

57453



**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BÜROLARIN AYDINLATMA DÜZENLERİ
AÇISINDAN İNCELENMESİ VE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Mimar M.Tuba BOSTANCI

**F.B.E. Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Fiziği Programında
hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Doç.Dr.Rengin ÜNVER

İSTANBUL, 1996

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
TEŞEKKÜR	iv
TÜRKÇE ÖZET	v
İNGİLİZCE ÖZET	vi
GİRİŞ	1
1. BÜRO BİNALARININ TANIMI ve BÖLÜMLERİ	2
1.1. Büro Mekanları	3
1.1.1. Hücresel (Küçük Hacimli) Bürolar	4
1.1.2. Grup (Orta Büyüklükteki) Bürolar	5
1.1.3. Açık Planlı (Büyük Hacimli) Bürolar	6
1.2. Toplantı Odaları	8
2. BÜROLARDA AYDINLATMANIN ÖNEMİ ve GÖRSEL KONFOR KOŞULLARI	9
2.1. Aydınlığın Niceliği	10
2.2. Aydınlığın Niteliği	11
2.2.1. Aydınlığı Oluşturan Işığın Rengi (Tayfsal Yapısı)	12
2.2.2. Aydınlığı Oluşturan Işığın Doğrultusal Yapısı ve Aydınlıkta Oluşan Gölgelelerin Niteliği	15
2.2.3. Aydınlik Düzeyi Dağılımları	16
2.3. Işıklılık	17
2.4. Çevrede Yer Alan Yüzeylerin Özellikleri	18

3. BÜROLARDA AYDINLATMA DÜZENİ İLKELERİ	20
3.1. Büro Hacimlerinde Aydınlatma Düzeni	20
3.1.1. Hücresel Bürolarda Aydınlatma Düzeni	21
3.1.2. Grup ve Açık Planlı Bürolarda Aydınlatma Düzeni	22
3.2. Toplantı Odalarında Aydınlatma Düzeni	25
3.3. Bilgisayar Kullanılan (Monitörlü) Bürolarda Aydınlatma Düzeni	26
4. DEĞİŞİK BOYUTLARDAKİ BÜRO HACİMLERİNİN AYDINLATMA DÜZENLERİ AÇISINDAN İNCELENMESİ ve DEĞERLENDİRİLMESİ	30
4.1. A1 ve A2 Hacimlerinin Aydınlatma Düzenleri	35
4.1.1. A1 Hacminin Aydınlatma Düzeninin Kurulması	35
4.1.1.1. A1 Hacminde Günışığının Çalışma Düzleminde Oluşturduğu Aydınlik Düzeyi Değerleri	36
4.1.1.2. A1 Hacminde Lamba Işığının Çalışma Düzleminde Oluşturduğu Aydınlik Düzeyi Değerleri	40
4.1.1.3. A1 Hacminde Bütünleşik Aydınlatma Düzeni	47
4.1.2. A2 Hacminin Aydınlatma Düzeninin Kurulması	55
4.1.2.1. A2 Hacminde Günışığının Çalışma Düzleminde Oluşturduğu Aydınlik Düzeyi Değerleri	56
4.1.2.2. A2 Hacminde Lamba Işığının Çalışma Düzleminde Oluşturduğu Aydınlik Düzeyi Değerleri	60
4.1.2.3. A2 Hacminde Bütünleşik Aydınlatma Düzeni	67
4.2. B1 ve B2 Hacimlerinin Aydınlatma Düzenleri	75
4.2.1. B1 Hacminin Aydınlatma Düzeninin Kurulması	75
4.2.1.1. B1 Hacminde Günışığının Çalışma Düzleminde Oluşturduğu Aydınlik Düzeyi Değerleri	76
4.2.1.2. B1 Hacminde Lamba Işığının Çalışma Düzleminde Oluşturduğu Aydınlik Düzeyi Değerleri	80
4.2.1.3. B1 Hacminde Bütünleşik Aydınlatma Düzeni	87

4.2.2. B2 Hacminin Aydınlatma Düzeninin Kurulması	95
4.2.2.1. B2 Hacminde Günışığının Çalışma Düzleminde Oluşturduğu Aydınlik Düzeyi Değerleri	96
4.2.2.2. B2 Hacminde Lamba Işığının Çalışma Düzleminde Oluşturduğu Aydınlik Düzeyi Değerleri	100
4.2.2.3. B2 Hacminde Bütünleşik Aydınlatma Düzeni	107
4.3. C1 ve C2 Hacimlerinin Aydınlatma Düzenleri	115
4.3.1. C1 Hacminin Aydınlatma Düzeninin Kurulması	115
4.3.1.1. C1 Hacminde Günışığının Çalışma Düzleminde Oluşturduğu Aydınlik Düzeyi Değerleri	117
4.3.1.2. C1 Hacminde Lamba Işığının Çalışma Düzleminde Oluşturduğu Aydınlik Düzeyi Değerleri	120
4.3.1.3. C1 Hacminde Bütünleşik Aydınlatma Düzeni	126
4.3.2. C2 Hacminin Aydınlatma Düzeninin Kurulması	134
4.3.2.1. C2 Hacminde Günışığının Çalışma Düzleminde Oluşturduğu Aydınlik Düzeyi Değerleri	136
4.3.2.2. C2 Hacminde Lamba Işığının Çalışma Düzleminde Oluşturduğu Aydınlik Düzeyi Değerleri	141
4.3.2.3. C2 Hacminde Bütünleşik Aydınlatma Düzeni	150
GENEL DEĞERLENDİRME ve SONUÇ	164
KAYNAKLAR	168
EK1	169
EK2	187
EK3	195
EK4	200
ÖZGEÇMİŞ	

Bu çalışmadaki değerli katkı ve yardımlarından dolayı, tez danışmanım Doç.Dr.Rengin ÜNVER, Arş.Gör.Dr.Leyla DOKUZER ÖZTÜRK, İTÜ Elektrik-Elektronik Fakültesi öğretim görevlilerinden Doç.Dr.Dilek ENARUN ve YTÜ Mimarlık Fakültesi Yapı Fiziği Bilim Dalı öğretim ve araştırma görevlilerine içtenlikle teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Bu çalışmada, genel olarak, bürolarda aydınlatma düzeni temel ilkeleri ele alınmış ve değişik boyutlarda büro hacimleri belirlenerek, doğal, yapay ve bütünleşik aydınlatma düzenleri kurulmuştur. Çalışma, dört ana bölüm ve ekler bölümlerinden oluşmaktadır.

1. Bölüm'de, büro binaları tanımlanmış ve büro binaları içinde yer alan çalışma ve toplantı mekanları, mimari açıdan incelenmiştir.

2. Bölüm'de, bürolarda, aydınlatmanın önemine değinilerek, olması gereken görsel konfor koşulları belirlenmiştir.

3. Bölüm'de, 2. Bölüm'de belirlenen görsel konfor koşullarına uygun olarak, oluşturulabilecek aydınlatma düzeni temel ilkeleri, büroların tipleri ve işlevlerine göre, ayrı ayrı ele alınmıştır.

4. Bölüm'de, değişik boyutlardaki büro hacimleri, doğal, yapay ve bütünleşik aydınlatma düzenleri açısından, incelenip, değerlendirilmiştir.

Ek 1'de, bürolarda sıklıkla kullanılan, flüorışıl lambalar ve flüorışıl lambalı aydınlatma aygıtları ele alınmıştır.

Ek 2'de, belirlenen hacimlerdeki günışığı aydınlık düzeyi değerlerinin hesap yöntemi açıklanmıştır.

Ek 3'de, belirlenen büro hacimlerinde, lamba ışığı aydınlık düzeyinin hesaplanmasında kullanılan bilgisayar programı (LUCY) ile ZIJL yöntemi karşılaştırılmıştır.

Ek 4'de, günışığı ile lamba ışığı bileşimi (bütünleşik aydınlatma) ve bütünleşik aydınlatma düzenlerinin kullanımı ele alınmıştır.

SUMMARY

In this study, firstly, basic principles of lighting systems have been given. Secondly, different dimensions of office spaces have been determined and daylighting, electric lighting and integrated lighting systems have been designed. The study consists of four chapters.

In the first chapter, office building has been defined and working places and conference rooms have been examined.

In the second chapter, the importance of lighting in offices has been emphasized and the conditions for visual comfort have been determined.

In the third chapter, basic principles of lighting systems, which obtain the conditions, determined in the second chapter, have been given.

In the fourth chapter, different dimensions of office spaces have been examined and evaluated in terms of daylighting, electric lighting and integrated lighting systems.

GİRİŞ

Bürolar, insanların günlerinin büyük bir bölümünü geçirdikleri çalışma ortamları olmaları açısından, insan yaşamında büyük önem taşıyan mekanlardır. Bu nedenle, büro mekanlarında uygun fizik ortam koşullarının sağlanması gerekmektedir. İnsanın çevresi ile olan ilişkisinde, en önemli algılama biçimi, görsel algılamadır. Özellikle, bürolar gibi, görsel eylemlerin gerçekleştirildiği mekanlarda, fizik ortam koşullarından biri olan görsel konforun sağlanması zorunludur. Görsel konfor ise, aydınlatma tekniği yönünden, iyi görme koşullarını sağlayacak, düzenlerin oluşturulması ile gerçekleştirilebilir.

Bürolarda, tekniğine ve mekanın işlevine uygun bir aydınlatma düzeni kurularak, mekanın iyi algılanabilmesi ve rahat bir çalışma ortamı sağlanabilir. Ayrıca, doğru oluşturulmuş bir aydınlatma düzeni ile, kişilerde ortaya çıkabilecek, fizyolojik ve ruhsal kimi sorunların da önlenmesi olanaklı olmaktadır.

Bu çalışmada, bürolarda, etkin ve verimli bir çalışma ortamı sağlayacak, görsel konfor koşullarına ve aydınlatma tekniğine uygun, düzenlerin kurulması konusunda, temel ilkeler belirlenecek ve değişik boyutlardaki büro hacimlerinde, doğal, yapay ve bütünlük aydınlatma düzenleri oluşturularak, incelenip, değerlendirilecektir.

1. BÜRO BİNALARININ TANIMI ve BÖLÜMLERİ

Büro, genelde, yazı, çizim ve yönetim işlerinin yapıldığı çalışma yeri olarak tanımlanır. Büro binası ise, bürolar ile bunların gereksinmelerini karşılayacak diğer hacimleri bulunduran binadır (Hasol, D., Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü, 1990).

Büro binalarının, öteki binalardan ayrılması, 19. yy'da konut ve işyerlerinin işlevsel açıdan birbirinden ayrılmasıyla başlar. Bunun fiziksel yansıması olarak da, mimari anlamda, büro işlevleri için binalar yapılmaya başlanmıştır (Dökmeci, V., Dülgeroğlu, Y., Akkal, B. L., İstanbul Şehir Merkezi Transformasyonu ve Büro Binaları, 1993).

Bir büro binasında bulunan işlevler,

- çalışma,
- sosyal hizmet,
- kamu hizmeti,
- teknik servis,
- satış,

vb. olarak sıralanabilir. Ayrıca, bu işlevlerin yapıldığı mekanları birbirine bağlayan dolaşım (sirkülasyon) alanları olarak, yatayda koridor, düşeyde ise, merdiven ve asansörler bulunmaktadır.

Belirtilen işlevlerin yapıldığı mekanların, katlara dağılımı genel olarak, aşağıdaki gibidir:

- **Bodrum kat:** Teknik merkez, depolar, otopark.
- **Zemin kat:** Giriş holü, danışma ve banka vb. kamu hizmeti alanları.
- **Normal (tekrarlanan) katlar:** Büro mekanları, yönetici odaları, sekreter odaları, toplantı odaları, bilgisayar odaları, arşiv, depolar, W.C.
- **Üst kat (çatı) :** Büro personeli için yemek salonu, kafeterya, dinlenme salonu, kütüphane vb. sosyal hizmet mekanları.

Bu çalışmanın kapsamı içinde, büro mekanları ve toplantı odaları incelenecektir.

1.1. Büro Mekanları

Büro, daha önce de tanımlandığı gibi, genelde görsel eylemlerin ağırlık kazandığı mekanlar olup, yapılan eylemler, okuma, yazma, çizim yapma, bilgisayar, printer, plotter, daktilo, faks, telefon vb. büro makinaları kullanma biçiminde sıralanabilir.

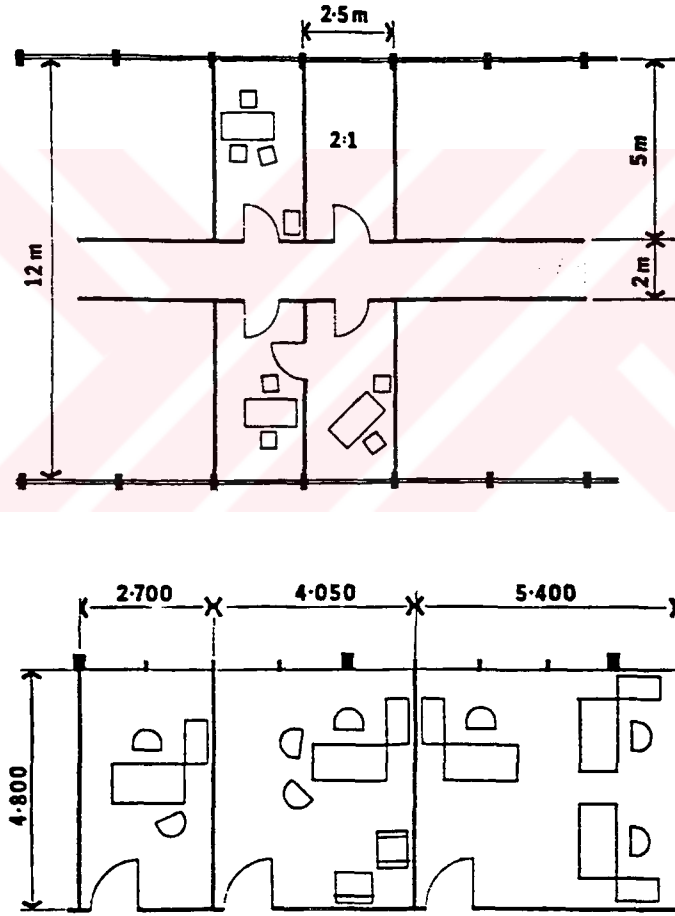
Büro mekanlarının tarih içindeki gelişimi incelendiğinde, günümüzdeki büro tiplerinin oluşumu ile ilgili bilgi edinmek olanaklıdır. Bu oluşum, kısaca, aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- 19. yüzyıla kadar, bürolar, genellikle, hücrel olarak tanımlanan, konutların zemin katlarında; daha sonraları da, onlardan ayrı, ancak, yine konut bölgesinde yer alan, küçük mekanlardı. Böylece, hücrel mekanlardan oluşan, geleneksel büro tipi gelişti.
- 20. yüzyıl başlarında, Quickborn Kardeşler'in geliştirdiği, açık planlı bürolar, bir önceki yüzyılın, katı planlı, hücrel bürolarının yerini almıştır. Açık planlı bürolardaki "büyük hacim" yaklaşımı, çalışma gruplarının, "iş ilişkilerine" ve "iş akımına" göre yerleştirilmelerini temel alır. Böylece, çalışanlar arasında mekan farkı gözetilmemiş olur (Ecevit, Ö., 1980). Bu yaklaşımla, yüzyıllardır süregelen hücrel büro geleneği, değişime uğramış ve açık planlı büro tipi yaygınlaşmıştır.
- 1950'li yılların sonunda, bürolarda, "organik düzen" (doğal büro - office landscaping) kavramının ortaya çıkması ile büyük, derin hacimlerde (açık planlı bürolarda), geometrik düzende yerleşim yerine, serbest iletişim sağlayacak bir düzenleme getirilmiştir.

Büro mekanlarının tarihsel gelişimine bağlı olarak, günümüzde uygulanan büro tipleri, mekanın boyutlarına göre, genelde, hücrel ve açık planlı olmak üzere, iki ana grupta ele alınabilir. Bu iki temel büro tipinden ayrı olarak, ikisinin arasındaki boyutlarda, orta büyüklükteki bürolar ise, grup bürolar olarak adlandırılır.

1.1.1. Hücresel (Küçük Hacimli) Bürolar

Hücresel bürolar, genellikle, 1-3 kişilik, küçük hacimler olup, pencere düzleminde itibaren, maksimum derinlik, 6 metredir. Derinlik için, minimum boyut, isteğe bağlı olarak değişebilir de, en sık uygulanan derinlik, 3-4 metredir. Minimum genişlik (aks boyutu), 2.40-2.70 metre arasındadır. Dikdörtgen planlı bir büro mekanının, kenarlarının birbirine oranı, 2:1 olabilir (Bkz. Şekil 1.3). Bu tip büroların alanları ise, 8-40 m² arasında değişebilir. (Duffy, F., Cave, C., Worthington, J., Planning Office Space, 1977.)

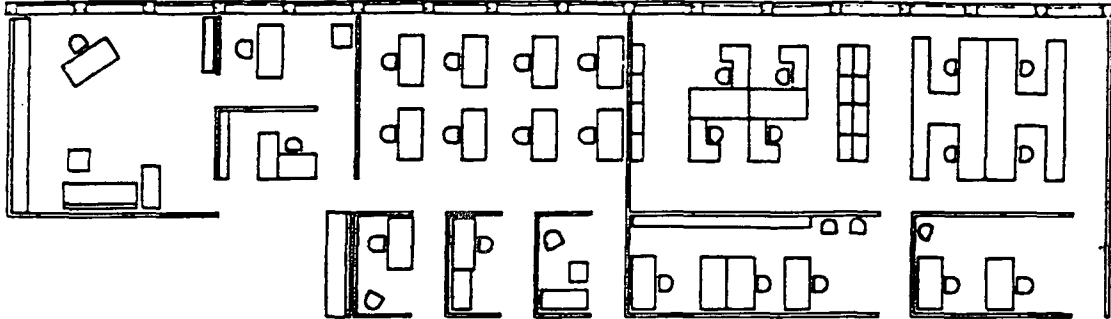
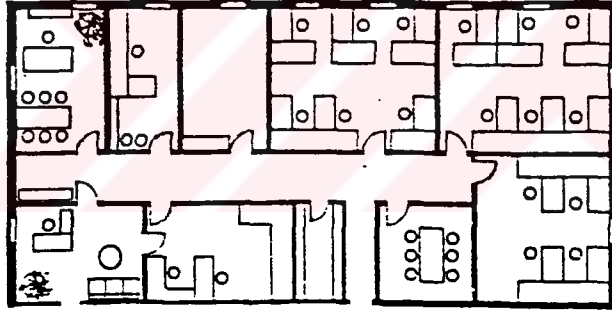


Şekil 1.3. Hücresel Bürolar

Hücresel bürolar, saygınlık sağlayıcı bir öge olarak kullanılması ve aynı zamanda da, gizliliği olanaklı kılması nedeniyle, genellikle, tek kişi (yönetici, üst düzey yetkilisi vb.) tarafından kullanılırlar. Bu tip bürolar, büro personeli ya da dışardan gelen ziyaretçilerle kısa görüşmeler yapılmasına olanak tanır. 2-3 kişinin ortak kullandığı hücresel bürolar ise, büro personeli arasındaki iletişimi yakınlaştırmak açısından önemlidir.

1.1.2. Grup (Orta Büyüklükteki) Bürolar

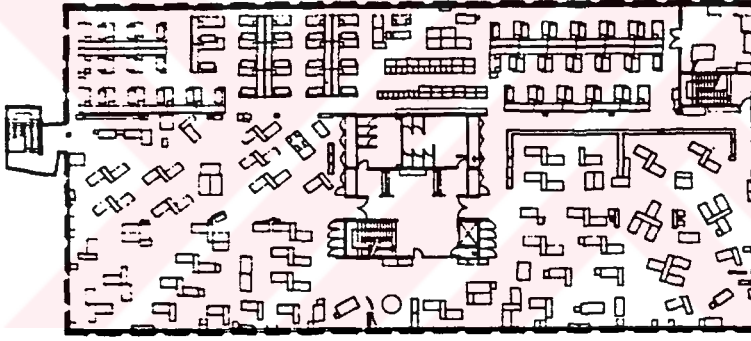
Grup büroları, boyutları yönünden, hücresel büro tipi ile açık planlı büro tipi arasında yer almakta ve daha çok, küçük çalışma gruplarının bulunduğu ve genellikle, 5 kişilik çalışma grupları için düzenlenen orta büyüklükteki hacimlerdir (Bkz. Şekil 1.4). Bu tip bürolarda, derinlik, pencere düzleminde itibaren, 6-10 metre arasında olup, alanları, 40-150 m² arasında değişmektedir (Duffy, F., Cave, C., Worthington, J., Planning Office Space, 1977).



Şekil 1.4. Grup Büroları

1.1.3. Açık Planlı (Büyük Hacimli) Bürolar

Açık planlı bürolar, çok sayıda kişi ya da çalışma gruplarının bulunduğu, büyük hacimlerdir (Bkz.Şekil 1.5). Bu tip bürolarda, derinlik, oldukça fazla olup, pencere düzleminden itibaren, 20 metreye kadar çıkabilir; alanları ise, genellikle, 150 m² ve daha büyük olabilir (Duffy, F., Cave, C., Worthington, J., Planning The Office, 1977). Tasarımcıların yaptıkları hesaplamalar sonucu, açık planlı bir büroda, bir kişi için gerekli alan, 187 cm.×187 cm., yani, 3.5 m² olarak belirlenmiştir. Bu durumda, açık planlı bürolar, ortalama olarak, 40 ve daha fazla kişiden oluşan, kalabalık bir çalışma topluluğu için uygundur (Şerefhanoglu, M., Arredamento Dekorasyon, OFİS'91, 1991).



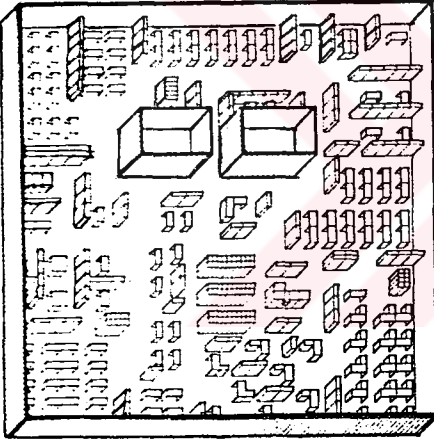
Şekil 1.5. Açık Planlı Bürolar

Açık planlı bürolar, çok derin ve geniş bir hacim düzenlemesinin, geleneksel bir biçimidir. Böyle bir büro sisteminin temel özellikleri arasında, düşey iletişim yerine, yatay iletişimi sağlamak ve plana esnek bir düzenleme getirmek, sayılabilir.

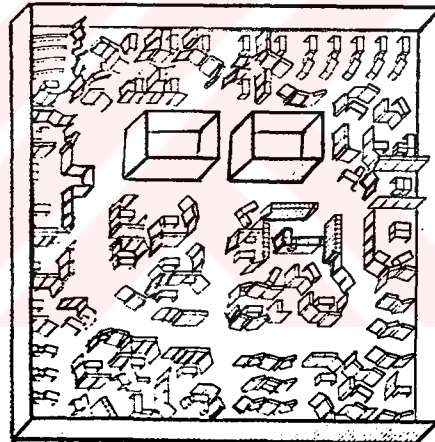
Bu tip bürolarda, çalışma, hem bir kişilik, hem de grup halinde olabileceği için, büro mekanı ile kişiler arasında sıkı bir iletişim sağlanabilirken, gruplar arasındaki bilgi akışı ve haberleşmenin kolaylaştırılmasının yanısıra, mekanın tek kişilik çalışmaya da olanaklı kılınması gerekmektedir. Bu nedenle, çalışma gruplarına kimlik kazandırmak,

tanımlamak ve sirkülasyon alanlarını belirlemek amacıyla, bölücü panolardan ve bitki ya da çeşitli mobilya düzenlemelerinden yararlanılabilir.

Açık planlı büro mekanlarında, çalışma grupları, genellikle, geometrik biçimde düzenlenmektedir. Ancak, özellikle, son yıllarda, organik düzenli büro kavramının ortaya çıkmasıyla (Bkz. Bölüm 1.1), açık planlı bürolar, belli bir geometriye uymayan, serbest bir biçimde düzenlenmeye başlamıştır. Bu biçimde düzenlenen bürolarda, mobilyaların, istenildiğinde, bütünlüğü bozmayacak biçimde, yeniden düzenlenebilir olması, önemli bir özelliktir.



Şekil 1.6. Geometrik Düzenli
Açık Planlı Büro



Şekil 1.7. Organik Düzenli
Açık Planlı Büro

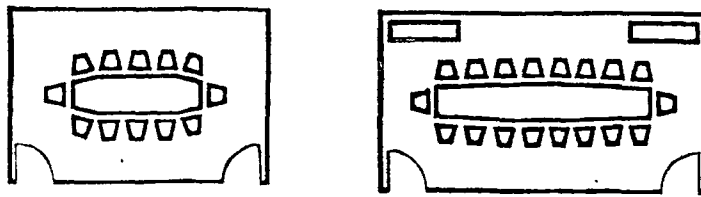
1.2. Toplantı Odaları

Toplantı, insanlarla yüzyüze ilişkinin bir biçimidir. Toplantı biçimleri, insanların, çalışma yerlerinde, karşılaşılarak konuşmalarından, önceden hazırlanıp, oldukça resmi ve gelenekselleştirilmiş, pek çok insanın katılımı ile yapılan toplantılara kadar, çeşitlilik gösterir.

Toplantı sırasında yapılan eylemler, karşılıklı konuşma, okuma ve yazma biçiminde sıralanabilir. Toplantılar,

- hücrese bürolarda,
- açık planlı bürolarda, çalışma gruplarına yakın olarak düzenlenmiş ayrı bir bölümde,
- bina içinde, öteki mekanlardan bütünüyle ayrı olarak düzenlenmiş bir toplantı odasında, yapılabilir. Büyük büro binalarında, bütün personelin biraraya gelerek, toplantı yapabileceği mekanlara gereksinim duyulmaktadır. Bu nedenle, bu tip binalarda, genellikle, binanın niteliğine ve büyüklüğüne göre, bir ya da birden fazla toplantı odası bulunmaktadır.

Toplantı odalarının büyüklükleri, kişi sayısına göre çeşitlilik gösterir. Bir kişi için gerekli alan, ortalama, 1.5-2.0 m² arasındadır. Böylece, 8-12 kişilik bir toplantı odası için, ~24 m² ve 15-20 kişilik bir toplantı odası için ise, ~40 m² alan gerekmektedir.



Şekil 1.8. 8-12 ve 15-20 kişilik toplantı odaları

Bunlara ek olarak, bir toplantı odası, bulunduğu büro binasına, saygınlık kazandırabilecek bir öge olarak da önemlidir. Bu nedenle, toplantı odalarının işlevlerinin yanı sıra, kişiler üzerinde bırakacağı etki de oldukça önem taşır.

2. BÜROLARDA AYDINLATMANIN ÖNEMİ VE GÖRSEL KONFOR KOŞULLARI

Bürolar, insanların yaşamlarının büyük bir bölümünü geçirdikleri çalışma ortamları olmaları açısından, büyük önem taşıyan mekanlardır. Bu nedenle, kişilerin buldukları büro mekanlarında, yaptıkları işlerin niteliğine göre, olabildiğince yorulmadan, istekli ve verimli bir biçimde çalışmalarının sağlanması; bir başka deyişle, uygun fizik ortam koşullarının oluşturulması gerekmektedir.

İnsanın, dış dünya, uzak ve yakın çevre ile olan ilişkisinde, %95 gibi büyük bir oranı kapsayan, en önemli algılama biçimi, görsel algılamadır. Bürolar, çeşitli görsel eylemlerin gerçekleştirildiği mekanlardır. Bu nedenle, bürolarda, fizik ortam koşullarından biri olan görsel konforun sağlanması, öncelikle, önem taşıyan bir konudur. Görsel konfor ise, büroların işlevlerine göre, aydınlatma tekniği yönünden, iyi görme koşullarını sağlayacak düzenlerin oluşturulması ile olanaklıdır.

