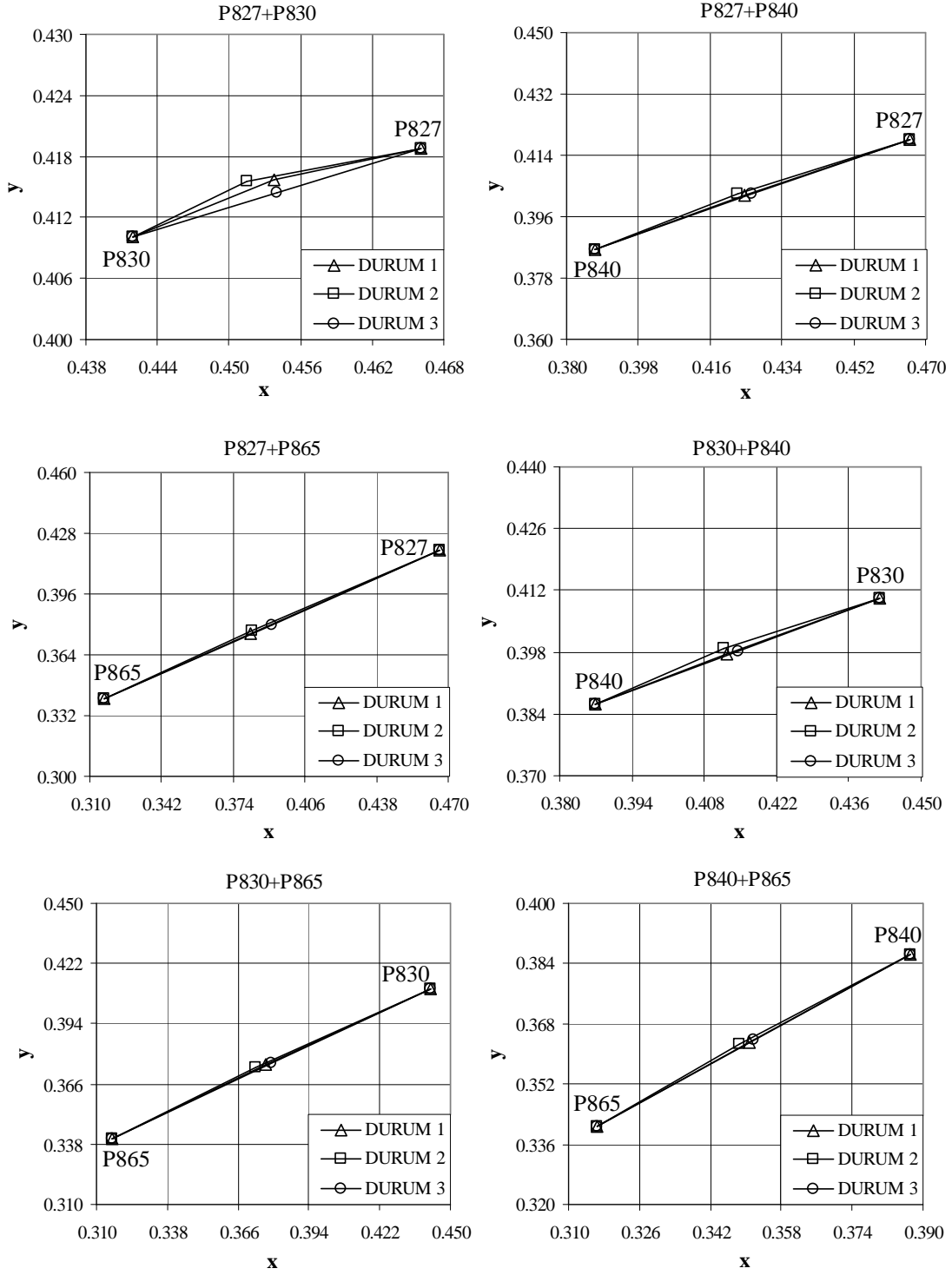
Şekil 4'te bir arada gösterilmiştir.

Üç ayrı durum için Şekil 4'te karşılaştırmalı olarak gösterilen sonuçları değerlendirebilmek için ışık renklerinin karışım renge katkı oranlarının saptanması gereklidir. Bunun için dört lambanın, ayrı ayrı 5 nm aralıklar için saptanan ışınım enerjisi büyüklükleri ve renkölçümsel fonksiyonlar ($\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$; *colour-matching functions*) aracılığı ile üçtüresel bileşenleri toplamları hesaplanmıştır (Tablo 6). Tablo 6'da görüldüğü gibi, ele alınan ışık renkleri karışıma eşit oranda değil, birbirinden farklı oranlarda katılmışlardır.