Bir mekanda aydınlatma düzeni, kullanıcılar ve mekanın işlevi ile uyum içerisinde olmalıdır. Bu konu, özellikle, büro gibi, yüksek verimde çalışmanın sağlanmasını gerektiren mekanlarda önemlidir. Tekniğine ve mekanın işlevine uygun bir aydınlatma düzeni ile, mekanın kolayca algılanabilmesi ve rahat bir çalışma ortamı sağlanabilir. Böylece, kişilerin dikkatinin dağılmaması, daha etkin ve hızlı çalışarak iş veriminin artması ve kişilerin isteyerek, severek çalışabilmeleri gibi sonuçlar elde edilebilir. Ayrıca, görme eylemini uzun süre sürdürmekten kaynaklanabilecek, gözde yanma, ağrı, baş ağrısı vb. rahatsızlıklar önlenir.

Bunlara ek olarak, aydınlatma, mekanın iç mimari düzenlemesine büyük katkısı olan bir konudur. Bu nedenle, büro mekanının işlevine göre, iç mimariye uygun, gerektiğinde ilgi çekici, ferah ve rahat algılanabilen bir ortam oluşturabilecek bir aydınlatma düzeni getirilmelidir.

Görsel algılamının eksiksiz bir biçimde gerçekleştirilmesinde, yani, iyi görme koşullarının sağlanmasında rol oynayan görsel konfor etkenleri,

- aydınlığın niceliği,
 - aydınlığın niteliği,
 - ışıklılık,
 - çevrede yeralan yüzey özellikleri (parlaklık, matlık),
- olarak sıralanabilir.

2.1. Aydınlığın Niceliği

Aydınlığın niceliği, ışığın azlığı, çokluğu ile ilgili bir kavramdır ve “aydınlık düzeyi” deyimini ile anlatılır. Bir hacimde, gereksinim duyulan aydınlık düzeyini, o hacimde yapılan eylemler, dolayısıyla, hacmin işlevi belirler.

Bürolarda yapılan eylemler gözönüne alındığında, genel olarak, yatay ve döşemeden ~ 0.85 m. yükseklikte bulunan çalışma düzlemindeki aydınlık düzeyi düşünülmelidir. Büro binalarında, genel aydınlatma için önerilen ortalama yatay aydınlık düzeyleri, Tablo 2.1.’de gösterilmektedir.

Tablo 2.1. Büro Mekanlarında Önerilen Ortalama Yatay Aydınlik Düzeyleri
(CIBSE Code For Interior Lighting, 1994).

Büro Mekanı	Aydınlık Düzeyi (lm/m ²)
Hücresele Bürolar	500
Grup Bürolar	500-750
Açık Planlı Bürolar	750
Toplantı Odaları	500
Bilgisayar Kullanılan Bürolar	300-500

Tablo 2.1'deki aydınlık düzeyi değerleri,

- a) Bakılan nesne, ne kadar ufaksa ve ne kadar uzakta ise,
- b) Nesne ve arka planın rengi ne kadar koyu ise,
- c) Nesne ile arka plan arasındaki karşıtlık (renk, ışıklılık) ne kadar düşük ise,
- d) Görme süresi ne kadar uzun ise,
- e) Görülmesi gereken nesne hareketli ise ve ne kadar hızlı hareket ediyorsa,
- f) Görme eylemini gerçekleştiren kişi ne kadar yorgun ve ne kadar yaşlı* ise, o oranda arttırılmalıdır.

2.2. Aydınlığın Niteliği

Yukarıda değinilen aydınlığın niceliği konusu, tek boyutlu (karanlıktan aydınlığa doğru değişen) bir kavramdır ve aydınlığın azlığını, çokluğunu ifade eder. Görme organı, bu değişime, gözden beyne ulaşan sistemde, değişik kademelerdeki ayarlamalarla, büyük oranda uyabilir. Yani, görme organı, her durum ve koşulda, kendiliğinden, “uyuma” işlemini yapar.

Aydınlığın niteliği ise, çok boyutlu ve karışık bir kavramdır. Aydınlığın niteliğinin, görsel algılama konu ya da konularının özelliklerine göre belirlenmesi gerekir. Böylece, görme koşulları, en iyi biçimde sağlanmış olur.

Görsel algılama konusunun, yani, görülmesi gereken nesnelere bütününe özelliklerine uygun olmayan bir aydınlık niteliği, gerekli görme koşullarını sağlayamaz. Yukarıda da belirtildiği gibi, görme organı, aydınlığın niceliğine göre, kendiliğinden uyuma yapabiliyorken, kesinlikle, yanlış nitelikteki aydınlıklara uyuma yaparak, görme koşullarını düzeltemez. Bu nedenle, iyi görme koşullarının sağlanmasında, aydınlığın niteliği, çok büyük önem taşır. Aydınlığın niteliğinin yanlış belirlenmesi durumunda, görsel algılama,

* Tablo 2.1.de yer alan değerler, 40 yaşındaki kişiler için geçerlidir. Aydınlık gereksinimi, 50 yaş için iki, 60 yaş için beş katına çıkar.

yanlış olur. Nesne ya da nesne grubu, gerçek niteliğine uymayan, tamamen değişik bir biçim, renk ya da yapıda algılanabilir (Sirel Ş., *Aydınlığın Niteliği*, YFU Yayınları, 1992).

Büro aydınlatmasında, aydınlığın niteliği, önemle üzerinde durulması gereken bir konudur. Bürolarda, görsel konforun sağlanması ve görsel eylemlerin gerektiği gibi gerçekleştirilebilmesi yönünden, aydınlığın niteliğinin, doğru bir biçimde belirlenmesi gerekmektedir.

Aydınlığın niteliği ile ilgili konular,

- Aydınlatma ışığının rengi (tayfsal yapısı),
- Aydınlatma ışığının doğrultusal yapısı ve aydınlıkta oluşan gölgelerin niteliği,
- Aydınlatma düzeyi dağılımları,

olmak üzere, üç temel başlıkta ele alınabilir.

2.2.1. Aydınlatma Oluşturan Işığın Rengi (Tayfsal Yapısı)

Aydınlatma oluşturucu ışığın, “rengi” ile “tayfsal yapısı” sözcükleri eş anlamlı olarak kullanılıyorsa da, bunların birbirlerinden ayrı kavramlar olduğu belirtilmelidir. Her tayfsal yapının, belli bir rengi vardır. Ancak, belli bir ışık rengi, çok değişik tayfsal yapılarla elde edilebilir. Bunun nedeni, görme organının, rengi algılama biçiminin tayfsal yapıya bağlı olmayıp, belli bir üçlü değerlendirme sistemine bağlı olmasıdır.

Nesnelerin görünen rengi, yani, bu nesnelere yansıtılarak ya da geçerek göze gelen ışığın rengi, bu nesnelere aydınlatan ışığın tayfsal özelliklerine bağlıdır. Değişik renklerde nesnelerin yer aldığı bir mekanda, tüm renklerin gerçek renklerinde (öz renklerinde) görünmesini sağlamak için, bu renkli nesnelere aydınlatan ışığın renksel niteliğinin doğru olarak belirlenmesi gerekir.

Aydınlığı ouşturan ışığın, renksel niteliğinin saptanmasında, temelde;

- ışığın rengi,
- ışığın renk sıcaklığı,
- ışığın renksel geriverim indeksi,

belirlemeleri kullanılmaktadır.

Işığın rengi

Bir ışık kaynağının yayımladığı ışığın rengi sözkonusu olduğunda, “sıcak ışık” ve “soğuk ışık” deyimleri kullanılır. Genel olarak, güneş ışığı, akkor lambaların pembemsi sarı ışığı vb. renkteki ışıklar, “sıcak ışık”; kapalı gök ışığı ve buna benzer renkteki ışıklar ise “soğuk ışık” olarak nitelendirilebilir.

Işığın renk sıcaklığı

Bir ışığın renk sıcaklığı (T_c), kısaca, aynı renksellikte bulunan kara cismin sıcaklığı olarak tanımlanır ve Kelvin (K) derecesi ile belirlenir (Sirel, Ş., Aydınlatma Terimleri, Üçüncü Basım, 1984).

Bir ışık kaynağının renk sıcaklığının belirlenmesi, yayımladığı ışığın rengi açısından önem taşır. Renk sıcaklığı bilindiğinde, ışığın rengi de saptanabilir. Uygulama açısından, ışık kaynaklarının renk sıcaklığı, CIE (Commission Internationale de l’Eclairage-Uluslararası Aydınlatma Komisyonu) tarafından aşağıda belirtilen biçimde, üç bölüme ayrılmıştır:

Renk sıcaklığı < 3300 K	Sıcak renkli ışık
3300 K < Renk sıcaklığı < 5000 K	İlık renkli ışık
5000 K < Renk sıcaklığı	Soğuk renkli ışık

Işığın renksel geriverim indeksi

Bir ışık kaynağının yayımladığı ışığın, tayfsal yapısı konusunda, daha kesin bir belirleme, renksel geriverim indeksi (R_a) saptanması ile olanaklıdır. Işık kaynağının renksel geriverimi, o kaynağın ışık akısının, CIE'nin saptadığı sekiz tayfsal alana dağılışına bağlı olarak belirlenmektedir. Sözkonusu indekste, kaynakların olabilecek, renksel geriverim değerlerine göre 4 ana bölüm oluşturulmuş olup, bunlara ilişkin sayısal değerler ve belirlemeler, Tablo 2.2'de verilmiştir (CIBSE Code For Interior Lighting, 1994).

Tablo 2.2.

Renksel Geriverim Sınıfı	CIE Renksel Geriverim İndeksi(R_a)	Uygulama Alanı
1 (Çok iyi) 1A 1B	$R_a > 90$ $80 < R_a < 90$	Hassas renk eşleme, renkli baskı, müze vb., doğru renk görmenin zorunlu olduğu hacimler.
2 (İyi) 2A 2B	$70 < R_a < 80$ $60 < R_a < 70$	Doğru renk görmenin önemli olduğu hacimler.
3 (Orta)	$40 < R_a < 60$	Doğru renk görmenin pek önemli olmadığı fakat, belirgin renk dönmelerinin istenmediği hacimler.
4 (Kötü)	$20 < R_a < 40$	Doğru renk görmenin önemli olmadığı ve renk dönmelerinin kabul edilebildiği hacimler.

Kapalı bir mekan içine, pencerelerden giren günışığının (güneş ışığı + gök ışığı) renksel niteliği, kuramsal beyaz ışığa yakın, oldukça düzgün tayflı beyaz ışıktır. Güneşin olmadığı durumlardaki gök ışığı ise, soğuk nitelikte ve açık mavi renktedir.

Bürolarda, genel aydınlatma açısından, günışığı kullanımı, renksel niteliği yönünden uygundur. Ancak, günışığının niceliğinin yetersiz olduğu durumlarda devreye giren yapay aydınlatma düzeninde de, ışık rengi açısından, günışığına benzeyen, tayfi düzgün ve renksel geriverimi yüksek ışık kaynakları kullanılmalıdır.

2.2.2. Aydınlığı Oluşturan Işığın Doğrultusal Yapısı ve Aydınlıkta Oluşan Gölgelelerin Niteliği

Belli bir düzlem üzerine düşen ışık akısı, tek bir doğrultudan, birkaç doğrultudan ya da sonsuz doğrultulardan gelebilir. Aynı zamanda, bunların, değişik oranlarda karışımları da söz konusu olabilir. Bu özellik, ışığın doğrultusal yapısıdır (Sirel, Ş., Aydınlığın Niteliği, 1992).

Bir düzlem üzerine düşen ışık akısı;

- Tek bir doğrultudan ya da birbirleri ile ufak açılar yapan bir doğrultu demetinden geliyorsa, **doğrultulu ışık alanı**,
- Birçok ya da sonsuz doğrultulardan geliyorsa, **yayınık ışık alanı**,
- Her iki durum da, değişen oranlarda, birlikte oluyorsa, **baskın doğrultulu ışık alanı**, oluşur.

İrili ufaklı nesnelere, üçboyutlu dokularda, kırık ya da bükümlü yüzeylerde, ışığın doğrultusal yapısına göre, değişik biçimde ve özellikle, gölgeler oluşur. Bu gölgeler, görsel algılamamızın iyi ya da kötü olmasında önemli rol oynar.

Kapalı bir mekan içinde, ışık kaynağı gölge atan nesneye uzak ve/ya da boyutu küçükse, bu aydınlıkta oluşan gölge, sert; ışık kaynağı yakın ve boyutu büyükse, gölge niteliği, yumuşak olur. Bu tür gölgeler, mekanın iç yüzeylerinden ve öteki nesnelerin yüzeylerinden yansıyan ve/ya da aynı mekan içindeki bir başka ışık kaynağından gelen ışık ile aydınlandığında, sert-saydam ve yumuşak-saydam; hiçbir biçimde aydınlanmadığı durumda ise, sert-kara ve yumuşak-kara olarak adlandırılır.

Bürolarda, genelde, yayınık ışık alanı oluşturan bir aydınlatma düzeni kurulması ve gölgesiz bir aydınlık oluşturulması gerekir.

Açık mekânlarda, günışığı (güneş ışığı + gök ışığı), baskın doğrultulu bir ışık alanı oluştururken, kapalı gök koşulunda (yalnız gök ışığı) ise, yayınlık ışık alanı oluşur. Baskın doğrultulu ışık alanında oluşan gölgelerin niteliği, genel olarak, yumuşak-saydam olurken, yayınlık ışık alanında gölge oluşmaz. Kapalı mekânlarda, pencereler, ışık kaynağı durumuna geçer. Pencerelerin konumuna, boyutlarına ve gök koşullarına göre, gölge niteliği ve ışığın doğrultusal yapısı değişir. Doğal aydınlatma düzenleri ile istenen gölge niteliği ve doğrultusal yapının elde edilmesi, genellikle, özel düzenlemeler dışında, hemen hemen olanaksızdır.

2.2.3. Aydınlık Düzeyi Dağılımları

Bir mekânda, aydınlık düzeyinin, birbirinden değişik nitelikler gösteren, temelde, iki ayrı dağılım özelliğinden sözedilebilir. Bunlar, genel aydınlatma ve bölgesel aydınlatma olarak adlandırılır. Genel aydınlatma ise, düzgün ve değişken yayılmış genel aydınlatma olarak iki biçimde ele alınabilir.

Bürolarda, mekânın her bölgesindeki işlevin, dolayısıyla, aydınlık gereksiniminin benzer olduğunu gösteren, düzgün yayılmış genel aydınlatma yapılmalıdır. En az aydınlık düzeyinin, en çok aydınlık düzeyine oranının 0.80'den büyük olması durumunda ($E_{min}/E_{ort}=0.80$), aydınlık düzeyi, düzgün yayılmış varsayılır. Ancak, yalnızca, çalışma düzlemi üzerinde, yüksek aydınlık düzeyi istenen durumlarda, belli düzeyde, genel aydınlatmaya ek olarak, bölgesel aydınlatma yapılabilir. Bölgesel aydınlatma düzeyi, genel aydınlatma düzeyinden daha yüksek olmalı ve bölgesel aydınlatma için sıcak renkli bir ışık kaynağı kullanılmalıdır. Bir mekânda, belli bir süre için, yalnızca, bölgesel aydınlatma gereksinimi olsa bile, belli düzeyde genel aydınlığın eşlik etmesi, ışıklılık karşılıklarından doğabilecek yorulmaların önlenmesi açısından, gereklidir. Bölgesel aydınlatmaya eşlik etmesi gereken genel aydınlatmanın minimum düzeyi, $E_{gen}=\sqrt{10 \cdot E_{bol}}$ formülü ile hesaplanır (Sirel, Ş., Mimarlık Öğretiminde Aydınlatma Dersleri, 1983).

Yandan pencerele hacimlerde, hacmin derinliklerine doğru azalan günışığının, çalışma düzlemi üzerindeki dağılımı, düzgün yayılmamış genel aydınlatma niteliği gösterir. Ayrıca, doğal aydınlatma düzenleri ile bölgesel aydınlatma yapmak, yine, özel düzenlemeler dışında, hemen hemen olanaksızdır.

2.3. Işıklılık

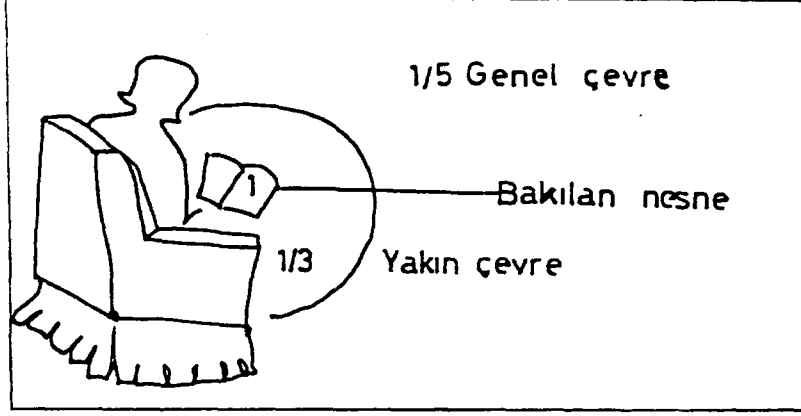
Bir mekanda, aydınlığın nicelik ve nitelik olarak uygun koşulları sağlıyor olması, görsel konforun tam olarak sağlanması için yeterli değildir. Çünkü, insanlar çevrelerindeki nesne ve yüzeyleri, görünen tek ışıkölçümsel büyüklük olan ışıklılıkları ile algırlar.

İyi bir görsel algılama için, ışıklılık karşıtlığı, gerekli bir etkidir. Örneğin, bir iç mekanda, hiçbir karşıtlık olmasaydı (iç yüzeyleri tümüyle beyaz olsaydı), o mekânın, biçimini ve iç görünüşünü algılamak zor olurdu. Buna karşın, görme alanındaki çok yüksek bir ışıklılık karşıtlığı da, aynı biçimde rahatsız edicidir ve kamaşmaya neden olabilir.

Bürolarda, ışıklılık karşıtlıklarının neden olduğu bu olumsuz etkilerin ortadan kaldırılması ve görsel algılama açısından uygun bir çevrenin oluşturulabilmesi için, görme alanına giren değişik yüzey ve nesnelerin ışıklılıkları arasında, belli oranların olması ve bunların belirli sınırlar içinde kalması gerekir. Sağlanması gereken karşıtlık oranları, aşağıdaki biçimde olmalıdır:

- Bakılan nesne ile yakın çevre arasında (30°), 1/3-1/5,
- Bakılan nesne ile uzak çevre arasında (90°), 1/5-1/10,
- Görme alanındaki en yüksek karşıtlık oranı (120°), 1/40.

(Şerefhanoglu, M., Konutlarda Aydınlatma, 1972).



Şekil 2.1. Görme alanındaki ışıklılık karşıtlığı oranları (Illuminating Engineering, 1969)

2.4. Çevrede Yer alan Yüzeylerin Özellikleri

Görsel konforu etkileyen önemli bir konu da, çevrede yer alan yüzeylerin özellikleridir. Bir büro mekanının iç yüzeylerinin ve mekanda bulunan nesnelerin,

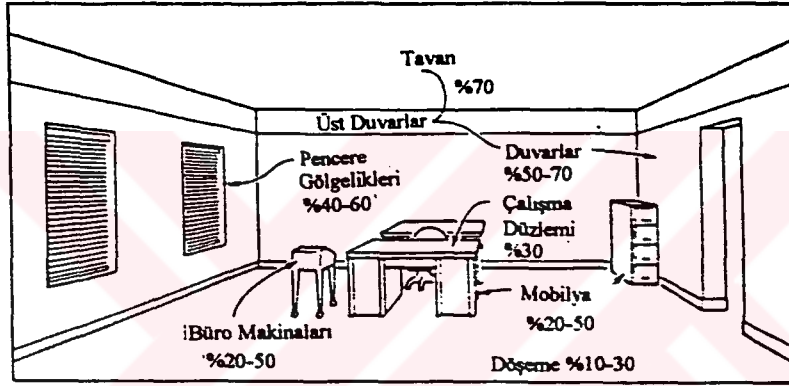
- ışık yansıtma çarpanı,
- ışık yansıtma biçimi,

görsel konforu etkileyen etkenlerdir.

2.4.1. Işık Yansıtma Çarpanı

İç yüzeylerin ve nesnelerin yansıtma çarpanları, hacimdeki ortalama aydınlık düzeyine katkı, ışıklılık karşıtlıkları ve renk etkileşimi açılarından önem taşır. Buna bağlı olarak, özellikle, grup ve açık planlı bürolarda olduğu gibi, geniş alan kaplayan iç yüzeylerin ışık yansıtma çarpanları, görsel konforu etkileyen önemli bir etkidir. Bir hacimde, iç yüzeylerin yansıtma çarpanlarının, belli değerler arasında olması gerekmektedir. Büro hacimlerinin iç yüzeyleri için önerilen yansıtma çarpanı değerleri;

Tavan: 0.70 ve daha fazla,
Duvar: 0.50 - 0.70,
Pencereli duvar: 0.60 ve daha fazla,
Perde vb. elemanlar: 0.40 - 0.60,
Döşeme: 0.10 - 0.30,
Çalışma düzlemi: 0.30 ve daha fazla,
Mobilya ve büro makinaları: 0.20 - 0.50,
olarak sıralanabilir (International Lighting Review, 2/1993).



Şekil 2.2. Bürolarda, iç yüzeylerin yansıtma çarpanları

2.5.2. Işık Yansıtma Biçimi

Bir iç mekanda, yüzeylerin ışık yansıtma biçimleri, yani, mat ya da parlak olmaları görme alanında ışıklılık oranlarının değişimine yol açar. Düzgün yansıma yapan parlak yüzeylerde, çevrede yeralan yüksek ışıklılıktaki pencere yüzeyleri ve ışık kaynakları gibi nesnelerin görüntüsü oluşur. Yansıma nedeniyle oluşan bu görüntüler, çoğu kez, kamaşmaya neden olarak, bakılan nesne ve/ya da alanın yeterince iyi algılanamamasına yol açar. Bürolarda, özellikle, çalışma masaları vb. yüzeylerin neden olabileceği yansıma ile kamaşmadan kaçınmak için, bunların izotrop yayınlık yansıma yapan mat yüzeyler olması yeğlenmelidir.

3. BÜROLARDA AYDINLATMA DÜZENİ İLKELERİ

Aydınlatma düzeni, bir mekanın, iç mimari oluşumunda önemli bir etkidir. Büro yapılarında da, hacimlerin işlevine ve aydınlatma tekniğine uygun olarak kurulan aydınlatma düzenleri, mekanın iç mimari düzenlemesinin ayrılmaz bir parçasını oluşturur. Bu nedenle, büro yapıları ya da hacimlerinin aydınlatma düzenleri, mimari tasarım aşamaları sırasında ele alınmalıdır.

Büro yapıları ya da hacimlerinde aydınlatma düzenleri oluşturulurken, hacmin işlevine, boyutlarına ve kullanıcı sayısına bağlı olarak, gereken nicelik ve nitelikte aydınlık sağlamak amacıyla, seçilen lamba ve aydınlatma aygıtları, belirli bir düzene göre hacme yerleştirilir. Bürolarda kullanılması uygun olan lamba türü, flüoresan lambadır. Aydınlatma aygıtı olarak ise, değişik niteliklerde, flüoresan lambalı aygıtlar kullanılabilir. Genel olarak, bakış doğrultusuna koşturularak dizilmiş aydınlatma aygıtları, tavana gömülü, asılı ya da tavan yüzeyine tesbit edilmiş biçimde kullanılabilir. Büyük hacimlerde, geniş tavan yüzeyindeki aygıtların oluşturabileceği kamaşmadan kaçınmak için, ışık kaynaklarının görünmesi engellenmeli ve kamaşmaya karşı denetimli aygıtlar kullanılmalıdır. Bürolarda kullanılabilecek, flüoresan lamba ve aydınlatma aygıtlarına ilişkin ayrıntılı bilgi, Ek 1'de verilmiştir. Büro yapılarında bulunan, değişik işlevlere sahip, değişik boyutlardaki hacimlerde olması gereken aydınlatma düzeni temel ilkeleri aşağıda belirtilmiştir:

3.1. Büro Hacimlerinde Aydınlatma Düzeni

Büro hacimleri, genellikle, görsel eylemlerin ağırlık kazandığı hacimler olup, kullanıcı sayısına bağlı olarak çeşitli boyutlarda tasarlanabilir (Bkz. Bölüm 1.1). Büro hacimlerinde aydınlatma düzenleri, boyutlarına ve özelliklerine göre ayrımlar göstermesi nedeniyle, ayrı ayrı incelenecektir.

3.1.1. Hücresel Bürolarda Aydınlatma Düzeni

Hücresel bürolar, küçük boyutlu, genel olarak, 1-3 kişinin kullandığı hacimler olup, bu tür bürolarda, aydınlığın niceliği ve niteliğinin, görsel konfor koşullarına uygun bir biçimde sağlanması gerekmektedir (Bkz. Bölüm 2).

Hücresel bürolarda, genellikle, çalışan kişi ya da kişilerin konumları ve büro mobilyalarının yerleşimi, önceden belirlenmiştir. Bu nedenle, aydınlatma düzeni, mekanın tefrişine uygun olarak oluşturulmalıdır. Bu tür bürolarda, düzgün yayılmış bir genel aydınlatma, çoğu zaman gerekli olmayıp, özellikle, eylemin gerçekleştirildiği, masa yüzeyleri ve yakın çevresinin aydınlatılması önemlidir. Bu tür bir aydınlatma, genel aydınlatma düzeni ile sağlanabileceği gibi, özellikle, küçük hacimlerde, bölgesel aydınlatma ile de elde edilebilir. Yalnızca bölgesel aydınlatma yapılması durumunda, özellikle, büyük hacimlerde, hacmin iç yüzeyleri ile bakılan alan ve yakın çevresi arasındaki ışıklılık karşıtıklarından kaçınmak için, bölgesel aydınlatmaya göre daha düşük düzeyde bir genel aydınlatma yapılmalıdır.

Genel aydınlatma için kullanılacak aydınlatma aygıtları, tavana asılı, gömülü ya da tavan yüzeyine tesbit edilmiş, aygıtlar olabilirken; bölgesel aydınlatma için ise, masaya ya da öteki büro mobilyalarına bütünleşik biçimdeki sabit ya da hareketli aygıtlar kullanılabilir.

Özellikle, tek kişi (yönetici, üst düzey yetkilisi vb.) tarafından kullanılan hücresel bürolarda, tekniğine ve işlevine uygun bir aydınlatmanın yanı sıra, bu tür büroların saygınlık sağlayıcı bir öğe olarak nitelendirilmeleri nedeniyle, estetik amaçlı ve ilgi çekici aydınlatma düzenleri de uygulanabilir. Bu biçimde yapılan aydınlatma düzeni ile birlikte, hacmin çeşitli yerlerinde ışıklı objeler de oluşturulabilir. Bu ışıklı objeler, temel aydınlatma amacına yönelik olmayıp, görsel amaçlı olarak, hacmin dekoratif görünümüne katkıda bulunmak için tasarlanabilir.



Şekil 3.1. Hücresel Bürolarda Genel ve Bölgeik Aydınlatma Düzenleri

3.1.2. Grup ve Açık Planlı Bürolarda Aydınlatma Düzeni

Grup ve açık planlı bürolar, kişi sayısına bağlı olarak boyutları değişebilen, ancak, mekan niteliği olarak, birbirinden fazla ayrım göstermeyen mekanlar olmaları nedeniyle, aydınlatma düzeni açısından birlikte incelenecektir.

Bu tür bürolar, genellikle, çok sayıda çalışanın bulunduğu orta büyüklükte ya da büyük hacimler olup; mobilyalar, geometrik ya da organik düzenleme ile yerleştirilir (Bkz. Bölüm 1). Grup ve açık planlı büro hacimlerinde, genellikle, hacmin her yerinde aynı tür

işlevlerin yapılacağı varsayılarak, düzgün yayılmış bir genel aydınlatma düzeni oluşturulmalıdır. Ancak, hacmin tümünde eşit aydınlık düzeyi sağlayan genel aydınlatma, kimi zaman, hacmin kullanılmayan bölümlerinde enerji kaybına neden olmaktadır. Bunu önlemek için, gereken durumlarda, anahtarlama ya da dimmerleme sistemleriyle, hacmin kimi bölgelerinde aydınlık düzeyi azaltılabilir.

Özellikle, açık planlı bürolarda, bireyler ya da küçük gruplar için, bölücü elemanlarla, çeşitli çalışma bölümleri oluşturulabilir. Bu bölücü elemanlar, kimi zaman, çalışma masası + bölücü panel ya da bölücü panelle bütünleştirilmiş biçimde, masa + asılı dolap vb. gibi birleşik mobilyalar olup, kişiye ya da gruba özel bir çalışma mekanı meydana getirir.

Bu biçimde düzenlenmiş grup ya da açık planlı büro hacimlerinde, yalnızca genel aydınlatma yapıldığında, çalışma düzlemi üzerinde, bölücü panel ya da dolapların gölgeleri oluşabilir. Bölücü panel ya da dolapların hacmin yüksekliğine göre, fazla yüksek olmaması durumunda, oluşabilecek gölgelerin saydamlaşacağı dikkate alınmalıdır. Ancak, yine de çalışma düzlemi üzerinde istenmeyen bu gölgelerin önlenmesi için, bakılan alan ve yakın çevresinin bölgesel olarak aydınlatılması gerekir.

Grup ve açık planlı bürolarda uygulanabilecek bir başka aydınlatma düzeni ise, yalnızca, çalışma düzlemlerini aydınlatan bölgesel aydınlatma düzeni oluşturularak elde edilebilir. Ancak, bu durumda, hacmin öteki bölümlerinde ve sirkülasyon alanlarında, belli düzeyde aydınlık sağlayacak bir genel aydınlatma düzeni oluşturulmalıdır (Bkz. Bölüm 2.2.3). Burada, genel aydınlatmanın amacı, çalışma düzlemi ve yakın çevresinin ışıklılığı ile hacmin ışıklılığını dengede tutarak, olabilecek kamaşmaları önlemektir.

Günüşiği alan büro hacimlerinde, günüşiği aydınlığından yararlanma söz konusudur. Bu durum, hücreli bürolarda daha kolay olmasına karşın, grup ya da açık planlı büroların daha derin hacimler olması nedeniyle, pencere bölgesinden uzaklaştıkça, günüşiği aydınlığının niceliği azalır. Azalan günüşiği niceliğini desteklemek üzere, günüşiği ve lamba ışığının birlikte kullanıldığı bütünleşik aydınlatma sistemlerinden yararlanılmalıdır.

Derinliği fazla olan büro hacimlerinde, gnği etkisi çok az olacağından, gnği, lamba ışığına destek olacak biçimde, bütünleşik aydınlatma düzenleri oluşturulur. Küçük hacimlerde ise, lamba ışığı gnğina destek olmaktadır. Değişen koşullara bağlı olarak, hacimde bulunan ışık kaynakları, sıra ile ya da grup biçiminde, elle ya da otomatik olarak, dimmerleme ya da anahtarlama sistemleri kullanılarak denetlenebilir. Bu biçimde oluşturulan bütünleşik aydınlatma sistemleri, özellikle, enerji tasarrufu açısından önemlidir (Bkz. Ek 4).



Şekil 3.2. Grup ve Açık Planlı Bürolarda Aydınlatma Düzenleri

3.2. Toplantı Odalarında Aydınlatma Düzeni

Toplantı odaları, büro yapılarının niteliğine ve çalışan kişi sayısına göre, çeşitli büyüklükte olup, çoğunlukla, yapıya saygınlık kazandırmak amacıyla, özenle tasarlanan mekanlardır. Bu nedenle, toplantı odalarında aydınlatma düzeni, tekniğine uygun olmanın yanı sıra, mekanın iç mimari biçimlenişine de katkıda bulunmalıdır.

Toplantı odalarında aydınlatma düzeni, özellikle, toplantı masası ve çevresinde oturan kişileri aydınlatacak biçimde olmalıdır. Toplantı masasının çevresinde oturan kişiler, birbirlerini rahatsızlık duymadan görebilmeli, kişilerin yüzlerinde, sert ve kara gölgeler oluşmamalıdır. Bu durumda, bu tür hacimlerde silindirel aydınlık söz konusu olup, nicelik ile ilgili hesaplamalar, buna göre yapılmalıdır. Aydınlatma aygıtları, tavanda özellikle masa üzerinde ve/ya da masanın biçimi ve kişilerin oturma düzenine uygun bir geometride yerleştirilmelidir.

Ayrıca, slayt gösterimi vb. gibi düşük aydınlık düzeyi gerektiren durumlar için, aydınlatma düzeninin elle ya da otomatik olarak anahtarlanabilir ya da dimmerlenebilir olması gerekir.

Bu tür hacimlerde, genelde, yatayda belli düzeyde aydınlığın sağlanmasına gereksinim olmasına karşın; eğer, hacim içinde sergilenen nesnelere ve duvara asılı pano, çizelge vb. elemanlar bulunuyorsa, düşeyde de belli düzeyde aydınlığın sağlanması gerekir.



Şekil 3.3. Toplantı Odasında Aydınlatma Düzeni

3.3. Bilgisayar Kullanılan (Monitörlü) Bürolarda Aydınlatma Düzeni

Günümüzde, her alanda yaygınlaşan bilgisayar kullanımı, bürolarda da bilgisayar ile çalışmayı zorunlu kılmıştır. Bilgisayar kullanılan bürolarda aydınlatma düzeni, öteki bürolardaki aydınlatma düzenlerine göre çeşitli ayrımlar göstermektedir. Bu nedenle, bu tür bürolarda aydınlatma düzeni, ayrı olarak ele alınıp, incelenmelidir.

Bu tür hacimlerde, yapılan eylemler, doğrudan doğruya bilgisayar kullanımına yönelik olduğundan, öncelikle, monitör ekranının iyi izlenebilmesi ve klavye üzerindeki tuşlar ile

dökümanların rahatlıkla okunabilmesi gerekmektedir. ("Monitör" sözcüğü, çeşitli kaynaklarda, VDT-Video Display Terminal, VDU-Video Display Unit, CRT - Cathode Ray Tube - Display Terminal gibi terimlerle anılmaktadır.)

Monitör ekranı, kullanıcıya göre, genellikle, düşey ya da düşeyle belli açı yapan eğimli bir konumda olup, renkli ya da siyah-beyaz olabilir. Ekran yüzeyi, genelde, düzgün yansıma yapan bir yüzeydir ve düzlem ya da eğrisel (dışbükey) biçimli olabilir.

Monitör ekranı, bu çok çeşitli özellikleri nedeniyle, hacmin iç yüzeyleri, hacimde bulunan pencerelerin konumları ve aydınlatma aygıtlarının ışıklılıklarından etkilenerek, öteki hacimlerde karşılaşılmayan kimi sorunların ortaya çıkmasına neden olabilir.

Bu sorunların en önemlisi, çevrede yer alan ışık kaynaklarının, aydınlatma aygıtlarının, pencerelerin, aydınlatılmış ya da yansıma çarpanı yüksek olan iç yüzeylerin ve kullanıcıların açık renkli giysilerinin görüntülerinin ekran üzerinde yansımalarıdır. Monitör ekranı üzerinde oluşabilecek bu tür görüntüler (yansıyan ışıklılıklar), maskeleye yansımalarına yol açarak, ekran üzerindeki bilgilerin okunmasını zor, hatta, imkansız kılabilir.

Önemli olan bir başka konu ise, klavye tuşlarının mat olmasının sağlanması ve görme alanı içinde, düzgün yansıma yapan nesne ya da yüzeylerin bulunmasının önlenmesidir.

Bilgisayar kullanılan hacimlerde, monitör ekranı üzerinde oluşabilecek yansılardan kaçınmak için, alınabilecek önlemler, uygun bir aydınlatma düzeninin yanı sıra, monitör ve öteki bilgisayar ekipmanının özellikleri ve bunların hacim içindeki konumu ile ilgilidir. Monitör ekranı üzerinde oluşabilecek yansımaları önlemek amacıyla, günümüzde, çeşitli özelliklerde ekran filtreleri geliştirilmiş ve kullanılmaktadır. Bu filtrelerin ekran üzerine takılmasıyla, istenmeyen yansımalar önlenebilir. Bilgisayar ekipmanının tümü, mat ve orta koyulukta (değerde) malzemeden üretilmiş olmalıdır. Monitör, ekranın yönünün değiştirilebilmesine olanak sağlayacak biçimde, hareketli olarak tesbit edilmelidir.

Monitör, günışığı kaynağı olan pencerelerden olabildiğince uzağa yerleştirilmelidir. Ekran ile pencere arasında olabilecek ışıklılık karşıtlığından kaçınmak için, bilgisayarı kullanan kişinin yüzü, pencere yüzeyine dönük olmamalıdır. Ayrıca, pencere yüzeylerinde, perde ya da gölgelik vb. pencere ışıklılığını azaltıcı elemanlardan yararlanılmalıdır.

Bilgisayar kullanılan hacimlerde, dikkat edilmesi gereken en önemli konulardan biri, tavan yüzeyinde ışıklılık karşıtlıklarının olmaması, ışıklılığın düzgün yayılmış olmasıdır. Bunun yanısıra, ışık kaynaklarının doğrudan görme alanı içine girerek ya da ekran üzerinde yansiyarak, kamaşmaya neden olması da önlenmelidir.

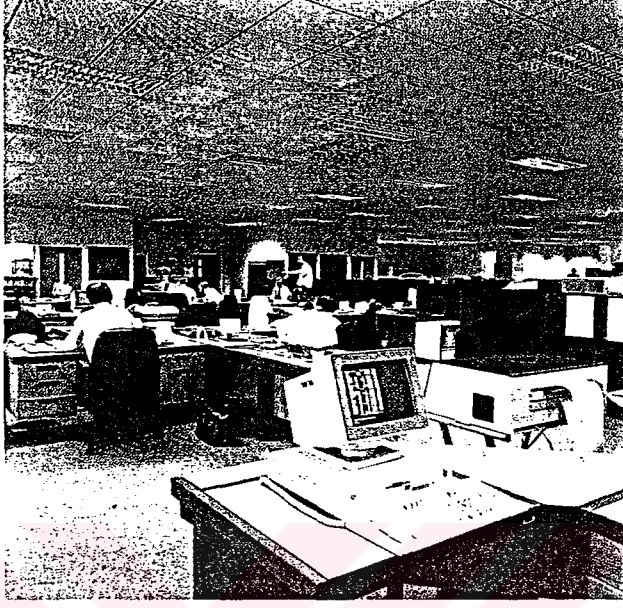
Bu tür hacimlerde yapılan aydınlatma düzeni, ister dolaylı, ister dolaysız aydınlatma biçimi ile olsun, yukarıda sıralanan koşulların sağlanması gerekir. Dolaylı aydınlatma biçiminin kullanılması, tavan yüzeyinde eşit ve düzgün yayılmış bir aydınlık sağlayarak, ışıklılık karşıtlıklarının oluşmasını önler. Dolaysız aydınlatma yapılan hacimlerde ise, kullanılan aygıtların türü önem taşır (Bkz. Ek 1).

Bilgisayar kullanılan büro hacimlerinde, görsel algılama açısından uygun bir çevrenin oluşturulabilmesi için, sağlanması gereken ışıklılık karşıtlığı oranları aşağıda belirtilmiştir (IES Lighting Handbook, Application Volume, 1987):

- Dökümanlar ile monitör ekranı arasında 1-1/3
- Eylem alanı ile yakın karanlık çevre arasında 1-1/3
- Eylem alanı ile yakın ışıklı çevre arasında 1-3
- Eylem alanı ile uzak karanlık yüzeyler arasında 1-1/10
- Eylem alanı ile uzak ışıklı yüzeyler arasında 1-10

Hem bilgisayar kullanılan, hem de öteki büro eylemlerinin yapıldığı hacimlerde, bilgisayarların, hacmin bir bölümünde toplanması önerilir. Böylece, ayrı çalışma grupları için, uygun aydınlatma düzenleri uygulanabilir. Bunun olanaklı olmadığı durumlarda, genel aydınlatmanın yanı sıra, klavye ile okunan dökümanları aydınlatan bölgesel

aydınlatma uygulanmalıdır. Bölgeik aydınlatmanın dimmerlenebilir olması da kullanıcının gereken durumlarda, aydınlık düzeyini arttırıp, azaltabilmesi açısından önemlidir.



Şekil 3.4. Monitör Kullanılan Bürolarda Aydınlatma Düzeni

4. DEĞİŞİK BOYUTLARDAKİ BÜRO HACİMLERİNİN AYDINLATMA DÜZENLERİ AÇISINDAN İNCELENMESİ ve DEĞERLENDİRİLMESİ

3. bölümde, bürolarda, aydınlatma düzeni kurulurken, gözönüne alınması gereken temel ilkeler ortaya konmuştur.

Bu bölümde ise, değişik boyutlarda büro hacimleri belirlenerek; bu hacimler için, doğal, yapay ve bütünleşik aydınlatma düzenleri kurulup, incelenmiş ve değerlendirilmiştir.

İncelenen hacimlerin boyutları, 1.Bölüm'de belirtilen büro tipleri ve mimari tasarımda sıklıkla kullanılan 1.25 m.lik modül boyutu gözönüne alınarak, belirlenmiş ve Tablo 4.1'de verilmiştir. A1, A2 hacimleri, **hücre**sel; B1, B2 ve C1, C2 hacimleri ise, **grup** büro sınıfına girmektedir.

Tablo 4.1. İncelenen hacimlerin boyutları

Hacim	Genişlik (m.)	Derinlik (m.)	Yükseklik (m.)
A1	3,75	5,00	2,60
A2	3,75	6,25	2,60
B1	7,50	5,00	2,60
B2	7,50	7,50	2,60
C1	11,25	7,50	2,60
C2	11,25	12,50	2,60

Pencere genişliği tüm hacimlerde, 1.25 m.lik modülün katı olan 3.125 m., yüksekliği ise 1.50 m. olarak belirlenmiştir. Doğraması metaldir. Pencere camı, çift cam olup, ışık geçirme çarpanı 0.75' dir.

Tüm hacimlerin iç yüzeylerinin yansıtma çarpanları, tavan : 0.70, duvarlar : 0.50, döşeme : 0.20 olarak belirlenmiştir. Çalışma düzlemi yüksekliği ise, 0.85 m.dir.

Çalışma düzlemi üzerinde sağlanması gereken minimum aydınlık düzeyi; hücresele büro tipi için 500 lm/m^2 , grup büro tipi için ise, $500\text{-}750 \text{ lm/m}^2$ 'dir (Bkz. Bölüm 2.1).

Bu çalışmada, günışığı ve lamba ışığının oluşturdukları aydınlıkların hacim içindeki dağılımını hassas bir biçimde belirleyebilmek ve buna bağlı olarak, iki ışığın birlikte kullanımına ilişkin bütünleşik aydınlatma düzenleri kurabilmek amacıyla, günışığı ve lamba ışığı ile noktada aydınlık düzeyi hesapları yapılmıştır.

• **Günışığının Noktada Oluşturduğu Aydınlığın Hesaplanması :**

Günışığının, herhangi bir gözleme noktasında oluşturduğu aydınlık düzeyinin hesaplanabilmesi için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemler arasındaki ayrımların temel nedeni, ışık kaynaklarının ve gök koşullarının seçimidir. Temelde, dört gök koşulu seçilmektedir. Bunlar ;

- Ortalama Gök
- CIE Ölçün Açık Göğü
- CIE Ölçün Kapalı Göğü
- Tekdüze (uniform) Gök

olarak sıralanabilir.

Tekdüze Gök'ün düşüncel bir gök olması; CIE Ölçün Açık Göğü'ne göre yapılan hesapların, Kapalı Gök koşuluna oranla büyük ayrımlar göstermesi; Ortalama Gök koşulunun halen üzerinde çalışmalar sürdürülen yeni bir gök koşulu olması ve tasarlamada "kabul edilebilir" minimum koşulların geçerliliği; CIE Ölçün Kapalı Gök koşulunun "Tasar Göğü" olarak alınmasını gerektirmektedir. Bu nedenle, bu çalışmada, günışığı aydınlık düzeyine ilişkin hesaplamalar, CIE Ölçün Kapalı Gök koşuluna göre yapılmıştır. CIE Ölçün Kapalı Gök koşulunda, ışıklığı, başucunda (zenit), ufka göre üç kat daha fazla olan; yani, ışıklılık dağılımı tekdüze olmayan gök, ışık kaynağı olarak alınmaktadır (Ünver, R., Düşey Pencerele Hacimlerde Yatay Düzlemdeki Doğal Aydınlığın, Günışığı Çarpanına Bağlı Olarak Hesaplanması, 1984).

Günişığı aydınlık düzeyi hesaplarının, yıl boyunca güneşin en dik açı ile geldiği ve günüşiğinden yararlanma süresinin en uzun olduğu 21 Haziran ile, yıl boyunca güneşin en eğik açı ile geldiği ve günüşiğinden yararlanma süresinin en kısa olduğu 21 Aralık günleri için yapılması uygun görülmüştür. Bu günlerde, hesaplama yapılacak saatler, büroların, genellikle, 9.00-17.00 saatleri arasında açık olduğu gözönüne alınarak saptanmıştır. Çalışma saati başlangıcı olan saat 9.00'dan itibaren güneş yükselmeye başlar; (yerel zamana göre) saat 12.00'de maksimum yüksekliktedir. Saat 16.00'dan itibaren ise, günüşiğinden yararlanmak zorlaşır. Bu nedenle, 21 Haziran ve 21 Aralık günlerinde, 9.00, 12.00 ve 16.00 saatleri için günüşiği hesapları yapılmıştır. Ayrıca, incelenen büro hacimlerinin İstanbul'da bulunduğu varsayılmış olup, hesaplamalar, 40.97. enlem ve 28.82. boylama göre yapılmıştır. Günişığı aydınlık düzeyi değerlerinin hesaplanmasına ilişkin bilgiler, Ek 2'de verilmiştir.

• **Lamba Işığının Noktada Oluşturduğu Aydınlığın Hesaplanması :**

Belirlenen büro hacimlerinde, yapay aydınlatma düzeni için, flüorışıl lamba seçilmiştir. Bu lambaların ışık verimleri yüksek ($70-100 \text{ lm/m}^2$) ve ömürleri uzun (8000-9000 saat) olması nedeniyle, kullanım giderleri düşüktür. Ayrıca, flüorışıl lambalar, renksel geriverim (R_s) ve renk sıcaklığı açısından çok çeşitli seçenekler sunmaktadır (Bkz. Ek 1). Bu nedenlerle, bürolar gibi uzun süre kullanılan hacimler için uygun bir ışık kaynağıdır.

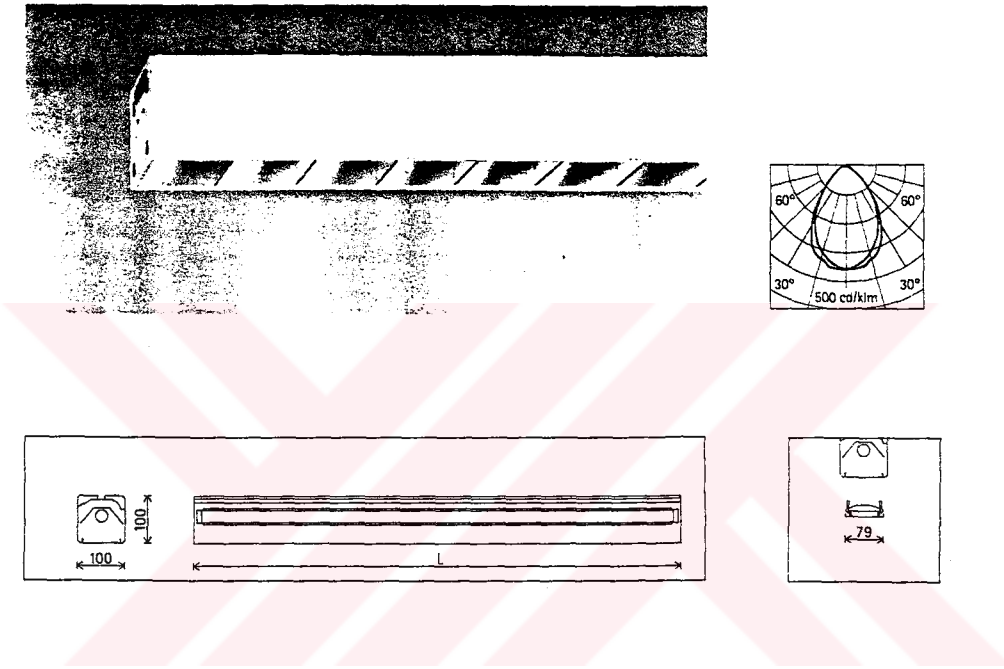
Bu büro hacimlerinde kullanılması düşünülen flüorışıl lambalı aydınlatma aygıtları ise, büro aydınlatması uygulamalarında sıklıkla kullanılan ızgaralı aygıt tipindedir.

Belirlenen 6 büro hacminde, 3 tip aydınlatma aygıtı kullanılmıştır. (Bkz. Ek 3).

Tip 1 ve Tip 2 aygıtları, içinde $1 \times 36\text{W}$ "TL"D flüorışıl lamba bulunan çizgisel aygıtlar; Tip 3 ise, $4 \times 18\text{W}$ "TL"D flüorışıl lambalı kare aygıttır. Aygıtların öteki özellikleri aşağıda belirtilmiştir:

- **Tip 1:**

Bu aygıt, metal olup, yüzeyi beyaz boyalıdır. Tavan yüzeyine tesbit edilerek kullanılan bu aygıtın boyutu, L:1244 mm.olup, geriverimi, $v:0.52$ 'dir. Aygıt, boyutu ve ışık yeğnlik diyagramı Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1. Tip 1

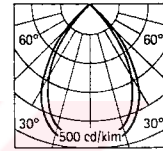
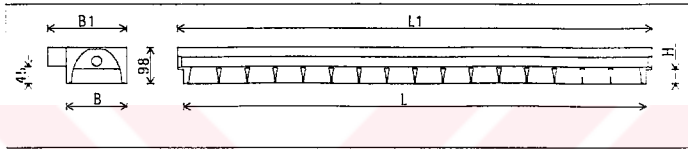
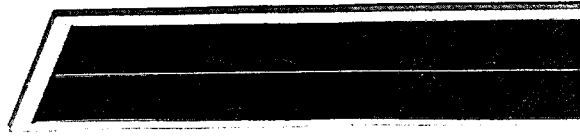
- **Tip 2 ve Tip 3:**

Bu aygıtlar, galvanize çelik levhadan yapılmış olup, yüzeyi, beyaz boyalıdır. Tavan yüzeyine gömülü olarak kullanılan bu aygıtlar, özellikle monitör kullanılan büro hacimleri için tasarlanmıştır. Geriverimleri, $v:0.56$ olan bu aygıtların boyutları (mm.), aşağıdaki gibi sıralanmaktadır:

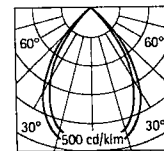
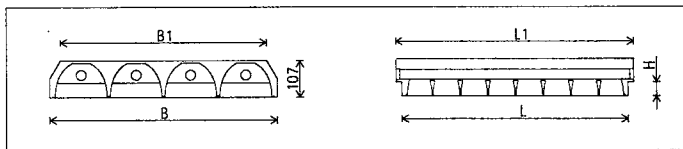
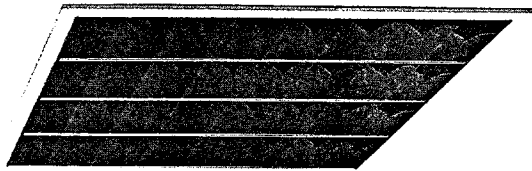
Tip 2 : L:1192, L1:1222, B:156, B1:206, H:37.

Tip 3 : L: 592, L1: 619, B:592, B1:538, H:37.

Aygıtlar, boyutları ve ışık yeğnlik diyagramları, Şekil 4.2 ve 4.3'de verilmiştir.



Şekil 4.2. Tip 2



Şekil 4.3. Tip 3

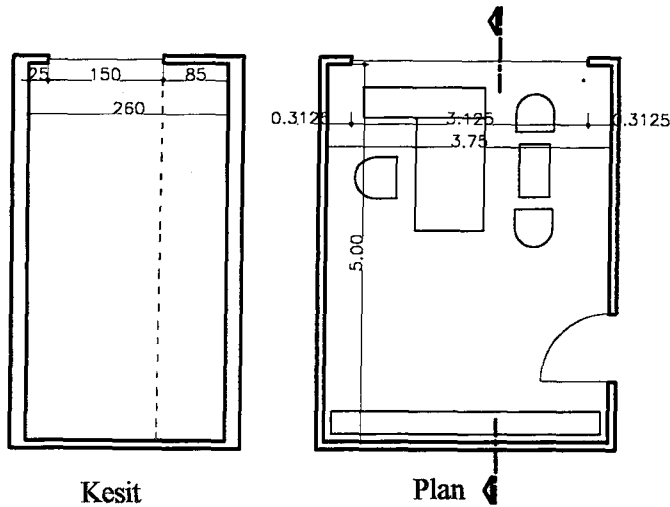
Bu tip aygıtlar kullanılarak oluşturulan yapay aydınlatma düzeninde, ortalama ve noktada aydınlık düzeyi değerleri, ERCO tarafından hazırlanmış olan bilgisayar programı (LUCY) ile hesaplanmıştır. LUCY programı ve ortalama aydınlık düzeyi hesap yönteminin ZIJL yöntemi ile karşılaştırılması, Ek 3'te verilmiştir.

4.1. A1 ve A2 Hacimlerinin Aydınlatma Düzenleri

4. Bölüm'de verilen genel bilgiler ışığında, boyutları açısından hücresel büro sınıfına giren A1 ve A2 hacimlerinde, doğal, yapay ve bütünleşik aydınlatma düzenleri kurulmuş ve hesaplamalar yapılmıştır.

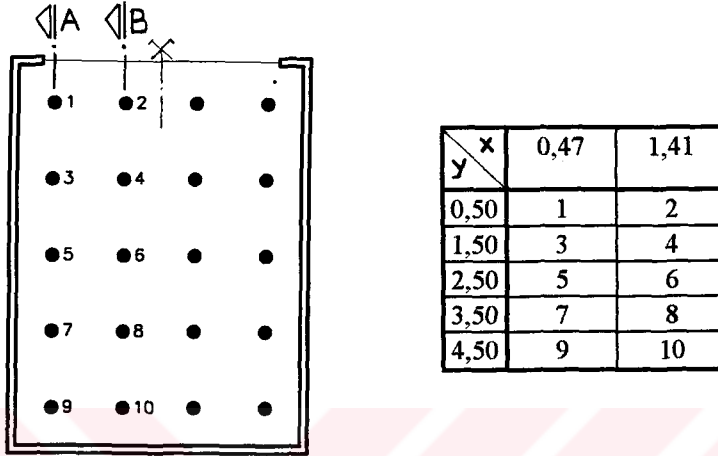
4.1.1. A1 Hacminin Aydınlatma Düzeninin Kurulması

A1 olarak nitelendirilen hacmin genişliği, 3.75 m.; derinliği, 5.00 m. ve yüksekliği, 2.60 m.dir. Pencere, 3.75 m.lik duvarda bulunmakta olup, genişliği, 3.125 m. ve yüksekliği, 1.50 m.dir (Bkz. Şekil 4.4).



Şekil 4.4. A1 Hacminin planı ve kesiti - Ö: 1/100

A1 hacmindeki aydınlık dağılımını belirlemek için, 0.85 m. yüksekliğindeki yatay çalışma düzlemi üzerinde 20 nokta seçilmiştir. (Hacim simetrik olduğu için, simetri ekseninin sol yanındaki değerler alınmıştır.) Bu noktaların, hacmin planı üzerindeki yerleri, Şekil 4.5’de; x-y koordinatları ise, Tablo 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.5. ve Tablo 4.2. A1 Hacminde belirlenen gözleme noktaları ve koordinatları

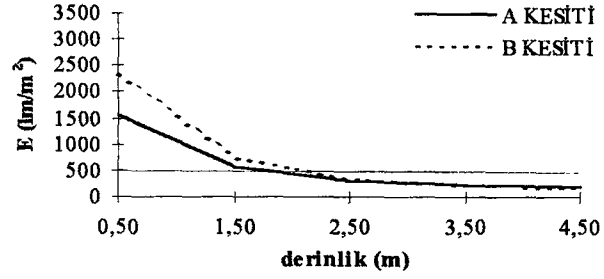
Güneşin ve lamba ışığının noktada aydınlık düzeyi değerleri, tablolarda ve aydınlığın hacim içindeki dağılımı ise, kesit grafiklerde (Şekil 4.5’de belirtilen A ve B kesitleri) olmak üzere, aşağıdaki bölümlerde ayrı ayrı verilmiştir.