Işık karışımlarının üç ayrı yol izlenerek belirlenen renksel özellikleri, sonuçların uygulamada ortaya çıkacak koşulları yansıtması bakımından aşağıdaki gibi değerlendirilebilir:

- Lambaların yayımladıkları toplam ışık akısı, renk sıcaklığı, renksel geriverim indeksi gibi özellikleri katalog bilgilerinden farklılık gösterebilmektedir. Söz konusu farkın büyüklüğü bir lamba türünün güç, renk sıcaklığı ve renksel geriverimi aynı olan değişik numuneleri arasında da değişebilmektedir. Bu durum ele alınan dört lambanın ölçülen değerlerinde açıkça görülmektedir (Tablo 2).

- Karışıma katılan ışık renklerinin CIE(x,y) koordinatlarının ortalaması alınarak belirlenen karışım rengin x, y renk koordinatları (DURUM 3) ışık renklerinin renk karışımına eşit oranda katıldığı koşul için doğru sonuç verebilir. Yalnızca söz konusu koşulda karışım rengin CIE renk diyagramında bulunduğu nokta karıştırılan iki renkten eşit uzaklıkta bulunur. Oysa ele alınan lambaların yayımladıkları ışığa bağlı görsel duyulanmanın toplamını gösteren üçtüresel bileşenler toplamı (X+Y+Z) lamba türüne göre değişim göstermektedir. Bu nedenle ışık rengi karışımı, toplamsal bileşimi yapılan renklerden eşit uzaklıkta yer alamaz.
- Işık karışımının x, y koordinatlarını, bir arada kullanılan farklı renksellikteki lambaların x, y koordinatlarını ölçerek (DURUM 1) ya da toplamsal bileşim kurallarına göre hesaplayarak (DURUM 2) belirlemek doğru yaklaşımlardır. Nitekim bu çalışmada belirtilen iki yol ile ulaşılan sonuçlar birbirine yakın çıkmıştır. Aralarındaki küçük farklar, tayfsal ışıkölçerin 4 nm aralıkla ölçtüğü ışınım değerlerinin hesaplama yolu ile işlem yapabilmek için 5 nm aralıktaki ışınım değerlerine dönüştürülmesi sırasında yapılan kabullere dayanmaktadır.
- Işık rengi karışımlarının renk sıcaklığı ve renksel geriverim indeksi, öncelikle ölçme (DURUM 1) ile saptanmalıdır. Bunun olanaklı olmadığı durumda toplamsal bileşim kurallarına göre hesaplama (DURUM 2) yoluna gidilmelidir. Her iki durum, ışık rengi karıştırılacak lambaların ışınım değerlerinin ayrı ayrı ölçülerek belirlenmesini gerektirmektedir.



Şekil 4- Işık karışımlarının üç ayrı durum için saptanan x, y renk koordinatları

Tablo 6- Ele alınan flüoresan lambaların üçtürsel bileşenleri toplamının oransal büyüklüğü

Flüoresan lamba türü	P827	P830	P840	P865
Üçtürsel bileşenleri toplamının (X+Y+Z) oransal büyüklüğü	1	1.0507	1.0989	1.2184

▪ İkili (ya da daha fazla) flüoresan lamba birleşimlerinde renksel özellikleri farklı lambaların kendilerine özgü renk sıcaklıklarının (ya da renksel geriverim indekslerinin) doğrudan doğruya aritmetik ortalaması alınarak (DURUM

4) karışım rengin renk sıcaklığı (ya da geriverim indeksi) belirlenmemelidir. 1-3 durumlarında elde edilen K ve R_a değerlerinin karşılaştırmalı olarak verildiği Tablo 7-8'e 4 durumu ile ulaşılabilecek sonuçlar da eklenmiştir.

Tablo 7- İkili flüoresan lamba birleşimlerinin renk sıcaklığı (K) değerleri

Flüoresan lamba birleşimi	P827+P830	P827+P840	P827+P865	P830+P840	P830+P865	P840+P865
DURUM 1	2827	3204	3958	3405	4091	4835
DURUM 2	2860	3243	3944	3425	4184	4908
DURUM 3	2814	3169	3740	3367	4024	4807
DURUM 4	2822	3288	4458	3431	4602	5068

Tablo 8- İkili flüoresan lamba birleşimlerinin renksel geriverim indeksi (R_a) değerleri

Flüoresan lamba birleşimi	P827+P830	P827+P840	P827+P865	P830+P840	P830+P865	P840+P865
DURUM 1	82.8	82.5	80.1	83.0	80.5	78.7
DURUM 2	83	82.5	82	83.1	80.8	78.7
DURUM 3	-	-	-	-	-	-
DURUM 4	82.9	81.6	78.6	82.6	79.6	78.3