4.1.1.1. A1 Hacminde Güneşin Çalışma Düzleminde Oluşturduğu Aydınlik Düzeyi Değerleri

A1 hacminde, yatay çalışma düzleminde belirlenen 20 noktada, 21 Haziran ve 21 Aralık günlerinde, 9.00, 12.00 ve 16.00 saatleri için güneşin oluşturduğu aydınlık düzeyi değerleri, aşağıdaki tablo ve grafiklerle belirtilmiştir.

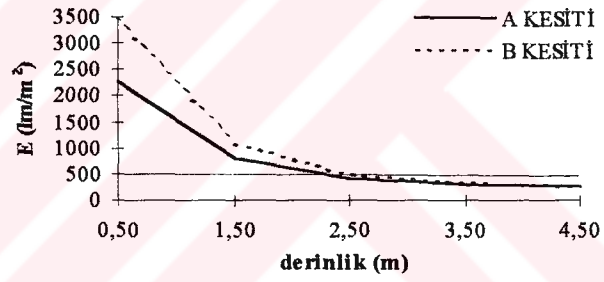
Tablo 4.3. ve Grafik 4.1. A1 Hacminde 21 Haziran saat 9.00 için hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

y \ x	0,47	1,41
0,50	1544	2356
1,50	556	754
2,50	297	345
3,50	214	228
4,50	183	187



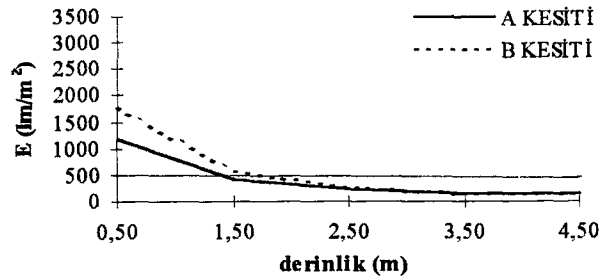
Tablo 4.4. ve Grafik 4.2. A1 Hacminde 21 Haziran saat:12.00 için hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

y \ x	0,47	1,41
0,50	2272	3474
1,50	816	1108
2,50	435	505
3,50	313	334
4,50	266	273



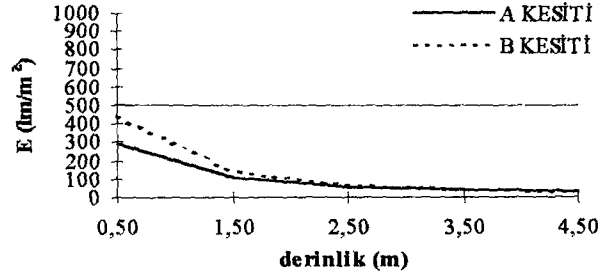
Tablo 4.5. ve Grafik 4.3. A1 Hacminde 21 Haziran saat:16.00 için hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

y \ x	0,47	1,41
0,50	1171	1793
1,50	419	569
2,50	222	258
3,50	159	169
4,50	134	138



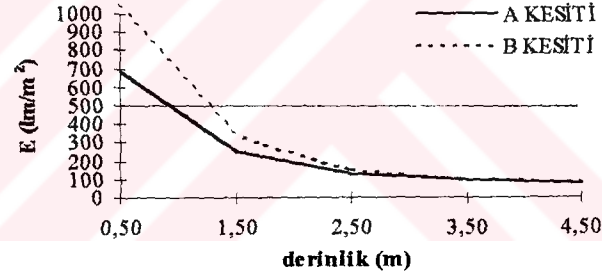
Tablo 4.6. ve Grafik 4.4. A1 hacminde 21 Aralık saat:9.00 için hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

$y \backslash x$	0,47	1,41
0,50	290	442
1,50	105	142
2,50	56	65
3,50	41	44
4,50	35	36



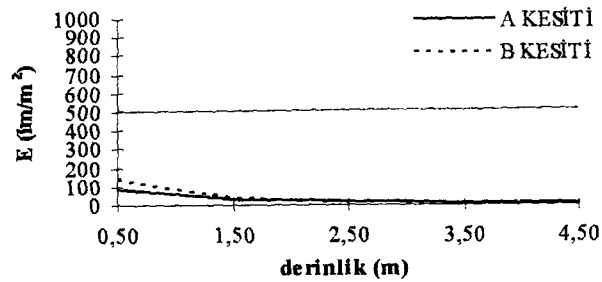
Tablo 4.7. ve Grafik 4.5. A1 Hacminde 21 Aralık saat:12.00 için hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

$y \backslash x$	0,47	1,41
0,50	682	1041
1,50	246	333
2,50	132	153
3,50	96	102
4,50	81	84



Tablo 4.8. ve Grafik 4.6. A1 Hacminde 21 Aralık saat:16.00 için hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

$y \backslash x$	0,47	1,41
0,50	90	137
1,50	33	44
2,50	18	21
3,50	13	14
4,50	11	11



- **A1 Hacmindeki GünüŖü Aydınlık Dağılımının Değerlendirilmesi**

A1 hacminde hesaplanan günüŖü aydınlık düzeyi değerleri incelendiğinde, pencereye en yakın gözleme noktalarında, 21 Aralık saat 16.00'da, 90-137 lm/m² ile minimum olan aydınlık düzeyi, 21 Haziran saat 12.00'de, 2272-3474 lm/m² ile maksimuma ulaşmaktadır.

Hesaplama yapılan tüm gün ve saatler için, pencereden uzaklaştıkça, aydınlık düzeyi hızla düşmektedir. Özellikle, pencereden 0.5 m. ile 1.50 m. uzaklıklar arasında, azalma, hızlı olurken, 1.50 m.den sonra, yavaşlamaktadır. 1.50 m. uzaklıktaki değerler, 0.50 m. uzaklıktaki değerlerin yaklaşık olarak 1/3'üne düşmektedir. Aynı orandaki azalma, 1.50 m. ile, pencereden en uzak gözleme noktası olan 4.50 m. arasında da söz konusu olup, 4.50 m.deki değerler, 1.50 m.deki değerlerin yaklaşık 1/3'üdür. Ayrıca, pencereden en uzak gözleme noktası olan 4.50 m.deki değerler, pencereye en yakın gözleme noktalarındaki değerlerin yaklaşık 1/8-1/12'si arasındadır.

GünüŖü aydınlık düzeyi, 21 Haziran'da tüm saatlerde, genelde, 1.50 m.den sonra, 500 lm/m² nin altına düşerken, 21 Aralık'ta, saat 12.00 dışındaki saatlerde, tüm gözleme noktalarında yetersiz kalmaktadır.

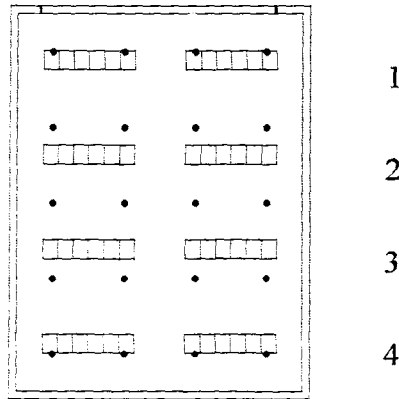
4.1.1.2. A1 Hacminde Lamba Işığının Çalışma Düzleminde Oluşturduğu Aydınlik Düzeyi Değerleri

A1 hacminde, Tip 1 ve Tip 2 aygıtları kullanılarak, yapay aydınlatma düzeni kurulmuştur. Minimum 500 lm/m^2 olması gereken aydınlık düzeyini sağlayacak aygıt sayısını bulabilmek için, ortalama ve noktada aydınlık düzeyi hesapları yapılmıştır. Hesaplamalar, Tip 1 ve Tip 2 aygıtlarının iki değişik yerleştirme düzeni için, ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir.

a) Tip 1 aygıtı ile kurulan aydınlatma düzeni

Tip 1 aygıtının değişik yerleştirme düzenleri, a1 ve a2' de belirtilmiştir.

a.1) Ortalama aydınlık düzeyi hesabı sonucu belirlenen, 8 aygıt, hacim içinde düzgün yayılmış bir aydınlık düzeyi sağlamak amacıyla, program tarafından ayrı olarak ve 4 sıra halinde yerleştirilmiştir (Bkz. Şekil 4.6).

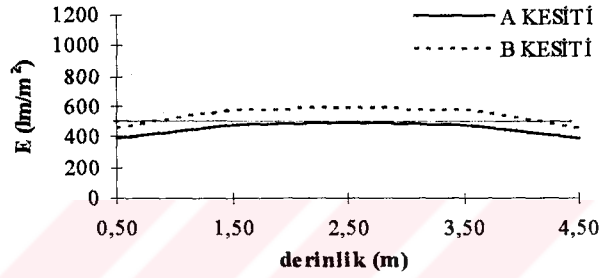


Şekil 4.6. A1 Hacminde Tip 1 aygıtının ayrıık biçimde yerleştirme düzeni

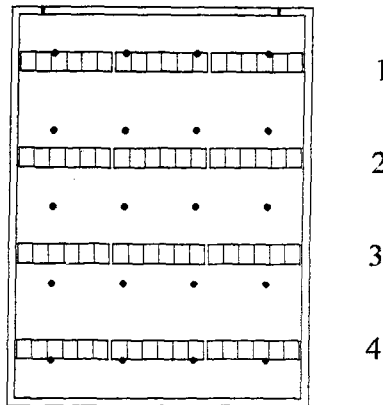
Bu yerleştirme düzeni ile, hacimde ortalama aydınlık düzeyi, $E_{ort}=497 \text{ lm/m}^2$ ve aydınlık dağılımının düzgünlük oranı, $E_{min}/E_{ort}=0.80$ olarak hesaplanmaktadır. A1 hacminde belirlenen gözleme noktalarında, tüm lambaların yakılması durumunda, lamba ışığı aydınlık düzeyi değerleri ve hacim içindeki aydınlık dağılımı Tablo 4.8 ve Grafik 4.7'de verilmiştir.

Tablo 4.8. ve Grafik 4.7. A1 Hacminde Tip 1 aygıtının ayırık yerleştirilmesi sonucu hesaplanan lamba ışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

$y \setminus x$	0,47	1,41
0,50	397	470
1,50	484	581
2,50	501	603
3,50	484	581
4,50	397	470



a.2) a.1'deki aydınlatma düzeninde, duvara yakın olan 1,3,7,9 numaralı gözleme noktalarındaki aydınlık düzeyinin 500 lm/m^2 'den daha düşük olduğu görülmektedir. Bu noktalarda da min. 500 lm/m^2 aydınlık düzeyi sağlamak için, bilgisayar programının kurduğu düzen değiştirilerek, yeni bir düzen oluşturulmuş olup; aygıt sayısı 12'ye çıkarılarak ve aygıtlar ucuca dizilerek, 4 sıra halinde yerleştirilmiştir (Bkz. Şekil 4.7).

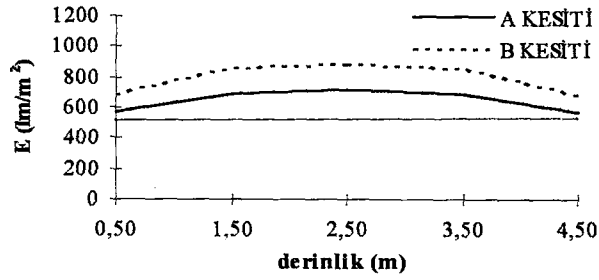


Şekil 4.7. A1 Hacminde Tip 1 aygıtının ucuca dizilerek yerleştirme düzeni

Yeni durumda, $E_{ort}=726 \text{ lm/m}^2$ ve $E_{min}/E_{ort}=0.79$ olarak hesaplanmakta olup, belirlenen gözleme noktalarındaki aydınlık düzeyi değerleri ve hacim içindeki aydınlık dağılımı Tablo 4.9 ve Grafik 4.8'de verilmiştir.

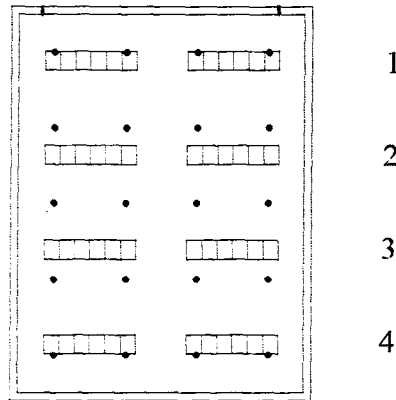
Tablo 4.9. ve Grafik 4.8. A1 Hacminde Tip 1 aygıtının ucuca dizilerek yerleştirilmesi sonucu hesaplanan lamba ışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

$y \backslash x$	0,47	1,41
0,50	571	696
1,50	697	859
2,50	722	891
3,50	697	859
4,50	571	696



b) Tip 2 aygıtı ile kurulan aydınlatma düzeni

b.1) A1 hacminde bu tip aygıtın kullanılması durumunda, yapılan ortalama aydınlık düzeyi hesabı sonucunda belirlenen 8 aygıt, düzgün yayılmış bir aydınlık sağlayacak biçimde, program tarafından, ayrıklı olarak, 4 sıra halinde yerleştirilmiştir (Bkz. Şekil 4.8).

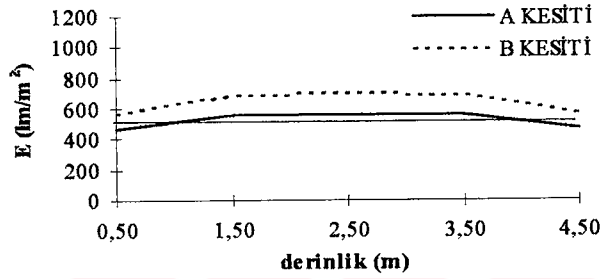


Şekil 4.8. A1 Hacminde Tip 2 aygıtının ayrıklı biçimde yerleştirme düzeni

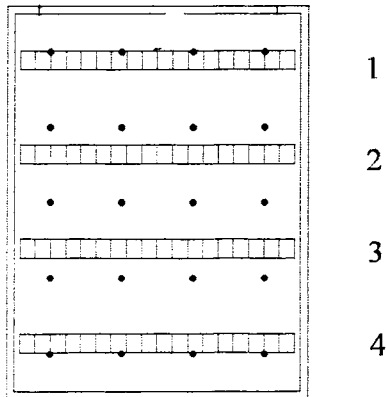
Bu durumda, $E_{ort}=586 \text{ lm/m}^2$ ve $E_{min}/E_{ort}=0.80$ olarak hesaplanmakta olup, belirlenen gözleme noktalarındaki aydınlık düzeyi değerleri ve hacim içindeki aydınlık dağılımı Tablo 4.10 ve Grafik 4.9'da verilmiştir.

Tablo 4.10. ve Grafik 4.9. A1 Hacminde Tip 2 aygıtının ayrıncı yerleştirilmesi sonucu hesaplanan lamba ışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

$y \backslash x$	0,47	1,41
0,50	468	574
1,50	559	692
2,50	566	703
3,50	559	692
4,50	468	574



b.2) b.1'deki aydınlatma düzeninde, duvara yakın olan 1 ve 9 numaralı gözleme noktalarında aydınlık düzeyinin 500 lm/m^2 'den daha düşük olması nedeniyle, aygıt sayısı 12'ye çıkarılarak ve ucuca dizilerek, 4 sıra halinde yerleştirilmiştir (Bkz. Şekil 4.9).

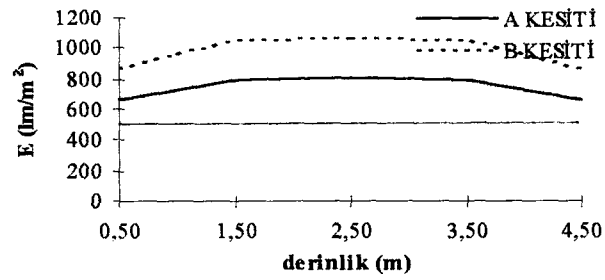


Şekil 4.9. A1 Hacminde Tip 2 aygıtının ucuca dizilerek yerleştirme düzeni

Bu durumda, $E_{ort}=869 \text{ lm/m}^2$ ve $E_{min}/E_{ort}=0.79$ olarak hesaplanmakta olup, belirlenen noktalardaki aydınlık düzeyi değerleri ve hacim içindeki aydınlık dağılımı Tablo 4.11 ve Grafik 4.10'da verilmiştir.

Tablo 4.11. ve Grafik 4.10. A1 Hacminde Tip 2 aygıtının ucuca dizilerek yerleştirilmesi sonucu hesaplanan lamba ışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

$y \backslash x$	0,47	1,41
0,50	669	876
1,50	799	1058
2,50	810	1075
3,50	799	1058
4,50	669	876



c) A1 Hacminde Tip 1 ve Tip 2 Aygıtları ile Kurulan Yapay Aydınlatma Düzenlerinin Değerlendirilmesi

A1 hacminde iki değişik tip aygıt kullanılması durumunda ve değişik yerleştirme düzenlerinde sağlanan ortalama aydınlık düzeyi (E_{ort}) değerleri ve aydınlık dağılımının düzgünlüğüne ilişkin oran (E_{min}/E_{ort}) değerleri Tablo 4.12'de belirtilmiştir.

Tablo 4.12

Aydınlatma Düzeni	Aygıt Tipi	Aygıt Geriverimi (v)	Aygıt (=lamba) sayısı	$E_{ort} (\text{lm/m}^2)$	E_{min}/E_{ort}
a1	Tip 1 (ayrık)	0,52	8	497	0,80
a2	Tip 1 (ucuca)		12	726	0,79
b1	Tip 2 (ayrık)	0,56	8	586	0,80
b2	Tip 2 (ucuca)		12	869	0,77

Tablo 4.12'deki değerler,

1. aynı tip aygıtların değişik yerleştirme düzeni (a_1-a_2 / b_1-b_2)

2. iki değişik tip aygıtın aynı yerleştirme düzeni (a_1-b_1 / a_2-b_2)

olmak üzere iki açıdan değerlendirilmiştir.

1. A1 Hacminde Aynı Tip Aygıtın Değişik Yerleştirme Düzeni Açıısından Değerlendirilmesi

Tip 1 aygıtının ayrıık yerleşim düzeninde, 8 olarak hesaplanan aygıt sayısı, ucuca yerleşim düzeninde, 12'ye çıkararak, %50 oranında artmıştır. Bu durumda, ortalama aydınlık düzeyi, 497 lm/m^2 den, 726 lm/m^2 ye çıkararak, %46 oranında artmaktadır. E_{\min}/E_{ort} oranı ise, ayrıık yerleşimde, 0.80 iken, ucuca yerleştirildiğinde, %1 oranında azalarak, 0.79 olarak hesaplanmaktadır.

Tip 2 aygıtı kullanıldığında da, ayrıık yerleşimde 8 olan aygıt sayısı, ucuca yerleşim düzeninde 12'ye çıkararak, %50 oranında artmıştır. Bu durumda, ortalama aydınlık düzeyi, 586 lm/m^2 den, 869 lm/m^2 ye çıkararak, %48 oranında artmaktadır. E_{\min}/E_{ort} oranı ise, ayrıık yerleşimde, 0.80 iken, ucuca yerleştirildiğinde, %4 oranında azalarak, 0.77 olarak hesaplanmıştır.

2. A1 Hacminde İki Değişik Tip Aygıtın Aynı Yerleştirme Düzeni Açıısından Değerlendirilmesi

Ayrıık yerleştirme düzeninde, her iki tip aygıtın kullanılması durumunda da, aygıt sayısı değişmemekte ve 8 olarak kalmaktadır. Geriverimi $v=0.52$ olan Tip 1 aygıtı kullanıldığında, $E_{\text{ort}}=497 \text{ lm/m}^2$ olarak hesaplanırken, geriverimi $v=0.56$ olan Tip 2 aygıtı ile $E_{\text{ort}}=586 \text{ lm/m}^2$ olarak hesaplanmaktadır. Bu durumda, aygıt geriverimi %8 oranında artarken, ortalama aydınlık düzeyi %18 oranında artmıştır.

Ucuca yerleştirme dzeninde de, her iki tip aygıt için, aygıt sayısı değişmemekte ve 12 olarak hesaplanmaktadır. Tip 1 aygıtı kullanıldığında, $E_{ort}=726 \text{ lm/m}^2$, Tip 2 aygıtı ile de $E_{ort}=869 \text{ lm/m}^2$ 'dir. Bu durumda ise, aygıt geriverimi, yine %8 oranında artarken, ortalama aydınlık dzeeyi, %20 oranında artmıştır.



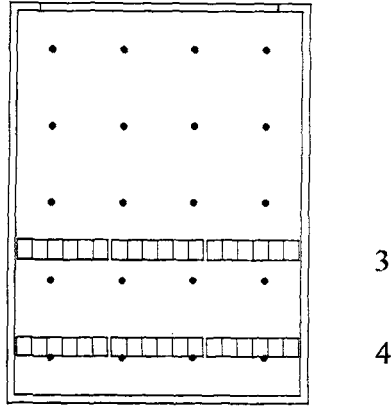
4.1.1.3. A1 Hacminde Bütünleşik Aydınlatma Düzeni

4.1.1.1. Bölümünde, A1 hacmine ilişkin, günışığı aydınlık düzeyi değerleri ve 4.1.1.2. Bölümünde ise, lamba ışığı ile sağlanan aydınlık düzeyi değerleri verilmiştir. Bu bölümde ise, 21 Haziran ve 21 Aralık günlerinde, 9.00, 12.00 ve 16.00 saatleri için hesaplanan günışığı dağılımlarını belli bir yaklaşıklıkla dengeleyen, yapay aydınlatma (bütünleşik aydınlatma) düzeni ele alınmıştır. Bu yapay aydınlatma düzeninde, örnekleme amacıyla, Tip 1 aygıtı ve her gözleme noktasında 500 lm/m²'yi sağlayan ucuca dizilmiş aygıt düzeni (a2) seçilmiştir.

Ele alınan gün ve saatler için hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerlerini belli yaklaşıklıkla dengelemek amacıyla, yanması gereken lambaları gösteren planlar, Şekil 4.10, 4.11, 4.12, 4.13, 4.14'de verilmiştir.

Ayrıca, A1 hacminde, belirlenen gözleme noktaları için hesaplanan günışığı (G), lamba ışığı (L) ve günışığı + lamba ışığı (G+L) aydınlık düzeyi değerleri, Tablo 4.13, 4.14, 4.15, 4.16, 4.17, 4.18'de ve hacim içindeki aydınlık dağılımları ise, Grafik 4.11, 4.12, 4.13, 4.14, 4.15, 4.16'da gösterilmiştir.

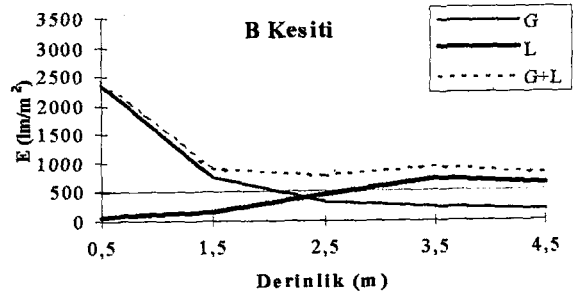
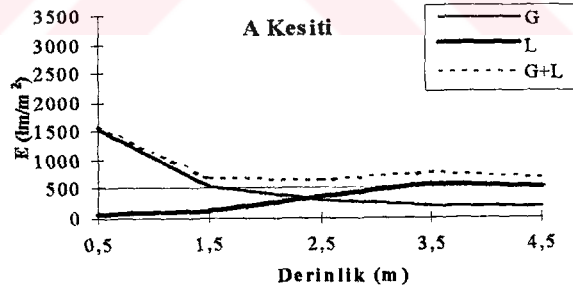
- A1 Hacminde 21 Haziran saat:9.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeni



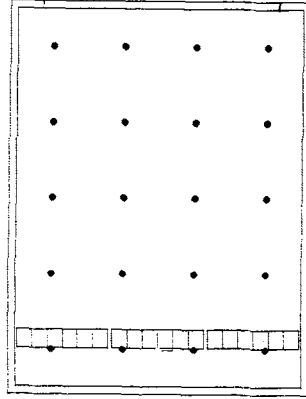
Şekil 4.10

Tablo 4.13 ve Grafik 4.11

y \ x	0,47			1,41		
	G	L	G+L	G	L	G+L
Aydınık Düzeyi						
0,5	1544	70	1614	2356	67	2423
1,5	556	125	681	754	139	893
2,5	297	361	658	345	446	791
3,5	214	572	786	228	720	948
4,5	183	502	685	187	629	816



- A1 Hacminde 21 Haziran saat 12.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeni

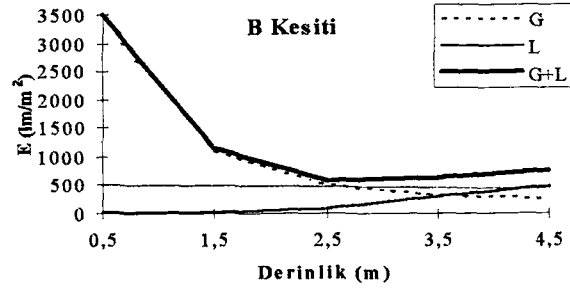
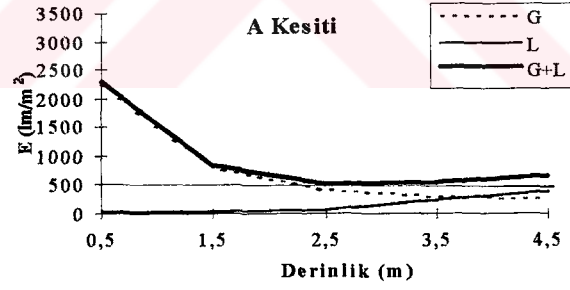


4

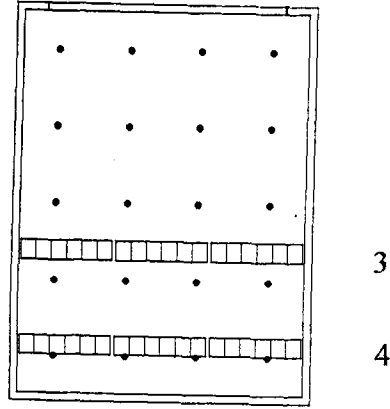
Şekil 4.11

Tablo 4.14 ve Grafik 4.12

y \ x	0,47			1,41		
	G	L	G+L	G	L	G+L
Aydınlik Düzeyi						
0,5	2272	33	2305	3474	31	3505
1,5	816	40	856	1108	39	1147
2,5	435	69	504	505	78	583
3,5	313	235	548	334	293	627
4,5	266	383	649	273	485	758



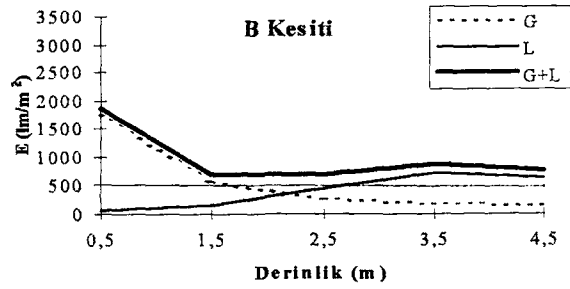
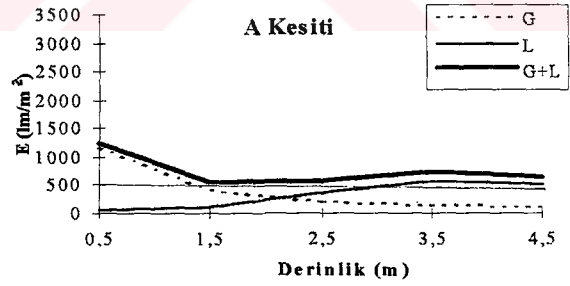
- A1 Hacminde 21 Haziran saat 16.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeni



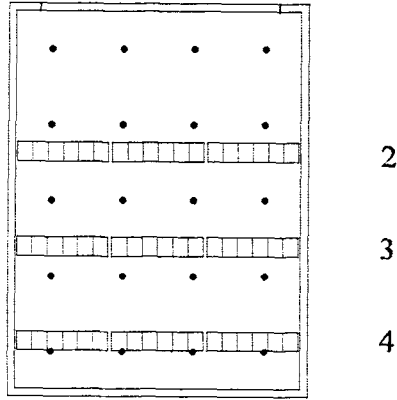
Şekil 4.12

Tablo 4.15 ve Grafik 4.13

$y \setminus x$	0,47			1,41		
Aydınlık Düzeyi	G	L	G+L	G	L	G+L
0,5	1171	70	1241	1793	67	1860
1,5	419	125	544	569	139	708
2,5	222	361	583	258	446	704
3,5	159	572	731	169	720	889
4,5	134	502	636	138	629	767



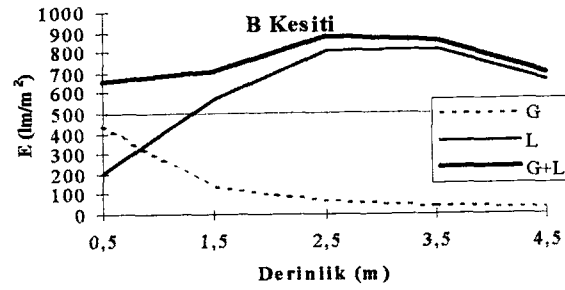
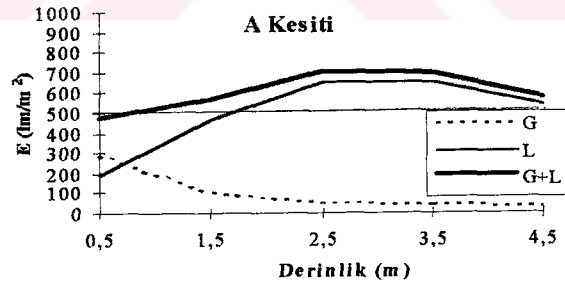
- A1 Hacminde 21 Aralık saat:9.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeni



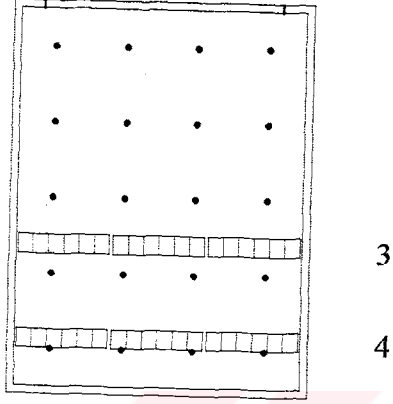
Şekil 4.13

Tablo 4.16 ve Grafik 4.14

$y \backslash x$	0,47			1,41		
Aydınlık Düzeyi	G	L	G+L	G	L	G+L
0,5	290	188	478	442	211	653
1,5	105	462	567	142	565	707
2,5	56	653	709	65	814	879
3,5	41	657	698	44	820	864
4,5	35	539	574	36	665	701



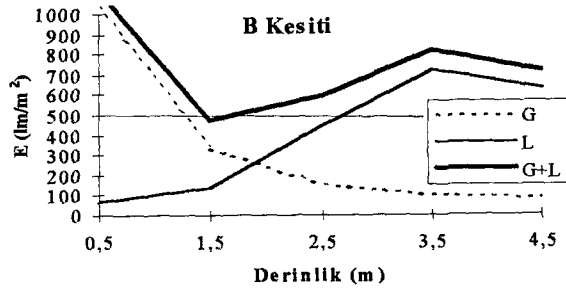
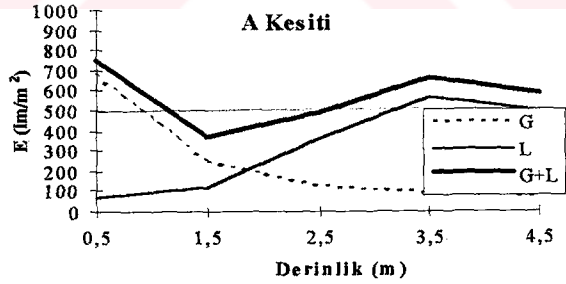
- A1 Hacminde 21 Aralık saat:12.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeni



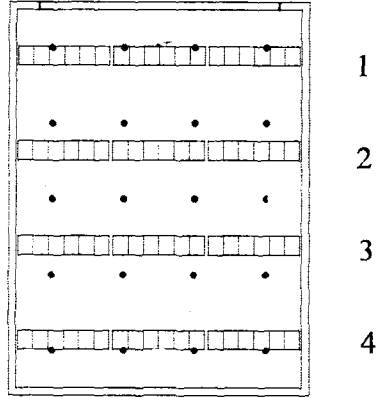
Şekil 4.14

Tablo 4.17 ve Grafik 4.15

y \ x	0,47			1,41		
Aydınlık Düzeyi	G	L	G+L	G	L	G+L
0,5	682	70	752	1041	67	1108
1,5	246	125	371	333	139	472
2,5	132	361	493	153	446	599
3,5	96	572	668	102	720	822
4,5	81	502	583	84	629	713



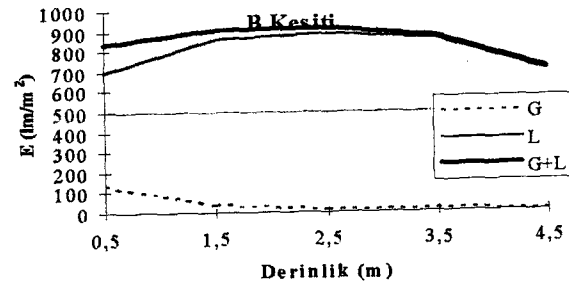
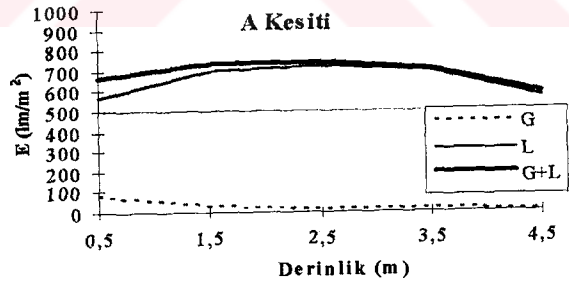
- A1 Hacminde 21 Aralık saat:16.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeni



Şekil 4.15

Tablo 4.18 ve Grafik 4.16

y \ x	0,47			1,41		
	G	L	G+L	G	L	G+L
Aydınık Düzeyi						
0,5	90	571	661	137	696	833
1,5	33	697	730	44	859	903
2,5	18	722	740	21	891	912
3,5	13	697	710	14	859	873
4,5	11	571	582	11	696	707



- **A1 Hacminde Kurulan Bütünleşik Aydınlatma Düzenlerinin Değerlendirilmesi**

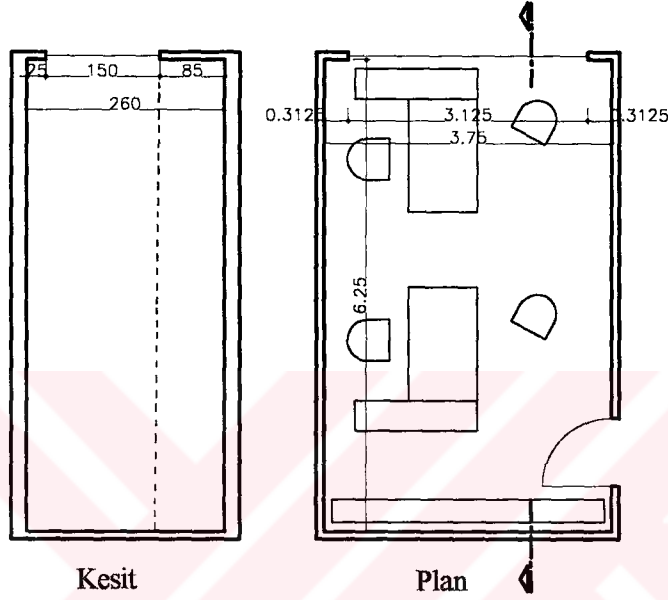
A1 hacminde kurulan yapay aydınlatma düzeninde (a2), 4 sıra aygıt kullanılmıştır (Bkz. Bölüm 4.1.1.2). Günışığı kullanımı açısından incelenen 6 durum içinde, 21 Haziran saat 12.00'de, bu 4 sıranın yalnızca, 4. sırası yanarken, 21 Aralık saat 16.00'da bütün sıraların yanması gerekmektedir. İncelenen gün ve saatler için, yanması gereken aygıt sıraları Tablo 4.19'da verilmiştir.

Tablo 4.19

Gün-Saat	9.00	12.00	16.00
21 Haziran	3,4	4	3,4
21 Aralık	2,3,4	3,4	1,2,3,4

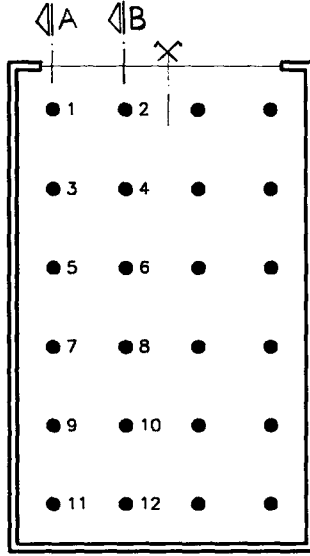
4.1.2. A2 Hacminin Aydınlatma Düzeninin Kurulması

A2 olarak nitelendirilen hacmin genişliği, 3.75 m., derinliği, 6.25 m. ve yüksekliği, 2.60 m.'dir. Pencere, 3.75 m.lik duvarda bulunmakta olup, genişliği, 3.125 m. ve yüksekliği, 1.50 m.'dir (Bkz. Şekil 4.16).



Şekil 4.16. A2 Hacminin planı ve kesiti - Ö:1/100

A2 hacmindeki aydınlık dağılımını belirlemek için, 24 nokta seçilmiştir. Bu noktaların hacmin planı üzerindeki yerleri, Şekil 4.17'de; x-y koordinatları ise, Tablo 4.20'de verilmiştir.



y \ x	0,47	1,41
0,52	1	2
1,56	3	4
2,60	5	6
3,64	7	8
4,68	9	10
5,7	11	12

Şekil 4.17. ve Tablo 4.20. A2 Hacminde belirlenen gözleme noktaları ve koordinatları

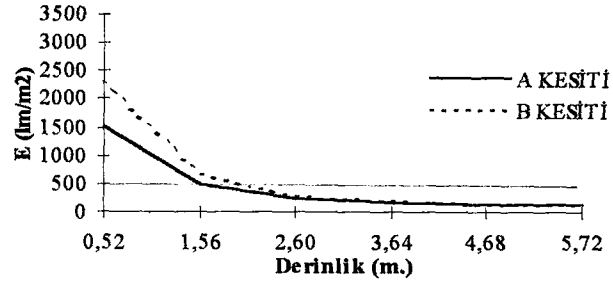
Güneş ışığı ve lamba ışığının noktada aydınlık düzeyi değerleri, tablolarda ve aydınlığın hacim içindeki dağılımı ise, kesit grafiklerde (Şekil 4.17'de belirtilen A ve B kesitleri) olmak üzere, aşağıdaki bölümlerde ayrı ayrı verilmiştir.

4.1.2.1. A2 Hacminde Güneş ışığının Çalışma Düzleminde Oluşturduğu Aydınlık Düzeyi Değerleri

A2 hacminde, belirlenen 24 noktada, 21 Haziran ve 21 Aralık günlerinde, 9.00, 12.00 ve 16.00 saatleri için güneş ışığının oluşturduğu aydınlık düzeyi değerleri, aşağıdaki tablo ve grafiklerle belirtilmiştir.

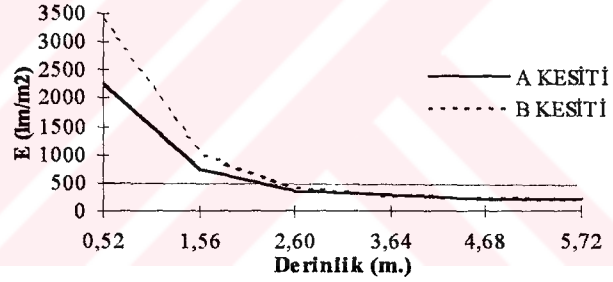
Tablo 4.21. ve Grafik 4.17. A2 Hacminde 21 Haziran saat:9.00 için hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

y \ x	0,47	1,41
0,52	1528	2311
1,56	507	689
2,60	253	291
3,64	186	198
4,68	155	159
5,72	141	142



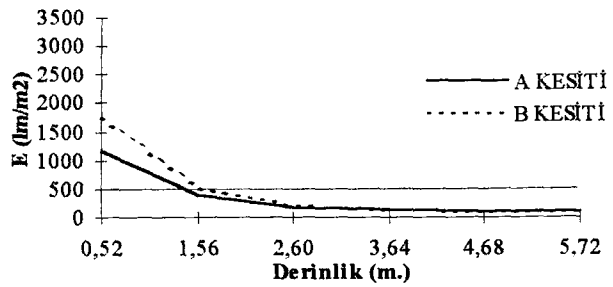
Tablo 4.22. ve Grafik 4.18. A2 Hacminde 21 Haziran saat:12.00 için hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

y \ x	0,47	1,41
0,52	2250	3403
1,56	745	1014
2,60	371	427
3,64	272	290
4,68	226	232
5,72	206	208



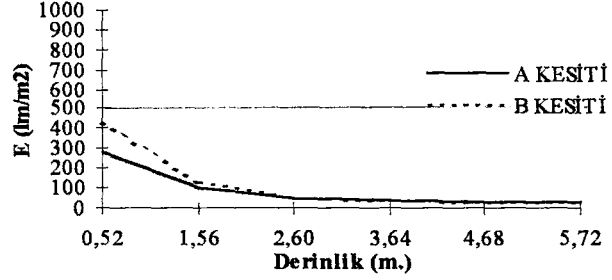
Tablo 4.23. ve Grafik 4.19. A2 Hacminde 21 Haziran saat:16.00 için hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

y \ x	0,47	1,41
0,52	1159	1755
1,56	383	522
2,60	189	218
3,64	138	147
4,68	114	118
5,72	104	105



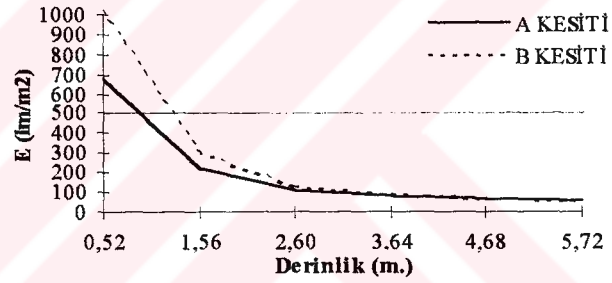
Tablo 4.24. ve Grafik 4.20. A2 Hacminde 21 Aralık saat:9.00 için hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

y \ x	0,47	1,41
0,52	287	433
1,56	96	130
2,60	48	55
3,64	36	38
4,68	30	31
5,72	27	27



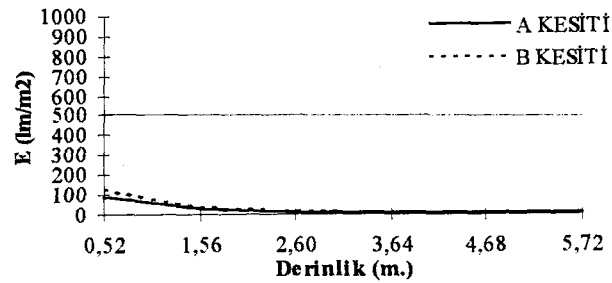
Tablo 4.25. ve Grafik 4.21. A2 Hacminde 21 Aralık saat:12.00 için hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

y \ x	0,47	1,41
0,52	675	1020
1,56	225	305
2,60	113	130
3,64	83	89
4,68	70	72
5,72	63	64



Tablo 4.26. ve Grafik 4.22. A2 Hacminde 21 Aralık saat:16.00 için hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

y \ x	0,47	1,41
0,52	89	134
1,56	30	41
2,60	15	18
3,64	12	12
4,68	10	10
5,72	9	9



- **A2 Hacmindeki GünüŖiĖi Aydınlik Dağılımının Değerlendirilmesi**

A2 Hacminde, hesaplanan günüŖiĖi aydınlık düzeyi değerleri incelendiğinde, pencereye en yakın gözleme noktalarında, 21 Aralık saat 16.00'da, 89-134 lm/m² ile minimum olan aydınlık düzeyi, 21 Haziran saat 12.00'de, 2250-3403 lm/m² ile maksimuma ulaşmaktadır.

Hesaplama yapılan tüm gün ve saatler için, pencereden uzaklaştıkça, aydınlık düzeyi hızla düşmektedir. Özellikle, pencereden 0.52 m. ile 1.56 m. uzaklıklar arasında, azalma hızlı olurken, 1.56 m.den sonra yavaşlamaktadır. 1.56 m. uzaklıktaki değerler, 0.56 m. uzaklıktaki değerlerin yaklaşık olarak 1/3'üne düşmektedir. Pencereden en uzak gözleme noktası olan 5.72 m. uzaklıktaki değerlerin ise, 1.56 m. uzaklıktaki değerlerin yaklaşık olarak 1/4'ü olduğu görülmektedir. Ayrıca, pencereden en uzak gözleme noktalarındaki (5.72 m.) değerler ise, pencereye en yakın gözleme noktalarındaki (0.52 m.) değerlerin yaklaşık olarak, 1/10-1/16'sı arasında değişmektedir.

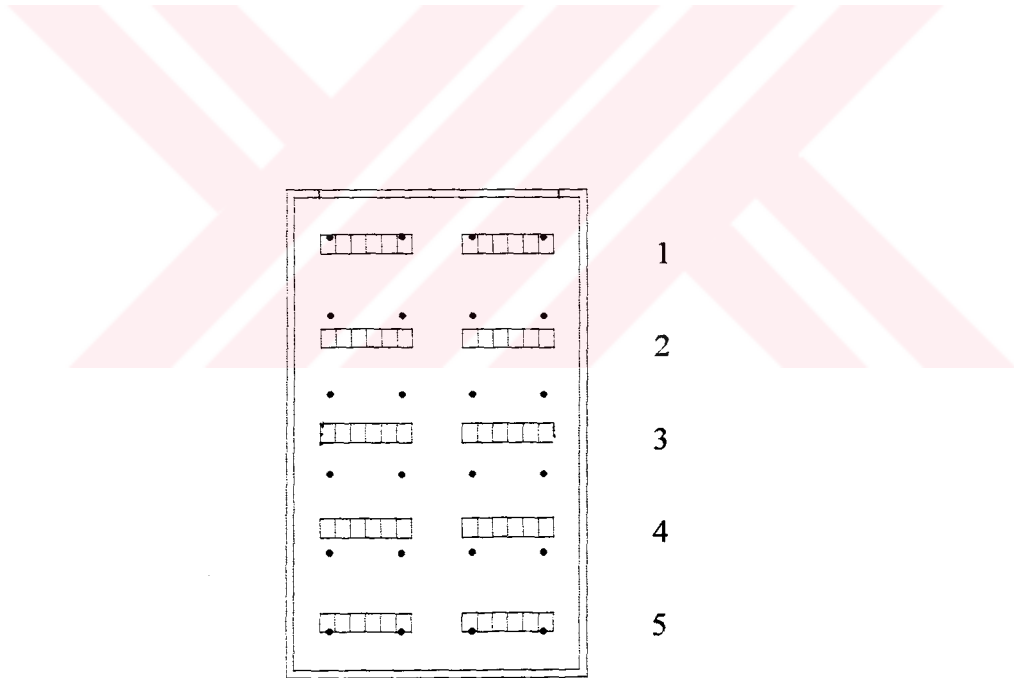
GünüŖiĖi aydınlık düzeyi, 21 Haziran'da, tüm saatlerde, genelde, 1.56 m.den sonra, 500 lm/m²'nin altına düşerken, 21 Aralık'ta saat 12.00 dışındaki saatlerde, tüm gözleme noktalarında yetersiz kalmaktadır.

4.1.2.2. A2 Hacminde Lamba Işığının Çalışma Düzleminde Oluşturduğu Aydınlik Düzeyi Değerleri

A2 hacminde, Tip 1 ve Tip 2 aygıtları kullanılarak, yapay aydınlatma düzeni kurulmuştur. Ortalama ve noktada aydınlık düzeyi hesapları, bu aygıtların iki değişik yerleştirme düzeni için, ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir.

a) Tip 1 aygıtı ile kurulan aydınlatma düzeni

a.1) Ortalama aydınlık düzeyi hesabı sonucunda belirlenen 10 aygıt, hacim içinde düzgün yayılmış bir aydınlık düzeyi sağlamak amacıyla program tarafından ayırık olarak ve 5 sıra halinde yerleştirilmiştir (Bkz. Şekil 4.18).



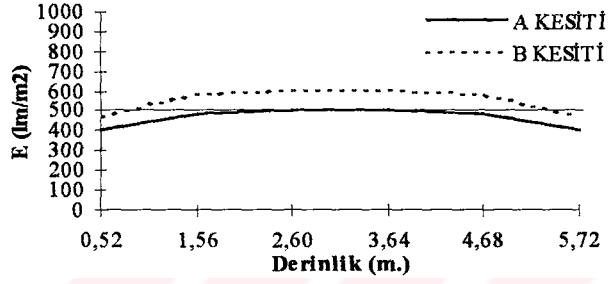
Şekil 4.18. A2 Hacminde Tip 1 aygıtının ayırık biçimde yerleştirme düzeni

Bu yerleştirme düzeni ile hacimde, ortalama aydınlık düzeyi, $E_{ort}=510 \text{ lm/m}^2$ ve hacim içindeki aydınlık dağılımının düzgünlük oranı, $E_{min}/E_{ort}=0.79$ olarak hesaplanmaktadır.

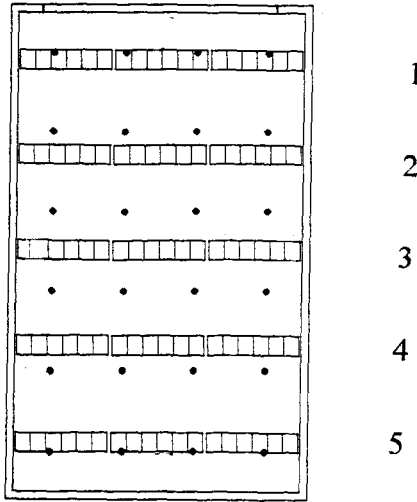
A2 hacminde belirlenen gözleme noktalarında, tüm lambaların yakılması durumunda, lamba ışığı aydınlık düzeyi değerleri ve hacim içindeki aydınlık dağılımı Tablo 4.27 ve Grafik 4.23'de verilmiştir.

Tablo 4.27 ve Grafik 4.23. A2 Hacminde Tip 1 aygıtının ayrıncı yerleştirilmesi sonucu hesaplanan lamba ışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

y \ x	0,47	1,41
0,52	403	477
1,56	486	583
2,60	505	607
3,64	505	607
4,68	486	583
5,72	403	477



a.2) a1'deki aydınlatma düzeninde, hacmin duvarına en yakın olan 1,2,3,9,11 ve 12 numaralı gözleme noktalarındaki aydınlık düzeyinin 500 lm/m^2 'den daha düşük olduğu görülmektedir. Bu noktalarda da, min. 500 lm/m^2 aydınlık düzeyi sağlamak için, aygıt sayısı 15'e çıkarılarak ve aygıtlar ucuca dizilerek, 5 sıra halinde yerleştirilmiştir (Bkz. Şekil 4.19).

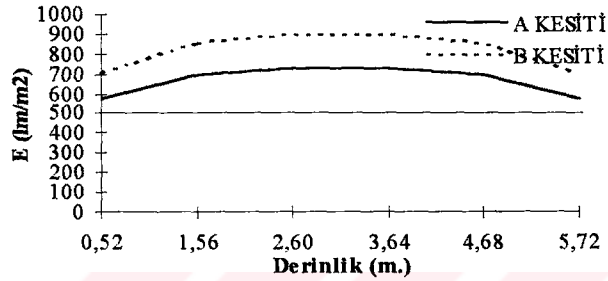


Şekil 4.19. A2 hacminde Tip 1 aygıtının ucuca dizilerek yerleştirme düzeni

Bu yerleştirme düzeni sonucunda, $E_{ort}=746 \text{ lm/m}^2$ ve $E_{min}/E_{ort}=0.78$ olarak hesaplanmakta olup, belirlenen gözleme noktalarındaki aydınlık düzeyi değerleri ve hacim içindeki dağılımı Tablo 4.28 ve Grafik 4.24'te verilmiştir.

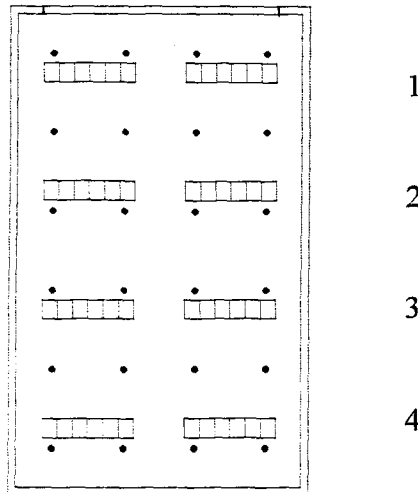
Tablo 4.28. ve Grafik 4.24. A2 Hacminde Tip 1 aygıtının ucuca dizilerek yerleştirilmesi sonucu hesaplanan lamba ışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

$y \setminus x$	0,47	1,41
0,52	580	707
1,56	700	863
2,60	728	898
3,64	728	898
4,68	700	863
5,72	580	707



b) Tip 2 aygıtı ile kurulan aydınlatma düzeni

b.1) A2 hacminde, bu tip aygıtın kullanılması durumunda, yapılan ortalama aydınlık düzeyi hesabı sonucunda belirlenen 8 aygıt, düzgün yayılmış bir aydınlık sağlayacak biçimde program tarafından ayrı olarak ve 4 sıra halinde yerleştirilmiştir (Bkz. Şekil 4.20).

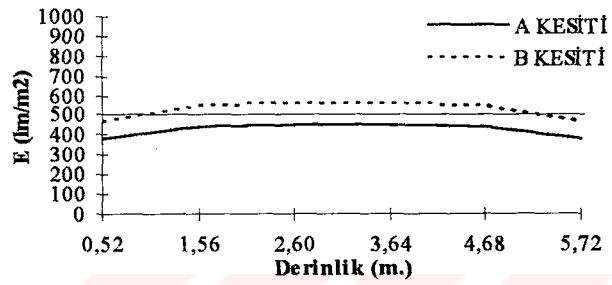


Şekil 4.20. A2 Hacminde Tip 2 aygıtının ayrı olarak ve 4 sıra halinde yerleştirilmesi düzeni

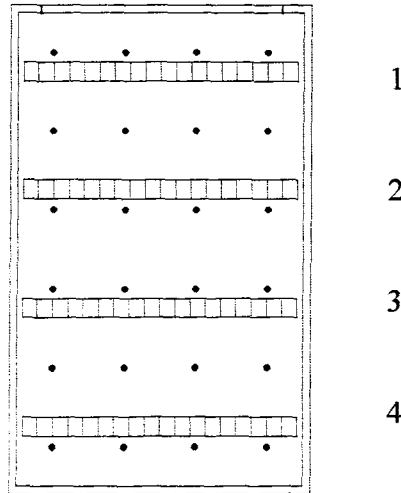
Bu durumda, $E_{ort}=480 \text{ lm/m}^2$ ve $E_{min}/E_{ort}=0.81$ olarak hesaplanmakta olup, belirlenen gözleme noktalarındaki aydınlık düzeyi değerleri ve hacim içindeki aydınlık dağılımı Tablo 4.29 ve Grafik 4.25'de verilmiştir.