5. SONUÇ

Bir mekandaki aydınlığı oluşturan ışığın renk sıcaklığı ve renksel geriverimi konusundaki gereksinimler insanların farklı etkinliklerine göre değişim göstermektedir. Bunun yanı sıra kişisel tercihler de uygun ışığın renk sıcaklığı seçiminde rol oynamaktadır. Renk sıcaklığına ilişkin istek ve gereksinimlerin çeşitliliği karşısında kimi zaman mevcut lambaların renk sıcaklığı seçenekleri yetersiz kalmaktadır. Bir aydınlatma aygıtı içinde ışık rengi farklı lambalar kullanarak ışık rengi karışımları oluşturmak ve böylece renk sıcaklığına ilişkin seçenekleri arttırmak olanaklıdır. Kullanıma sunulan lambaların ışık renginden farklı, yararlanabilir ışık rengi karışımlarının oluşturulabilmesi için karışım rengin renksel özelliklerinin belirlenmesi gereklidir.

Bu çalışmada renk sıcaklıkları birbirinden farklı dört adet tip flüoresan lambanın ikili

birleşimlerinden oluşan altı değişik ışık rengi karışımı oluşturulmuştur. İlk aşamada, tek tek ele alınan lambaların tayfsal ışınım değerleri ve renk koordinatları ölçülerek belirlenmiştir. Ardından ikili flüoresan lamba birleşimlerinin renksel özellikleri, biri doğrudan doğruya ölçme, ikisi hesaplama dayanan üç ayrı yol izlenerek saptanmıştır. Hesaplama yolu ile ışık karışımlarının renksel özelliklerinin belirlenmesinde, lambaların ilk aşamada ölçülerek saptanmış ışınım değerleri ve renk koordinatlarından yararlanılmıştır. Üç ayrı yol ile ulaşılan sonuçlar karşılaştırılmış ve karışım rengin renk sıcaklığı ve renksel geriverim indeksinin gerek ölçme gerekse toplamsal bileşim kuralları uyarınca yapılan hesaplama yolu ile belirlenebileceği görülmüştür.

Ölçme ya da toplamsal bileşim kurallarına göre yapılacak hesaplama ile ikiden fazla sayıda lambanın bir arada kullanılması koşulları için de karışım rengin

özelliklerinin belirlenebileceği açıktır. Işık renkleri farklı lambalar bir arada kullanılırken renkli gölgelerin ve homojen aydınlatılmayan bölgelerin oluşabileceği unutulmamalıdır. Hacim içindeki bir nesne ya da yüzey üzerine ışık renkleri farklı tüm lambalardan çıkan ışığın düşmesi sağlanamadığında, nesne ya da yüzeyin çeşitli bölümleri farklı renksellikte görünebilir ya da bir nesnenin gölgesi içinde değişik renkler ayırt edilebilir. Bundan kaçınmak için, ışık renkleri birbirinden farklı lambaların yer aldığı aydınlatma aygıtının ağız açıklığı izotrop yayıncı yansıma yapan renksiz bir gereç ile kapatılmalı ya da dolaylı aydınlatma biçimi uygulanarak lambalardan çıkan ışığın mat ve renksiz tavan yüzeyinden yansıdıktan sonra hacim içindeki yararlı alanlara yönelmesi sağlanmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] S. Fleischer, ETH, Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie, Zürich.
- [2] Anon., Philips, Dynamic Lighting, Enhancing Well-being and Performance, 2005.
- [3] G. Wyszecki, W.S.Stiles, Color Science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae, Wiley, 1982.
- [4] A. K. Türkoğlu, Flüoresan Lambaların Tayfsal Özelliklerinin CIE Normlarına Göre Belirlenmesi, V.Ulusal Aydınlatma Kongresi, İstanbul, 8 Ekim 2004.
- [5] Anon., Philips, Catalogue for Original Equipment Manufacturers, Lamps& Gear/Controls, 2001-2002.
- [6] Anon., CIE, Method of Measuring and Specifying Colour Rendering Properties of Light Sources, No: 13.3, 1995.
- [7] Ş.Sirel Kuramsal Renk Bilgisi, Kutulmuş Matbaası, İstanbul, 1974.
- [8] Ş.Sirel, Aydınlatma Sözlüğü, YEM Yayınları, İstanbul, 1997.
- [9] Anon., CIE, International Lighting Vocabulary, 4. Edition, Publication CIE No 17 (E-1.1), 1987.