Tablo 4.29. ve Grafik 4.25. A2 Hacminde Tip 2 aygıtının ayrık yerleştirilmesi sonucu hesaplanan lamba ışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

$y \setminus x$	0,47	1,41
0,52	388	479
1,56	447	552
2,60	453	562
3,64	453	562
4,68	447	552
5,72	388	479



b.2) b1'deki aydınlatma düzeninde, hacmin duvarına yakın olan 1,2,3,4,5,6,7 ve 12 numaralı gözleme noktalarındaki aydınlık düzeyinin 500 lm/m^2 'den daha düşük olması nedeniyle, aygıt sayısı 12'e çıkarılıp, ucuca dizilerek, bir aydınlatma düzeni kurulmuştur (Bkz. Şekil 4.21).

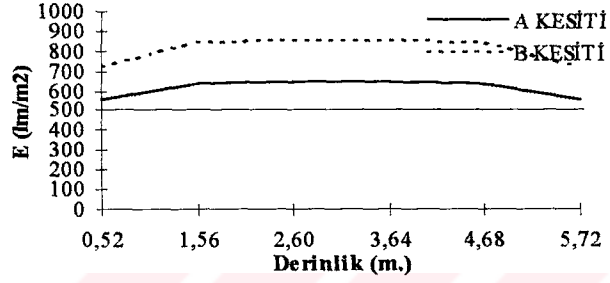


Şekil 4.21. A2 Hacminde Tip 2 aygıtının ucuca dizilerek yerleştirme düzeni

Bu durumda, $E_{ort}=713 \text{ lm/m}^2$ ve $E_{min}/E_{ort}= 0.78$ olarak hesaplanmakta olup, belirlenen noktalardaki aydınlık düzeyi değerleri ve hacim içindeki aydınlık dağılımı, Tablo 4.30 ve Grafik 4.26'da verilmiştir.

Tablo 4.30. ve Grafik 4.26. A2 Hacminde Tip 2 aygıtının ucuca dizilerek yerleştirilmesi sonucu hesaplanan lamba ışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

$y \setminus x$	0,47	1,41
0,52	556	729
1,56	638	846
2,60	648	859
3,64	648	859
4,68	638	846
5,72	556	729



c) A2 Hacminde Tip 1 ve Tip 2 Aygıtları ile Kurulan Yapay Aydınlatma Düzenlerinin Değerlendirilmesi

A2 hacminde, iki değişik tip aygıt kullanılması durumunda ve değişik yerleştirme düzenleri sonucu sağlanan, ortalama aydınlık düzeyi (E_{ort}) değerleri ve aydınlık dağılımının düzgünlüğüne ilişkin oran (E_{min}/E_{ort}) değerleri Tablo 4.31'de verilmiştir.

Tablo 4.31

Aydınlatma Düzeni	Aygıt Tipi	Aygıt Geriverimi (v)	Aygıt (=lamba) sayısı	$E_{ort}(\text{lm/m}^2)$	E_{min}/E_{ort}
a1	Tip 1 (ayrık)	0,52	10	510	0,79
a2	Tip 1 (ucuca)		15	746	0,78
b1	Tip 2 (ayrık)	0,56	8	480	0,81
b2	Tip 2 (ucuca)		12	713	0,78

Tablo 4.31'deki değerler,

1. aynı tip aygıtların değişik yerleştirme düzeni (a_1-a_2 / b_1-b_2),
2. iki değişik tip aygıtın aynı yerleştirme düzeni (a_1-b_1 / a_2-b_2)
olmak üzere, iki açıdan değerlendirilmiştir.

1. A2 Hacminde Aynı Tip Aygıtın Değişik Yerleştirme Düzeni Açışından Değerlendirilmesi

Tip 1 aygıtının ayrıık yerleşim düzeninde 10 olarak hesaplanan aygıt sayısı, ucuca yerleşim düzeninde 15'e çıkararak, %50 oranında artmıştır. Bu durumda, ortalama aydınlık düzeyi, 510 lm/m^2 den, 746 lm/m^2 ye çıkararak, %46 oranında artmaktadır. E_{\min}/E_{ort} oranı ise, ayrıık yerleşimde, 0.79 iken, ucuca yerleştirildiğinde, %1 oranında azalarak, 0.78 olarak hesaplanmaktadır.

Tip 2 aygıtı kullanıldığında da, ayrıık yerleşim düzeninde 8 olan aygıt sayısı, ucuca yerleşim düzeninde, 12'ye çıkararak, %50 oranında artmıştır. Bu durumda, ortalama aydınlık düzeyi, 480 lm/m^2 den, 713 lm/m^2 ye çıkararak, %48 oranında artmaktadır. E_{\min}/E_{ort} oranı ise, ayrıık yerleşimde, 0.81 iken, ucuca yerleştirildiğinde, %4 oranında azalarak, 0.78 olarak hesaplanmıştır.

2. A2 Hacminde İki Değişik Tip Aygıtın Aynı Yerleştirme Düzeni Açışından Değerlendirilmesi

Ayrıık yerleştirme düzeninde, Tip 1 aygıtı kullanıldığında, aygıt sayısı 10 iken, Tip 2 aygıtı ile 8 olarak hesaplanmaktadır. Geriverimi $v=0.52$ olan Tip 1 aygıtı kullanıldığında, $E_{\text{ort}}=510 \text{ lm/m}^2$ olarak hesaplanırken, geriverimi $v=0.56$ olan Tip 2 aygıtı ile $E_{\text{ort}}=480 \text{ lm/m}^2$ olarak hesaplanmaktadır. Bu durumda, aygıt geriverimi %8 oranında artarken, aygıt sayısı düştüğü için, ortalama aydınlık düzeyi, %6 oranında azalmıştır.

Ucuca yerleştirme dzeninde Tip1 aygıtı olarak kullanıldığında, aygıt sayısı 15 iken, Tip2 aygıtı ile 12 olarak hesaplanmaktadır. Tip 1 aygıtı kullanıldığında, $E_{ort}=746 \text{ lm/m}^2$, Tip 2 aygıt ile de, $E_{ort}=713 \text{ lm/m}^2$ 'dir. Bu durumda ise, aygıt geriverimi yine, %8 oranında artarken, ortalama aydınlık dzevi, %4 oranında azalmıştır.



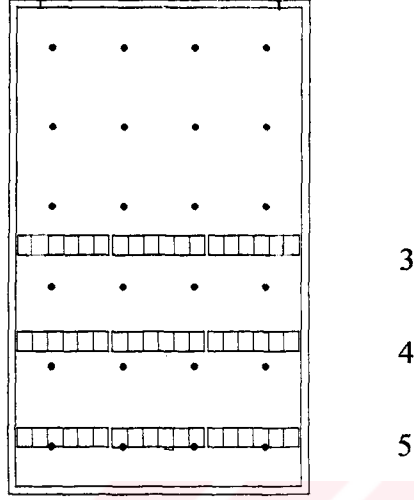
4.1.2.3. A2 Hacminde Bütünleşik Aydınlatma Düzeni

4.1.2.1. Bölümünde, A2 hacmine ilişkin, günışığı aydınlık düzeyi değerleri ve 4.1.2.2. Bölümünde ise, lamba ışığı ile sağlanan aydınlık düzeyi değerleri verilmiştir. Bu bölümde ise, 21 Haziran ve 21 Aralık günlerinde, 9.00, 12.00 ve 16.00 saatleri için hesaplanan günışığı dağılımlarını, belli bir yaklaşıklıkla dengeleyen, yapay aydınlatma (bütünleşik aydınlatma) düzeni ele alınmıştır. Bu yapay aydınlatma düzeninde, örnekleme amacıyla, Tip 1 aygıtı ve her gözleme noktasında 500 lm/m^2 yi sağlayan ucuca dizilmiş aygıt düzeni (a2) seçilmiştir.

Her gün ve saat için hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerlerini belli yaklaşıklıkla dengelemek amacıyla, yanması gereken lambaları gösteren planlar, Şekil 4.22, 4.23, 4.24, 4.25, 4.26, 4.27'de verilmiştir.

Ayrıca, A2 hacminde, belirlenen gözleme noktaları için hesaplanan günışığı (G), lamba ışığı (L) ve günışığı + lamba ışığı (G+L) aydınlık düzeyi değerleri, Tablo 4.32, 4.33, 4.34, 4.35, 4.36, 4.37'de ve hacim içindeki aydınlık dağılımları ise, Grafik 4.27, 4.28, 4.29, 4.30, 4.31, 4.32'de gösterilmiştir.

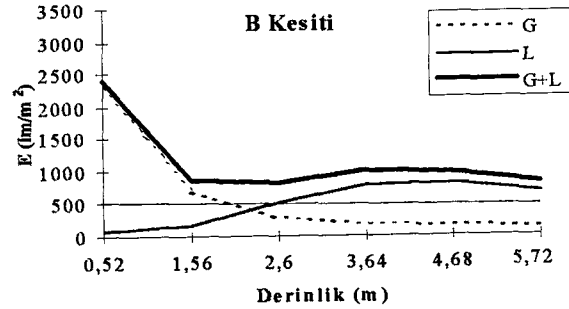
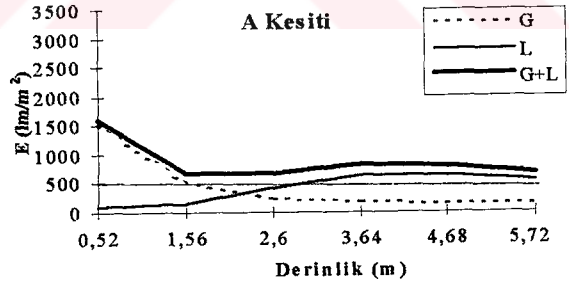
- A2 Hacminde 21 Haziran saat:9.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeni



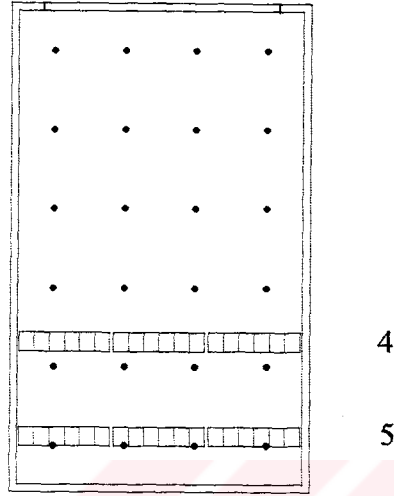
Şekil 4.22

Tablo 4.32 ve Grafik 4.27

$y \backslash x$	0,47			1,41		
Aydınlık Düzeyi	G	L	G+L	G	L	G+L
0,52	1528	84	1612	2311	81	2392
1,56	507	148	655	689	163	852
2,6	253	411	664	291	504	795
3,64	186	628	814	198	787	985
4,68	155	641	796	159	805	964
5,72	141	530	671	142	660	802



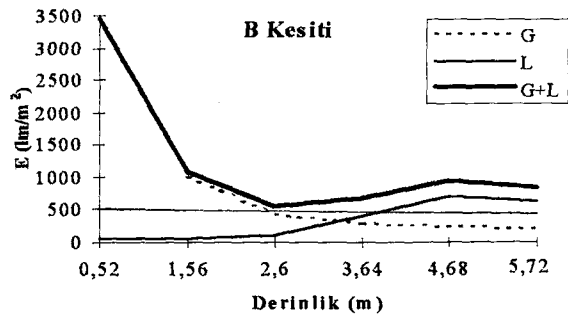
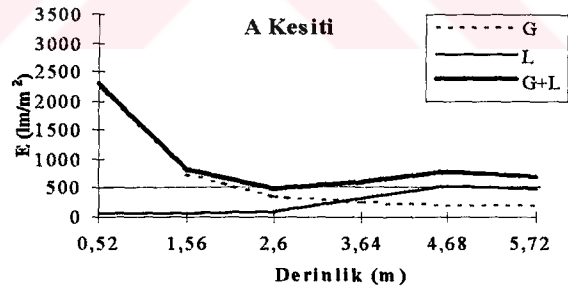
- A2 Hacminde 21 Haziran saat:12.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeni



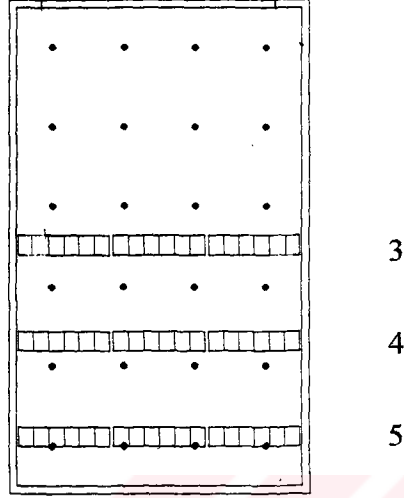
Şekil 4.23

Tablo 4.33 ve Grafik 4.28

y \ x	0,47			1,41		
	G	L	G+L	G	L	G+L
Aydınlik Düzeyi						
0,52	2250	50	2300	3403	47	3450
1,56	745	59	804	1014	58	1072
2,6	371	100	471	427	111	538
3,64	272	317	589	290	394	684
4,68	226	552	778	232	700	932
5,72	206	497	703	208	626	834



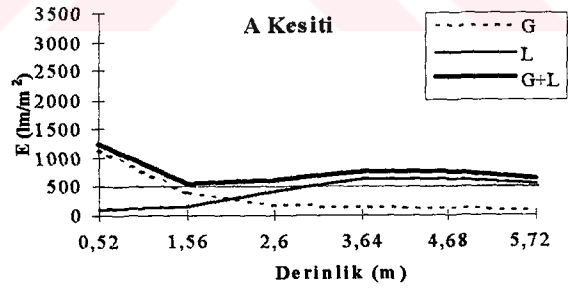
- A2 Hacminde 21 Haziran saat:16.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeni



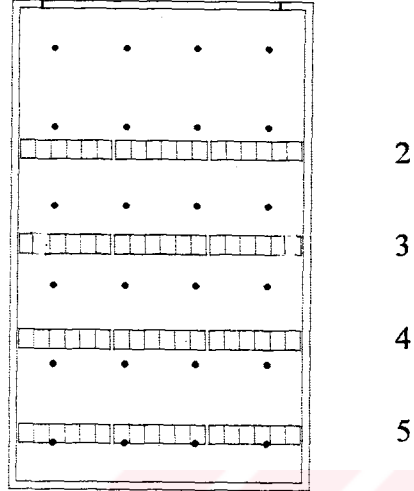
Şekil 4.24

Tablo 4.34 ve Grafik 4.29

y \ x	0,47			1,41		
	G	L	G+L	G	L	G+L
Aydınlık Düzeyi						
0,52	1159	84	1243	1755	81	1836
1,56	383	148	531	522	163	685
2,6	189	411	600	218	504	722
3,64	138	628	766	147	787	934
4,68	114	641	755	118	805	923
5,72	104	530	634	105	660	765



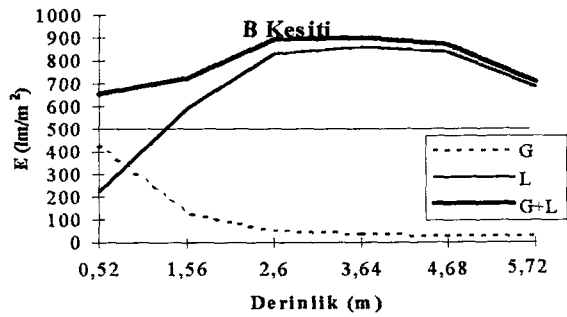
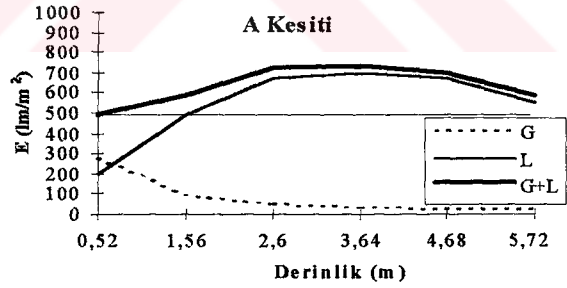
- A2 Hacminde 21 Aralık saat:9.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeni



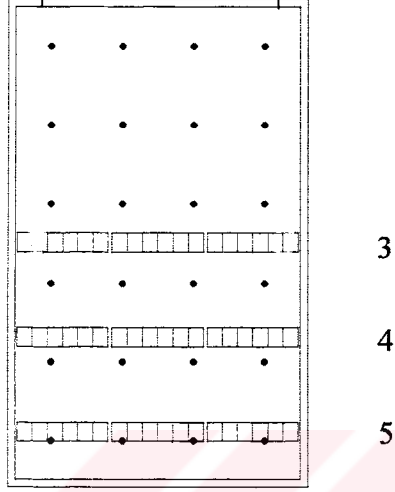
Şekil 4.25

Tablo 4.35 ve Grafik 4.30

y \ x	0,47			1,41		
	G	L	G+L	G	L	G+L
Aydınlık Düzeyi						
0,52	287	201	488	433	224	657
1,56	96	488	584	130	596	726
2,6	48	672	720	55	834	889
3,64	36	695	731	38	865	903
4,68	30	672	702	31	836	867
5,72	27	556	583	27	683	710



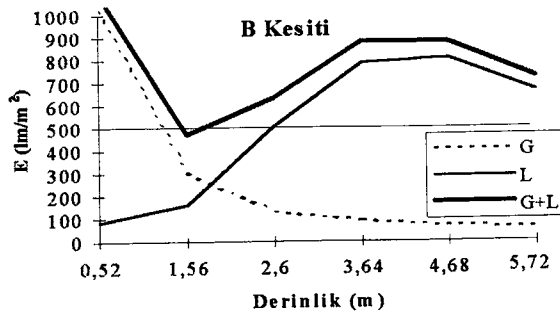
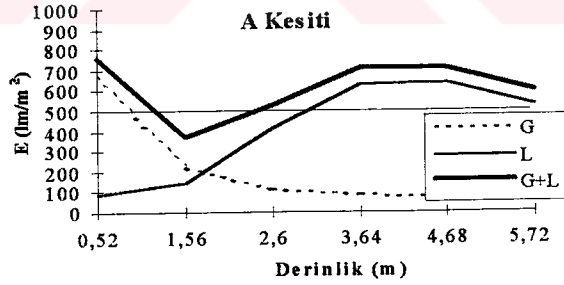
- A2 Hacminde 21 Aralık saat:12.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeni



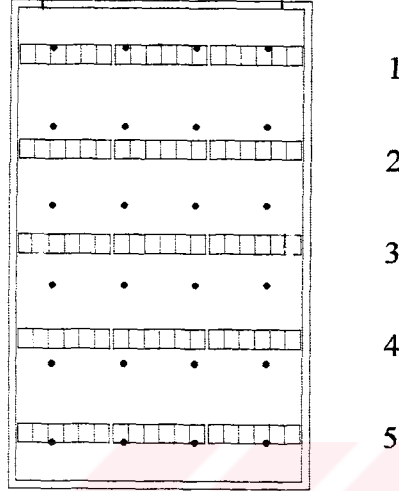
Şekil 4.26

Tablo 4.36 ve Grafik 4.31

Y \ X	0,47			1,41		
	G	L	G+L	G	L	G+L
Aydınlık Düzeyi						
0,52	675	84	759	1020	81	1101
1,56	225	148	373	305	163	468
2,6	113	411	524	130	504	634
3,64	83	628	711	89	787	876
4,68	70	641	711	72	805	877
5,72	63	530	593	64	660	724



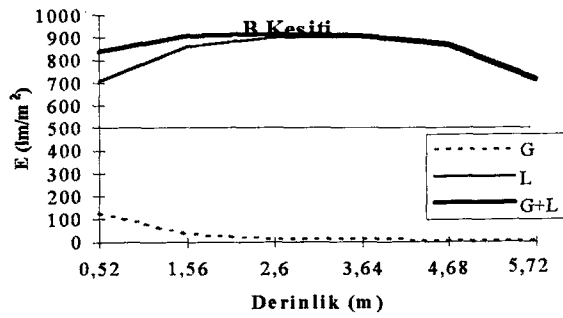
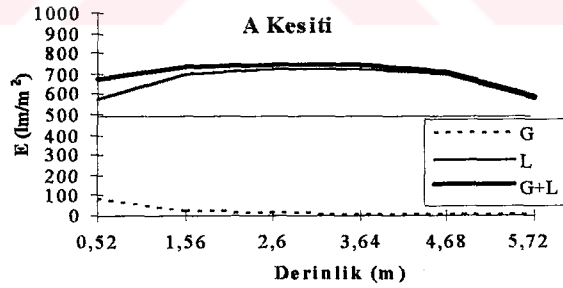
- A2 Hacminde 21 Aralık saat:16.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeni



Şekil 4.27

Tablo 4.37 ve Grafik 4.32

$y \setminus x$	0,47			1,41		
Aydınlık Düzeyi	G	L	G+L	G	L	G+L
0,52	89	580	669	134	707	841
1,56	30	700	730	41	863	904
2,6	15	728	743	18	898	916
3,64	12	728	740	12	898	910
4,68	10	700	710	10	863	873
5,72	9	580	589	9	707	716



- **A2 Hacminde Kurulan Bütünleşik Aydınlatma Düzenlerinin Değerlendirilmesi**

A2 hacminde kurulan yapay aydınlatma düzeninde (a2), 5 sıra aygıt kullanılmıştır (Bkz. Bölüm 5.1.2.2). Günışığı kullanımı açısından incelenen 6 durum içinde, 21 Haziran saat 12.00'de, bu sıralardan yalnızca, 4. ve 5. sıralar yanarken, 21 Aralık saat 16.00'da bütün sıraların yanması gerekmektedir. İncelenen gün ve saatler için, yanması gereken aygıt sıraları, Tablo 4.38'de verilmiştir.

Tablo 4.38

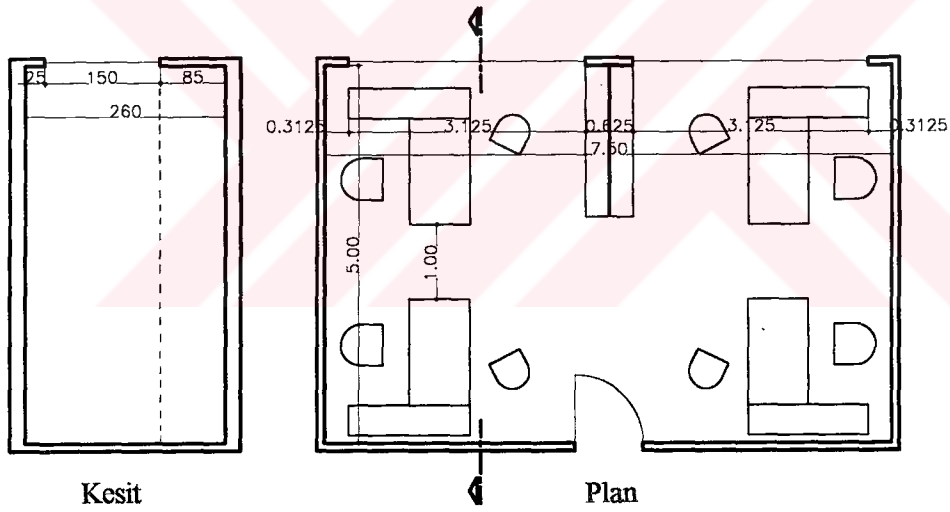
Gün-Saat	9.00	12.00	16.00
21 Haziran	3,4,5	4,5	3,4,5
21 Aralık	2,3,4,5	3,4,5	1,2,3,4,5

4.2. B1 ve B2 Hacimlerinin Aydınlatma Düzenleri

4. Bölüm'de verilen genel bilgiler ışığında, boyutları açısından grup büro sınıfına giren B1 ve B2 hacimlerinde, doğal, yapay ve bütünleşik aydınlatma düzenleri kurulmuş ve hesaplamalar yapılmıştır.

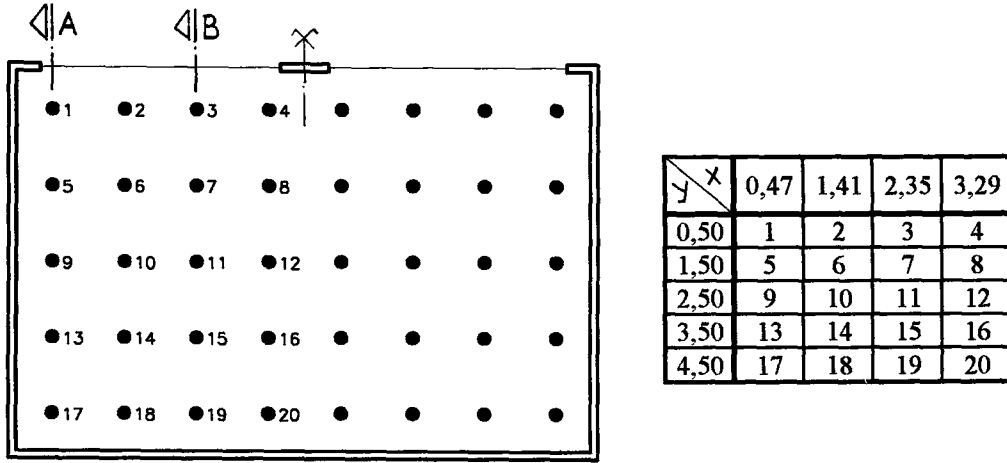
4.2.1. B1 Hacminin Aydınlatma Düzeninin Kurulması

B1 olarak nitelendirilen hacmin genişliği, 7.50 m.; derinliği, 5.00 m. ve yüksekliği, 2.60 m.dir. Genişliği, 3.125 m. ve yüksekliği, 1.50 m. olan iki pencere, 7.50 m.lik duvarda bulunmaktadır (Bkz. Şekil 4.28).



Şekil 4.28. B1 Hacminin planı ve kesiti - Ö: 1/100

B1 hacmindeki aydınlık dağılımını belirlemek için, 0.85 m. yüksekliğindeki yatay çalışma düzlemi üzerinde 40 nokta seçilmiştir. (Hacim simetrik olduğu için, simetri ekseninin sol yanındaki değerler alınmıştır.) Bu noktaların, hacmin planı üzerindeki yerleri, Şekil 4.29'da; x-y koordinatları ise, Tablo 4.39'da verilmiştir.



Şekil 4.29. ve Tablo 4.39. B1 Hacminde belirlenen gözleme noktaları ve koordinatları

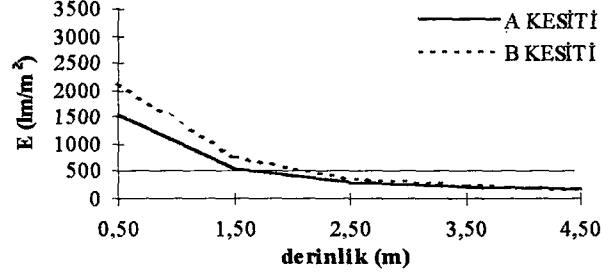
Güneşiği ve lamba ışığının noktada aydınlık düzeyi değerleri, tablolarda ve aydınlığın hacim içindeki dağılımı ise, kesit grafiklerde (Şekil 4.29'da belirtilen A ve B kesitleri) olmak üzere, aşağıdaki bölümlerde ayrı ayrı verilmiştir.

4.2.1.1. B1 Hacminde Güneşiğin Çalışma Düzleminde Oluşturduğu Aydınlık Düzeyi Değerleri

B1 hacminde, yatay çalışma düzleminde belirlenen 40 noktada, 21 Haziran ve 21 Aralık günlerinde, 9.00, 12.00 ve 16.00 saatleri için güneşiğin oluşturduğu aydınlık düzeyi değerleri, aşağıdaki tablo ve grafiklerle belirtilmiştir.

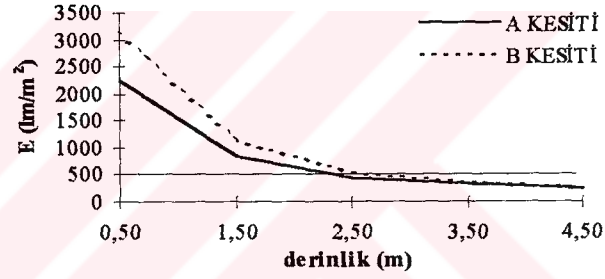
Tablo 4.40. ve Grafik 4.33. B1 Hacminde 21 Haziran saat 9.00 için hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

y \ x	0,47	1,41	2,35	3,29
0,50	1532	2133	2132	1673
1,50	568	761	782	703
2,50	292	348	369	364
3,50	215	241	254	257
4,50	166	176	183	185



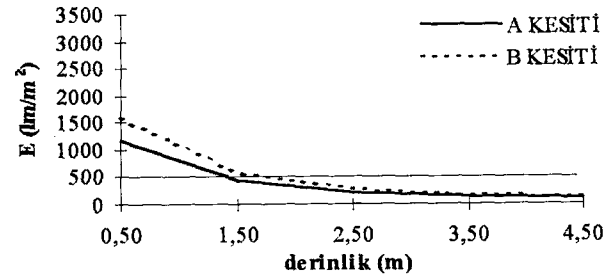
Tablo 4.41. ve Grafik 4.34. B1 Hacminde 21 Haziran saat:12:00 için hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

y \ x	0,47	1,41	2,35	3,29
0,50	2256	3142	3141	2465
1,50	837	1120	1151	1035
2,50	429	514	542	535
3,50	315	354	373	376
4,50	243	258	267	271



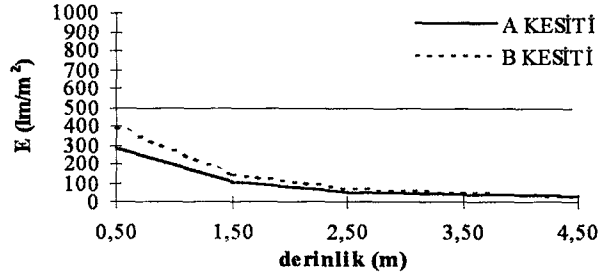
Tablo 4.42. ve Grafik 4.35. B1 Hacminde 21 Haziran saat:16.00 için hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

y \ x	0,47	1,41	2,35	3,29
0,50	1163	1620	1625	1270
1,50	430	576	592	532
2,50	219	262	277	273
3,50	160	180	190	192
4,50	122	134	135	137



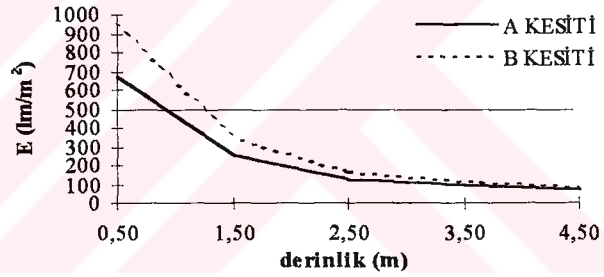
Tablo 4.43. ve Grafik 4.36. B1 Hacminde 21 Aralık saat:9.00 için hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

y \ x	0,47	1,41	2,35	3,29
0,50	288	400	401	314
1,50	108	143	147	133
2,50	56	67	70	69
3,50	41	46	50	50
4,50	32	34	35	36



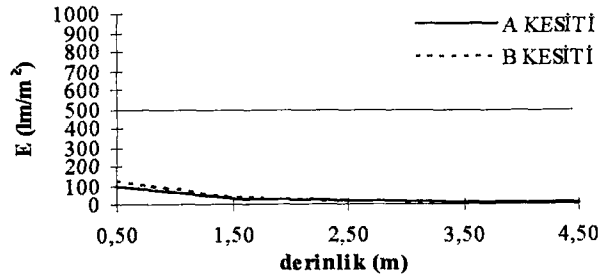
Tablo 4.44. ve Grafik 4.37. B1 Hacminde 21 Aralık saat:12.00 için hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

y \ x	0,47	1,41	2,35	3,29
0,50	677	942	943	739
1,50	252	337	346	310
2,50	130	156	164	162
3,50	96	108	113	114
4,50	74	79	82	83



Tablo 4.45. ve Grafik 4.38. B1 Hacminde 21 Aralık saat:16.00 için hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

y \ x	0,47	1,41	2,35	3,29
0,50	90	123	124	97
1,50	33	45	46	40
2,50	17	20	21	21
3,50	13	14	15	15
4,50	10	10	11	11



- **B1 Hacmindeki Günüşığı Aydınlik Dağılımının Değerlendirilmesi**

B1 hacminde hesaplanan günüşığı aydınlık düzeyi değerleri incelendiğinde, pencereye en yakın gözleme noktalarında, 21 Aralık saat 16.00'da, 90-123-124-97 lm/m² ile minimum olan aydınlık düzeyi, 21 Haziran saat 12.00'de, 2256-3142-3141-2465 lm/m² ile maksimuma ulaşmaktadır.

Hesaplama yapılan tüm gün ve saatler için, pencereden uzaklaştıkça, aydınlık düzeyi hızla düşmektedir. Özellikle, pencereden 0.50 m. ile 1.50 m. uzaklıklar arasında, azalma hızlı olurken, 1.50 m.den sonra yavaşlamaktadır. 1.50 m. uzaklıktaki değerler, 0.50 m. uzaklıktaki değerlerin yaklaşık olarak, 1/3'üne düşmüştür. Pencereden en uzak gözleme noktası olan 4.50 m. uzaklıktaki değerlerin ise, 1.50 m.deki değerlerin yaklaşık olarak, 1/4'ü olduğu görülmektedir. Ayrıca, pencereden en uzak gözleme noktalarındaki (4.50 m.) değerler, pencereye en yakın gözleme noktalarındaki (0.50 m.) değerlerin yaklaşık olarak 1/9-1/12'si arasında değişmektedir.

Günüşığı aydınlık düzeyi, 21 Haziran'da tüm saatlerde, genelde, 1.50 m.den sonra, 500 lm/m² nin altına düşerken, 21 Aralık'ta saat 12.00 dışındaki saatlerde, tüm gözleme noktalarında yetersiz kalmaktadır.

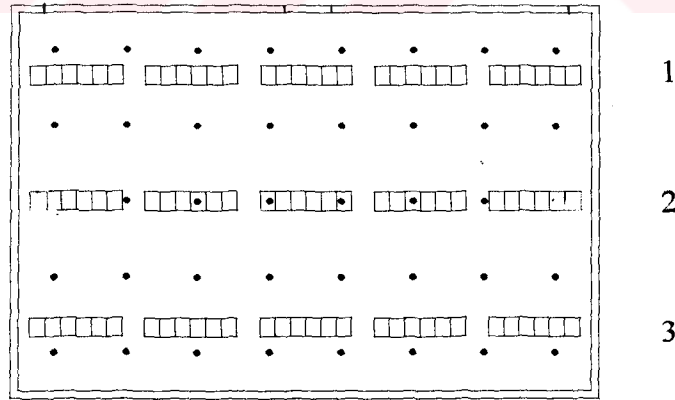
4.2.1.2. B1 Hacminde Lamba Işığının Çalışma Düzleminde Oluşturduğu Aydınlik Düzeyi Değerleri

B1 hacminde, Tip 1 ve Tip 2 aygıtları kullanılarak, yapay aydınlatma düzeni kurulmuştur. Minimum 500 lm/m^2 olması gereken aydınlık düzeyini sağlayacak aygıt sayısını bulabilmek için, ortalama ve noktada aydınlık düzeyi hesapları yapılmıştır. Hesaplamalar, Tip 1 ve Tip 2 aygıtlarının iki değişik yerleştirme düzeni için, ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir.

a) Tip 1 aygıtı ile kurulan aydınlatma düzeni

Tip 1 aygıtın değişik yerleştirme düzenleri, a1 ve a2'de belirtilmiştir.

a.1) Ortalama aydınlık düzeyi hesabı sonucu belirlenen, 15 aygıt, hacim içinde düzgün yayılmış bir aydınlık düzeyi sağlamak amacıyla, program tarafından, ayırık olarak ve 3 sıra halinde yerleştirilmiştir (Bkz. Şekil 4.30).



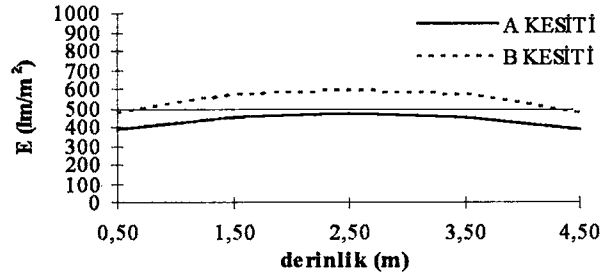
Şekil 4.30. B1 Hacminde Tip 1 aygıtının ayırık biçimde yerleştirme düzeni

Bu yerleştirme düzeni ile, hacimde ortalama aydınlık düzeyi, $E_{\text{ort}}=510 \text{ lm/m}^2$ ve aydınlık dağılımının düzgünlük oranı, $E_{\text{min}}/E_{\text{ort}}=0.76$ olarak hesaplanmaktadır. B1 hacminde

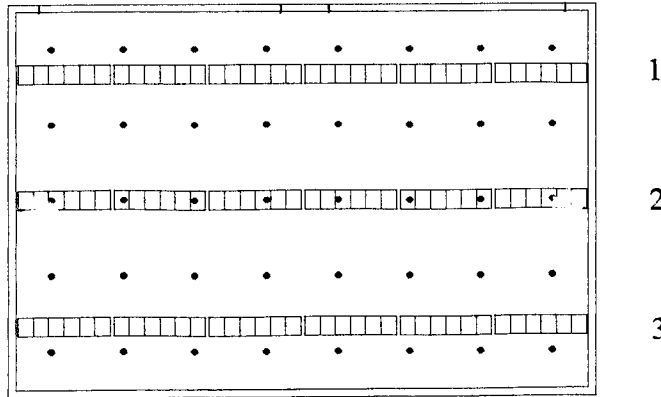
belirlenen gözleme noktalarında, tüm lambaların yakılması durumunda, lamba ışığı aydınlık düzeyi değerleri ve hacim içindeki aydınlık dağılımı Tablo 4.46 ve Grafik 4.39'da verilmiştir.

Tablo 4.46. ve Grafik 4.39. B1 hacminde Tip 1 aygıtın ayrık yerleştirilmesi sonucu hesaplanan lamba ışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

$y \backslash x$	0,47	1,41	2,35	3,29
0,50	386	461	484	483
1,50	453	550	579	578
2,50	473	573	604	603
3,50	453	550	579	578
4,50	386	461	484	483



a.2) a.1'deki aydınlatma düzeninde, hacmin duvarlarına yakın olan 1,2,3,4,5,9,13,17, 18,19, 20 numaralı gözleme noktalarındaki aydınlık düzeyinin 500 lm/m^2 den daha düşük olduğu görülmektedir. Bu noktalarda da min. 500 lm/m^2 aydınlık düzeyi sağlamak için, bilgisayar programının kurduğu düzen değiştirilerek, yeni bir düzen oluşturulmuş olup; aygıt sayısı 18'e çıkarılarak ve aygıtlar ucuca dizilerek yerleştirilmiştir (Bkz. Şekil 4.31).

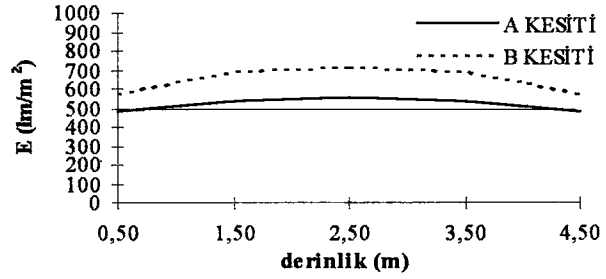


Şekil 4.31. B1 Hacminde Tip 1 aygıtının ucuca dizilerek yerleştirme düzeni

Yeni durumda, $E_{ort}=609 \text{ lm/m}^2$ ve $E_{min}/E_{ort}=0.74$ olarak hesaplanmakta olup, belirlenen gözleme noktalarındaki aydınlık düzeyi değerleri ve hacim içindeki aydınlık dağılımı Tablo 4.47 ve Grafik 4.40'da verilmiştir.

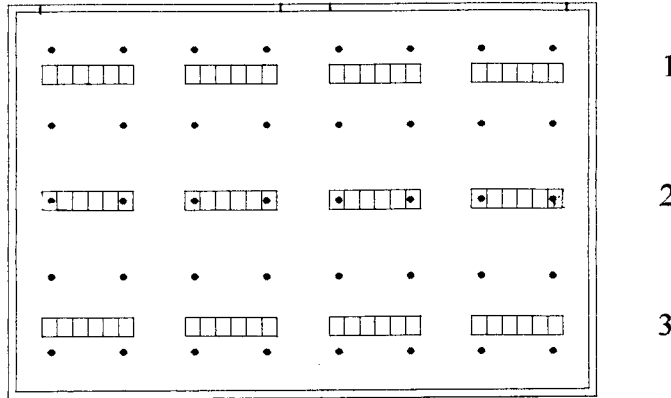
Tablo 4.47. ve Grafik 4.40. B1 Hacminde Tip 1 aygıtının ucuca dizilerek yerleştirilmesi sonucu hesaplanan lamba ışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

$y \setminus x$	0,47	1,41	2,35	3,29
0,50	488	554	577	579
1,50	534	661	690	695
2,50	555	689	719	723
3,50	534	661	690	695
4,50	488	554	577	579



b) Tip 2 aygıtı ile kurulan aydınlatma düzeni

b.1) B1 hacminde bu tip aygıtın kullanılması durumunda, yapılan ortalama aydınlık düzeyi hesabı sonucunda belirlenen 12 aygıt, düzgün yayılmış bir aydınlık sağlayacak biçimde, program tarafından, ayrı olarak ve 3 sıra halinde yerleştirilmiştir (Bkz. Şekil 4.32).

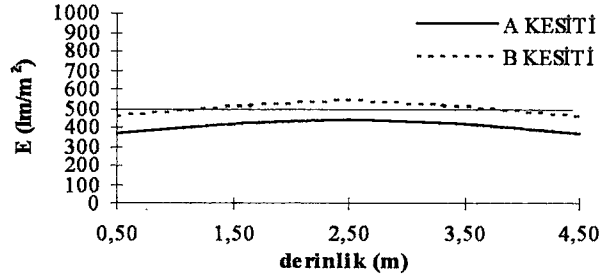


Şekil 4.32. B1 Hacminde Tip 2 aygıtının ayrı biçimde yerleştirme düzeni

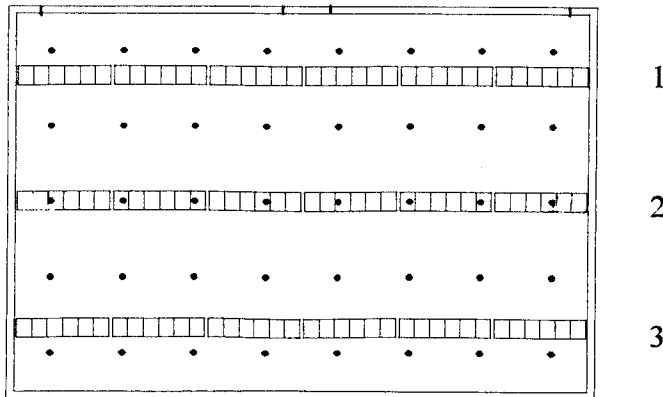
Bu durumda, $E_{ort}=476 \text{ lm/m}^2$ ve $E_{min}/E_{ort}=0.78$ olarak hesaplanmakta olup, belirlenen gözleme noktalarındaki aydınlık düzeyi değerleri ve hacim içindeki aydınlık dağılımı Tablo 4.48 ve Grafik 4.41’de verilmiştir.

Tablo 4.48. ve Grafik 4.41. B1 hacminde Tip 2 aygıtının ayrıklı yerleştirilmesi sonucu hesaplanan lamba ışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

y \ x	0,47	1,41	2,35	3,29
0,50	370	457	458	458
1,50	420	517	518	518
2,50	441	548	550	549
3,50	420	517	518	518
4,50	370	457	458	458



b.2) b.1’deki aydınlatma düzeninde, duvarlara yakın olan 1,2,3,4,5,9,13,17,18,19,20 numaralı gözleme noktalarında aydınlık düzeyinin 500 lm/m^2 ’den daha düşük olması nedeniyle, aygıt sayısı 18’e çıkarılarak ve ucuca dizilerek yerleştirilmiştir (Bkz. Şekil 4.33).

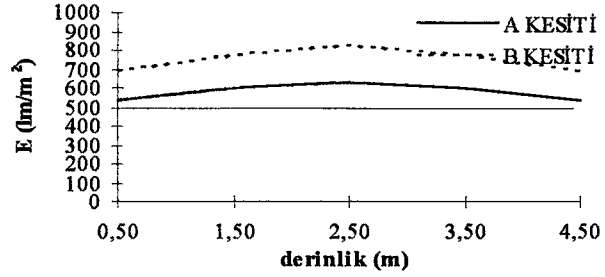


Şekil 4.33. B1 hacminde Tip 2 aygıtının ucuca dizilerek yerleştirme düzeni

Bu durumda, $E_{ort}=708 \text{ lm/m}^2$ ve $E_{min}/E_{ort}=0.76$ olarak hesaplanmakta olup, belirlenen noktalardaki aydınlık düzeyi değerleri ve hacim içindeki aydınlık dağılımı Tablo 4.49 ve Grafik 4.42’de verilmiştir.

Tablo 4.49. ve Grafik 4.42. B1 Hacminde Tip 2 aygıtının ucuca dizilerek yerleştirilmesi sonucu hesaplanan lamba ışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

Y \ X	0,47	1,41	2,35	3,29
0,50	535	678	690	689
1,50	604	769	782	781
2,50	636	813	827	828
3,50	604	769	782	781
4,50	535	678	690	689



c) B1 Hacminde Tip 1 ve Tip 2 Aygıtları ile Kurulan Yapay Aydınlatma Düzenlerinin Değerlendirilmesi

B1 hacminde iki değişik tip aygıt kullanılması durumunda ve değişik yerleştirme düzenlerinde sağlanan ortalama aydınlık düzeyi (E_{ort}) değerleri ve aydınlık dağılımının düzgünlüğüne ilişkin oran (E_{min}/E_{ort}) değerleri Tablo 4.50’de belirtilmiştir.

Tablo 4.50

Aydınlatma Düzeni	Aygıt Tipi	Aygıt Geriverimi (v)	Aygıt (=lamba) sayısı	$E_{ort} (\text{lm/m}^2)$	E_{min}/E_{ort}
a1	Tip 1 (ayrık)	0,52	15	510	0,76
a2	Tip 1 (ucuca)		18	609	0,74
b1	Tip 2 (ayrık)	0,56	12	476	0,78
b2	Tip 2 (ucuca)		18	708	0,76

Tablo 4.50'deki değerler,

1. aynı tip aygıtların değişik yerleştirme düzeni (a1- a2 / b1-b2),
 2. iki değişik tip aygıtın aynı yerleştirme düzeni (a1-b1 / a2-b2)
- olmak üzere iki açıdan değerlendirilmiştir.

1. B1 Hacminde Aynı Tip Aygıtın Değişik Yerleştirme Düzeni Açıısından Değerlendirilmesi

Tip 1 aygıtının ayrıık yerleşim düzeninde, 15 olarak hesaplanan aygıt sayısı, ucuca yerleşim düzeninde, 18'e çıkararak, %20 oranında artmıştır. Bu durumda, ortalama aydınlık düzeyi, 510 lm/m² den, 609 lm/m² ye çıkararak, %19 oranında artmaktadır. E_{min}/E_{ort} oranı ise, ayrıık yerleşimde, 0.76 iken, ucuca yerleştirildiğinde, %3 oranında azalarak, 0.74 olarak hesaplanmaktadır.

Tip 2 aygıtı kullanıldığında da, ayrıık yerleşimde, 12 olan aygıt sayısı, ucuca yerleşim düzeninde, 18'e çıkararak, %50 oranında artmıştır. Bu durumda, ortalama aydınlık düzeyi, 476 lm/m² den, 708 lm/m² ye çıkararak, %33 oranında artmaktadır. E_{min}/E_{ort} oranı ise, ayrıık yerleşimde, 0.78 iken, ucuca yerleştirildiğinde, %3 oranında azalarak, 0.76 olarak hesaplanmıştır.

2. B1 Hacminde İki Değişik Tip Aygıtın Aynı Yerleştirme Düzeni Açıısından Değerlendirilmesi

Ayrıık yerleşim düzeninde, Tip 1 aygıtı kullanıldığında, aygıt sayısı 15 iken, Tip 2 aygıtı ile 12 olarak hesaplanmaktadır. Geriverimi v=0.52 olan Tip 1 aygıtı ile E_{ort}=510 lm/m² olarak hesaplanırken, geriverimi v=0.56 olan Tip 2 aygıtı ile E_{ort}=476 lm/m²'dir. Bu durumda, aygıt geriverimi %8 oranında artarken, aygıt sayısı düştüğü için, ortalama aydınlık düzeyi, %6 oranında azalmıştır.

Ucuca yerleşim düzeninde ise, her iki tip aygıt için, aygıt sayısı değişmemekte ve 18 olarak hesaplanmaktadır. Tip 1 aygıtı kullanıldığında, $E_{ort}=609 \text{ lm/m}^2$, Tip 2 aygıtı ile de $E_{ort}=708 \text{ lm/m}^2$ dir. Bu durumda ise, aygıt geriverimi, yine, %8 oranında artarken, ortalama aydınlık düzeyi, %16 oranında artmıştır.



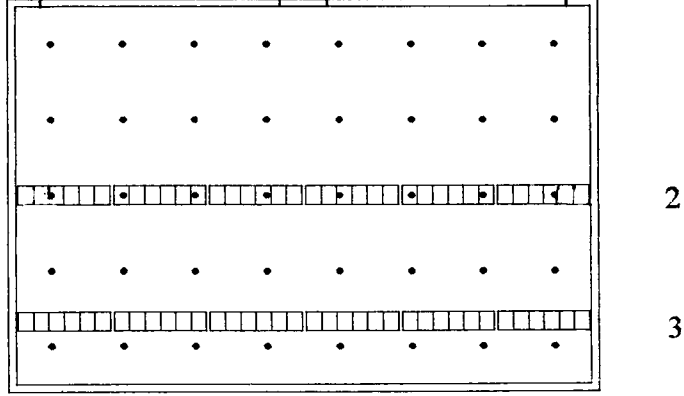
4.2.1.3. B1 Hacminde Bütünleşik Aydınlatma Düzeni

4.2.1.1. Bölümünde, B1 hacmine ilişkin, günışığı aydınlık düzeyi değerleri ve 4.2.1.2. Bölümünde ise, lamba ışığı ile sağlanan aydınlık düzeyi değerleri verilmiştir. Bu bölümde ise, 21 Haziran ve 21 Aralık günlerinde, 9.00, 12.00 ve 16.00 saatleri için hesaplanan günışığı dağılımlarını belli bir yaklaşıklıkla dengeleyen, yapay aydınlatma (bütünleşik aydınlatma) düzeni ele alınmıştır. Bu yapay aydınlatma düzeninde, örnekleme amacıyla, Tip 1 aygıtı ve her gözleme noktasında 500 lm/m²'yi sağlayan ucuca dizilmiş aygıt düzeni (a2) seçilmiştir.

Ele alınan gün ve saatler için hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerlerini belli yaklaşıklıkla dengelemek amacıyla, yanması gereken lambaları gösteren planlar, Şekil 4.34, 4.35, 4.36, 4.37, 4.38'de verilmiştir.

Ayrıca, B1 hacminde, belirlenen gözleme noktaları için hesaplanan günışığı (G), lamba ışığı (L) ve günışığı + lamba ışığı (G+L) aydınlık düzeyi değerleri, Tablo 4.51, 4.52, 4.53, 4.54, 4.55, 4.56'da ve hacim içindeki aydınlık dağılımları ise, Grafik 4.43, 4.44, 4.45, 4.46, 4.47, 4.48'de gösterilmiştir.

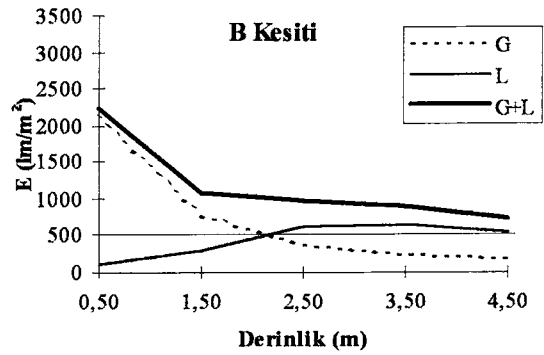
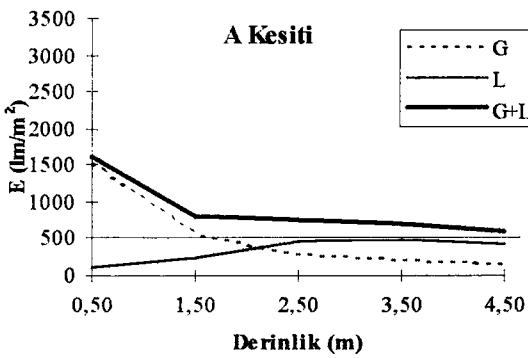
- B1 Hacminde 21 Haziran saat:9.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeni



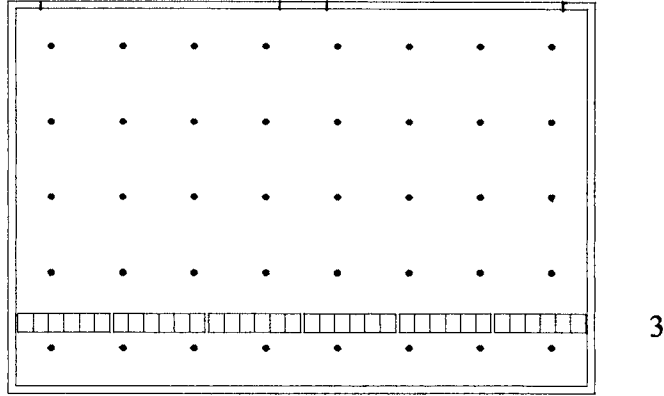
Şekil 4.34

Tablo 4.51 ve Grafik 4.43

y \ x	0,47			1,41			2,35			3,29		
	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L
0,50	1532	95	1627	2133	100	2233	2132	103	2235	1673	104	1777
1,50	568	243	811	761	292	1053	782	305	1087	703	307	1010
2,50	292	467	759	348	585	933	369	610	979	364	613	977
3,50	215	491	706	241	617	858	254	646	900	257	650	907
4,50	166	418	584	176	521	697	183	543	726	185	545	730



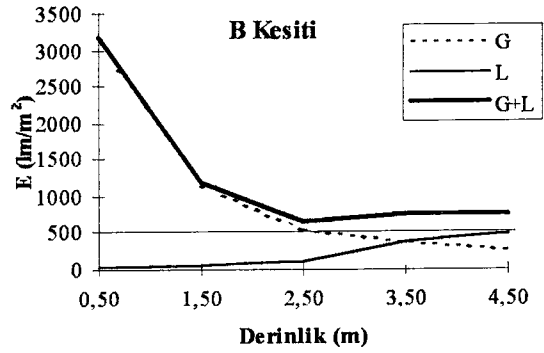
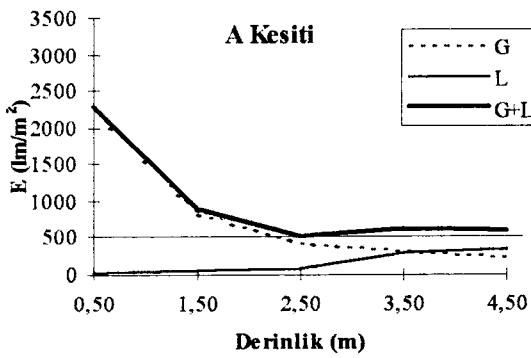
- B1 Hacminde 21 Haziran saat 12.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeni



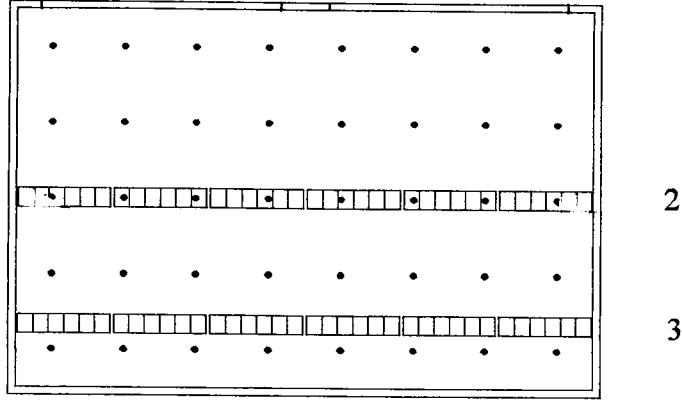
Şekil 4.35

Tablo 4.52 ve Grafik 4.44

y \ x	0,47			1,41			2,35			3,29		
	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L
0,50	2256	35	2291	3142	34	3176	3141	34	3175	2465	34	2499
1,50	834	43	877	1120	43	1163	1151	45	1196	1035	45	1080
2,50	429	88	517	514	104	618	542	110	652	535	111	646
3,50	315	291	606	354	369	723	373	385	758	376	388	764
4,50	243	358	601	258	455	713	267	474	741	271	476	747



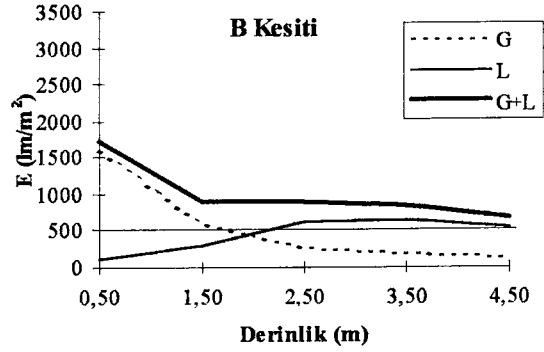
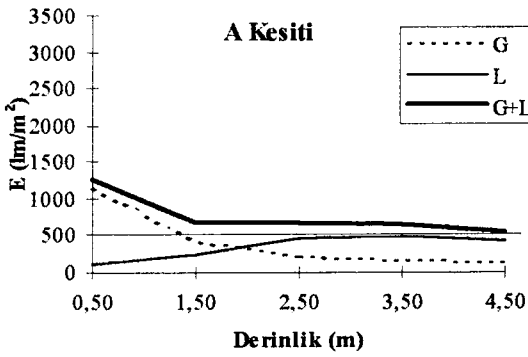
- B1 Hacminde 21 Haziran saat 16.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeni



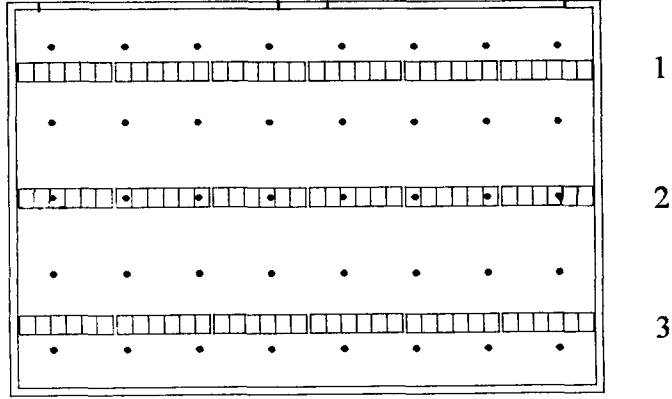
Şekil 4.36

Tablo 4.53 ve Grafik 4.45

y \ x	0,47			1,41			2,35			3,29		
	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L
0,50	1163	95	1258	1620	100	1720	1625	103	1728	1270	104	1374
1,50	430	243	673	576	292	868	592	305	897	532	307	839
2,50	219	467	686	262	585	847	277	610	887	273	613	886
3,50	160	491	651	180	617	797	190	646	836	192	650	842
4,50	122	418	540	134	521	655	135	543	678	137	545	682



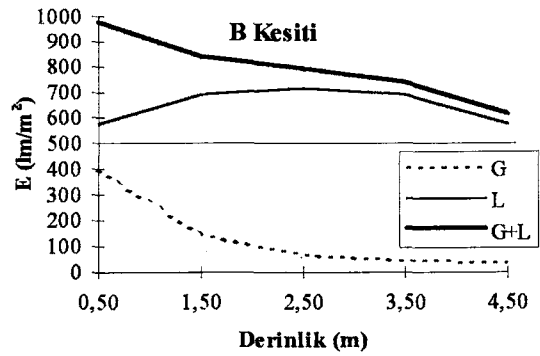
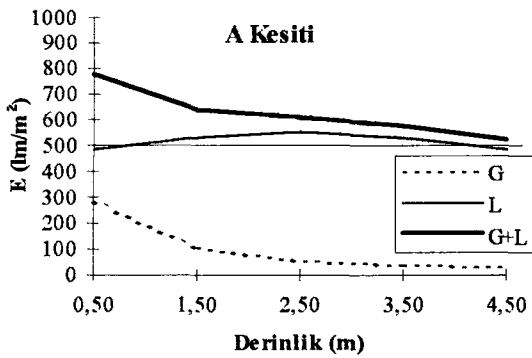
- B1 hacminde 21 Aralık saat:9.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeni



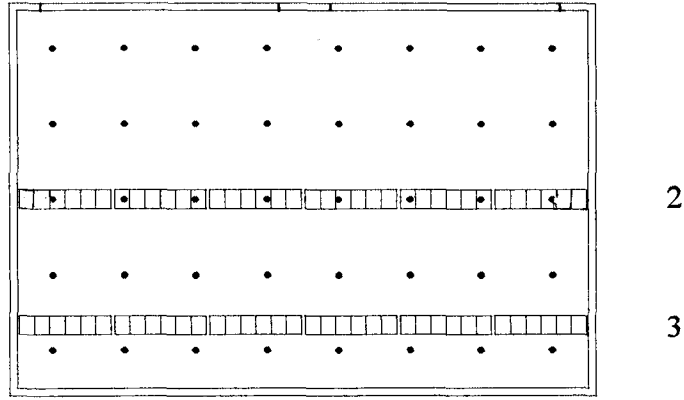
Şekil 4.37

Tablo 4.54 ve Grafik 4.46

y \ x	0,47			1,41			2,35			3,29		
	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L
0,50	288	488	776	400	554	954	401	577	978	314	579	893
1,50	108	534	642	143	661	804	147	690	837	133	695	828
2,50	56	555	611	67	689	756	70	719	789	69	723	792
3,50	41	534	575	46	661	707	50	690	740	50	695	745
4,50	32	488	520	34	554	588	35	577	612	36	579	615



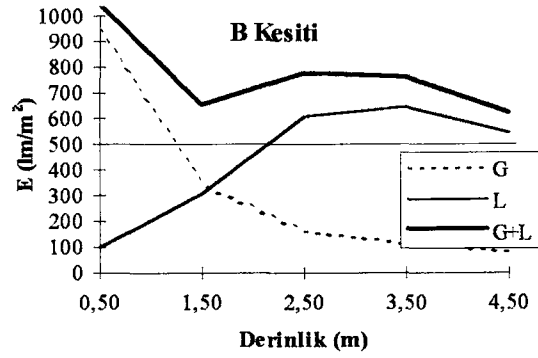
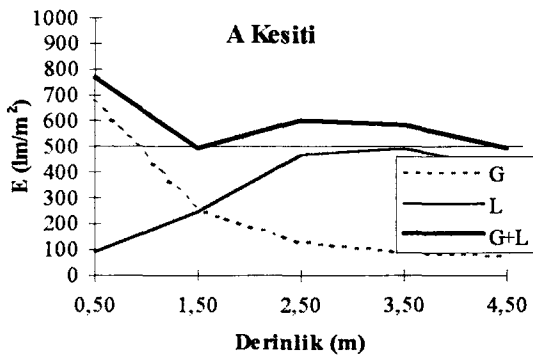
- B1 Hacminde 21 Aralık saat:12.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeni



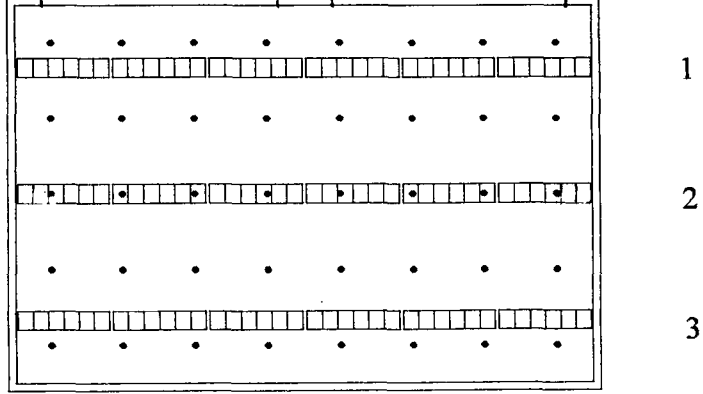
Şekil 4.38

Tablo 4.55 ve Grafik 4.47

y \ x	0,47			1,41			2,35			3,29		
	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L
0,50	677	95	772	942	100	1042	943	103	1046	739	104	843
1,50	252	243	495	337	292	629	346	305	651	310	307	617
2,50	130	467	597	156	585	741	164	610	774	162	613	775
3,50	96	491	587	108	617	725	113	646	759	114	650	764
4,50	74	418	492	79	521	600	82	543	625	83	545	628



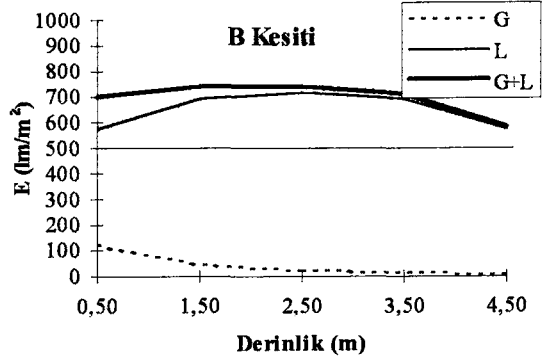
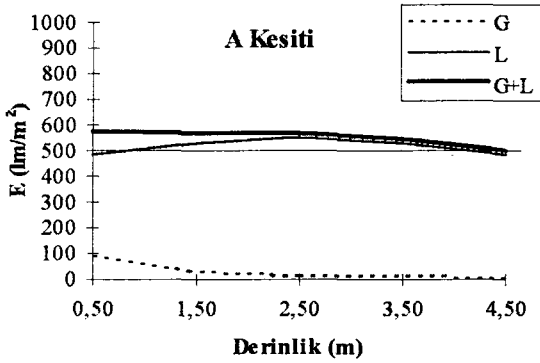
- B1 Hacminde 21 Aralık saat:16.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeni



Şekil 4.39

Tablo 4.56 ve Grafik 4.48

y \ x	0,47			1,41			2,35			3,29		
	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L
0,50	90	488	578	123	554	677	124	577	701	97	579	676
1,50	33	534	567	45	661	706	46	690	736	40	695	735
2,50	17	555	572	20	689	709	21	719	740	21	723	744
3,50	13	534	547	14	661	675	15	690	705	15	695	710
4,50	10	488	498	10	554	564	11	577	588	11	579	590



• B1 Hacminde Kurulan Bütünleşik Aydınlatma Düzenlerinin Değerlendirilmesi

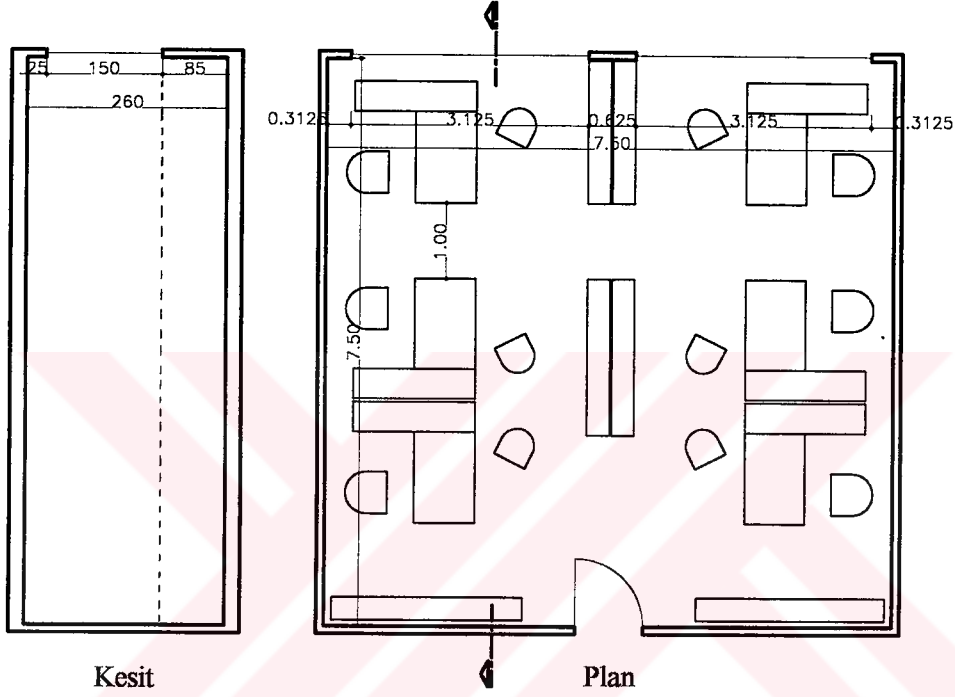
B1 hacminde kurulan yapay aydınlatma düzeninde (a2), 3 sıra aygıt kullanılmıştır (Bkz. Bölüm 4.2.1.2). Günışığı kullanımını açısından incelenen 6 durum içinde, 21 Haziran saat 12.00'de bu 3 sıranın yalnızca, 3. sırası yanarken, 21 Aralık saat 16.00'da bütün sıraların yanması gerekmektedir. İncelenen gün ve saatler için, yanması gereken aygıt sayıları, Tablo 4.57'de verilmiştir.

Tablo 4.57

Gün-Saat	9.00	12.00	16.00
21 Haziran	2,3	3	2,3
21 Aralık	1,2,3	2,3	1,2,3

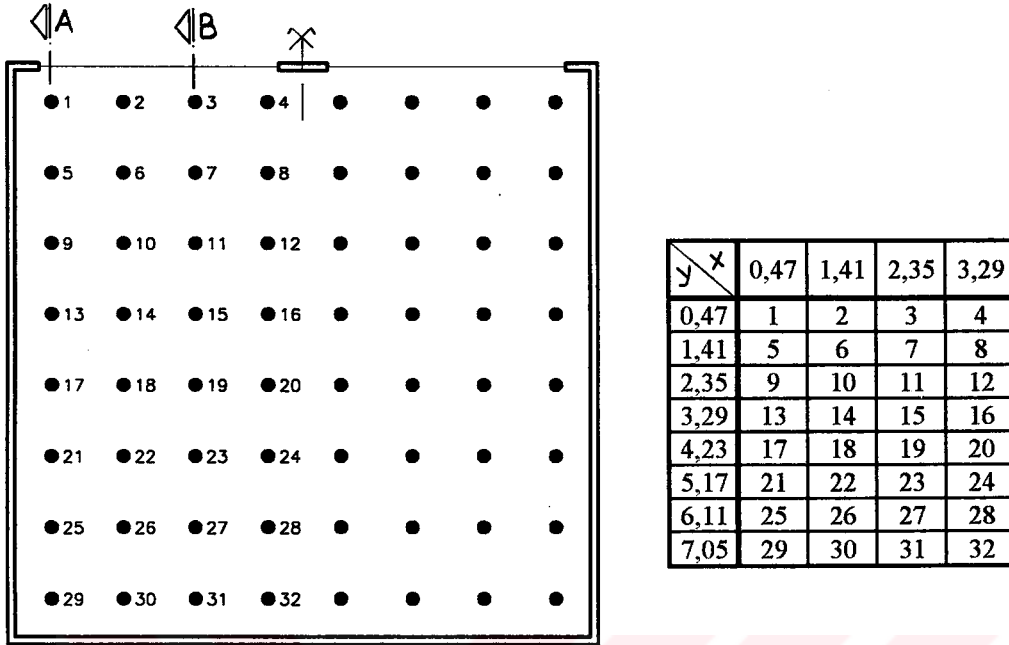
4.2.2. B2 Hacminin Aydınlatma Düzeninin Kurulması

B2 olarak nitelendirilen hacmin genişliği, 7.50 m., derinliği, 7.50 m. ve yüksekliği, 2.60 m.'dir. Hacimde, genişliği, 3.125 m. ve yüksekliği, 1.50 m. olan iki pencere bulunmaktadır (Bkz. Şekil 4.40).



Şekil 4.40. B2 Hacminin planı ve kesiti - Ö:1/100

B2 hacmindeki aydınlık dağılımını belirlemek için, 64 nokta seçilmiştir. Bu noktaların hacmin planı üzerindeki yerleri, Şekil 4.41'de; x-y koordinatları ise, Tablo 4.58'de verilmiştir.



Şekil 4.41. ve Tablo 4.58. B2 Hacminde belirlenen gözleme noktaları ve koordinatları

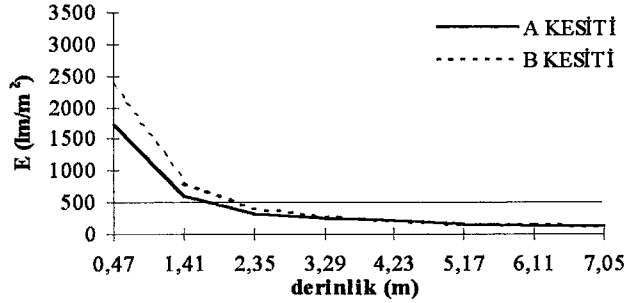
Güneş ışığı ve lamba ışığının noktada aydınlık düzeyi değerleri, tablolarda ve aydınlığın hacim içindeki dağılımı ise, kesit grafiklerde (Şekil 4.41'de belirtilen A ve B kesitleri) olmak üzere, aşağıdaki bölümlerde ayrı ayrı verilmiştir.

4.2.2.1. B2 Hacminde Güneş ışığının Çalışma Düzleminde Oluşturduğu Aydınlik Düzeyi Değerleri

B2 hacminde, belirlenen 64 noktada, 21 Haziran ve 21 Aralık günlerinde, 9.00, 12.00 ve 16.00 saatleri için güneş ışığının oluşturduğu aydınlık düzeyi değerleri, aşağıdaki tablo ve grafiklerle belirtilmiştir.

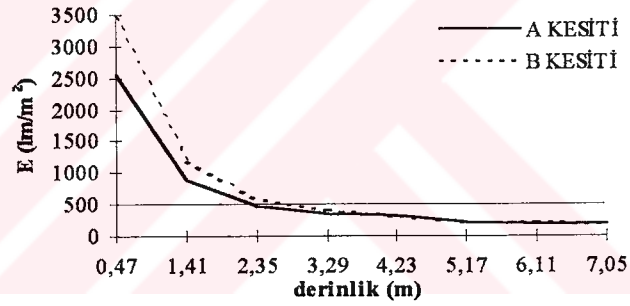
Tablo 4.59. ve Grafik 4.49. B2 Hacminde 21 Haziran saat:9.00 için hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

y \ x	0,47	1,41	2,35	3,29
0,47	1735	2350	2355	1835
1,41	605	796	817	742
2,35	330	385	403	398
3,29	240	265	275	278
4,23	205	215	220	225
5,17	150	157	161	162
6,11	140	143	145	147
7,05	133	135	136	137



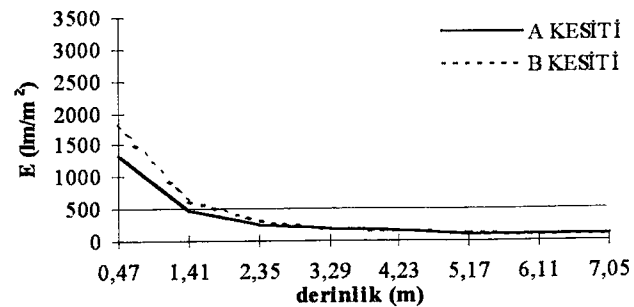
Tablo 4.60. ve Grafik 4.50. B2 Hacminde 21 Haziran saat:12.00 için hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

y \ x	0,47	1,41	2,35	3,29
0,47	2557	3457	3460	2745
1,41	892	1170	1200	1090
2,35	482	560	590	587
3,29	353	380	400	402
4,23	300	315	325	327
5,17	220	229	235	237
6,11	204	209	212	214
7,05	194	197	199	200



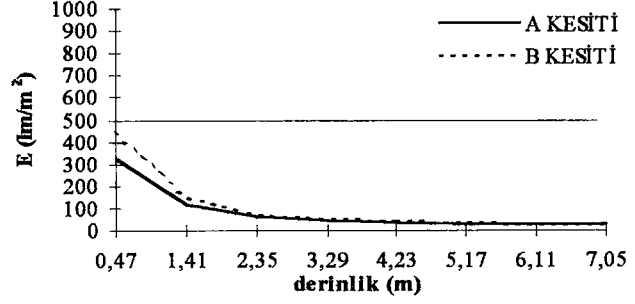
Tablo 4.61. ve Grafik 4.51. B2 Hacminde 21 Haziran saat:16.00 için hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

y \ x	0,47	1,41	2,35	3,29
0,47	1320	1784	1786	1414
1,41	460	600	620	560
2,35	245	287	301	300
3,29	180	195	203	205
4,23	152	160	163	165
5,17	110	116	118	120
6,11	103	105	107	108
7,05	97	99	100	100



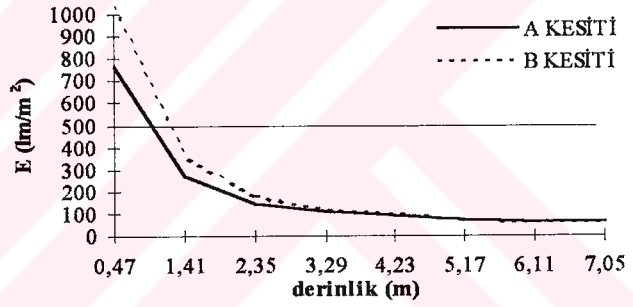
Tablo 4.62. ve Grafik 4.52. B2 Hacminde 21 Aralık saat:9.00 için hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

$y \backslash x$	0,47	1,41	2,35	3,29
0,47	326	440	442	351
1,41	115	150	154	140
2,35	62	73	76	76
3,29	46	50	52	53
4,23	40	41	42	43
5,17	30	31	32	32
6,11	27	28	29	29
7,05	26	26	26	26



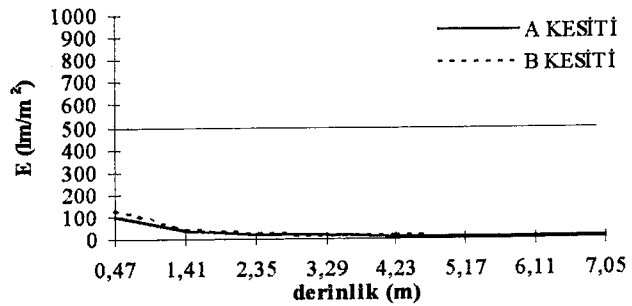
Tablo 4.63. ve Grafik 4.53. B2 Hacminde 21 Aralık saat:12.00 için hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

$y \backslash x$	0,47	1,41	2,35	3,29
0,47	768	1037	1040	823
1,41	270	353	362	330
2,35	147	170	180	177
3,29	108	116	121	123
4,23	92	96	99	100
5,17	70	73	75	75
6,11	63	64	65	65
7,05	60	61	61	61



Tablo 4.64. ve Grafik 4.54. B2 Hacminde 21 Aralık saat:16.00 için hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

$y \backslash x$	0,47	1,41	2,35	3,29
0,47	100	136	137	110
1,41	36	47	48	43
2,35	20	23	24	24
3,29	15	16	17	17
4,23	13	13	14	14
5,17	10	10	11	11
6,11	9	9	9	9
7,05	8	8	8	8



- **B2 Hacmindeki Günüşığı Aydınlık Dağılımının Değerlendirilmesi**

B2 hacminde hesaplanan günüşığı aydınlık düzeyi değerleri incelendiğinde, pencereye en yakın gözleme noktalarında, 21 Aralık saat 16.00'da, 100-136-137-110 lm/m² ile minimum olan aydınlık düzeyi, 21 Haziran saat 12.00'de, 2557-3457-3460-2745 lm/m² ile maksimuma ulaşmaktadır.

Hesaplama yapılan tüm gün ve saatler için, pencereden uzaklaştıkça, aydınlık düzeyi hızla düşmektedir. Özellikle, pencereden 0.47 m. ile 1.41 m. uzaklıklar arasında, azalma hızlı olurken, 1.41 m.den sonra yavaşlamaktadır. 1.41 m. uzaklıktaki değerler, 0.47 m. uzaklıktaki değerlerin yaklaşık olarak 1/3'üne düşmüştür. Pencereden en uzak gözleme noktası olan 7.05 m.deki değerlerin ise, 1.41 m.deki değerlerin yaklaşık olarak 1/6'sı olduğu görülmektedir. Ayrıca, pencereden en uzak gözleme noktalarındaki (7.05 m.) değerler, pencereye en yakın gözleme noktalarındaki (0.47 m.) değerlerin yaklaşık olarak, 1/13-1/17'si arasında değişmektedir.

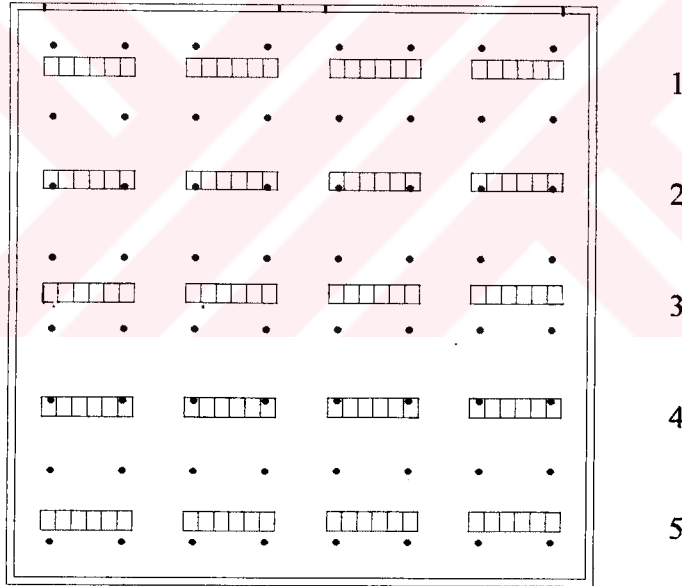
Günüşığı aydınlık düzeyi, 21 Haziran'da tüm saatlerde, genelde, 1.41 m.den sonra, 500 lm/m² nin altına düşerken, 21 Aralık'ta saat 12.00 dışındaki saatlerde, tüm gözleme noktalarında yetersiz kalmaktadır.

4.2.2.2. B2 Hacminde Lamba Işığının Çalışma Düzleminde Oluşturduğu Aydınlık Düzeyi Değerleri

B2 hacminde, Tip 1 ve Tip 2 aygıtları kullanılarak, yapay aydınlatma düzeni kurulmuştur. Ortalama ve noktada aydınlık düzeyi hesapları, bu aygıtların iki değişik yerleştirme düzeni için, ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir.

a) Tip 1 aygıtı ile kurulan aydınlatma düzeni

a.1) Ortalama aydınlık düzeyi hesabı sonucunda belirlenen 20 aygıt, hacim içinde düzgün yayılmış bir aydınlık düzeyi sağlamak amacıyla program tarafından, ayrı olarak ve 5 sıra halinde yerleştirilmiştir (Bkz. Şekil 4.42).



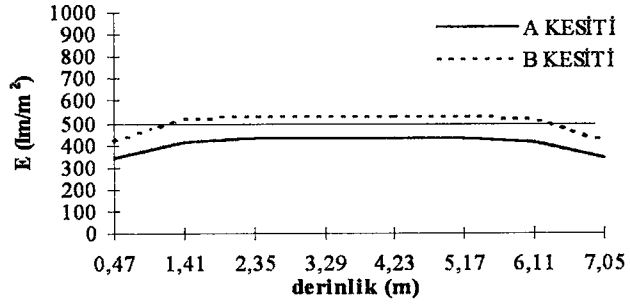
Şekil 4.42. B2 Hacminde Tip 1 aygıtının ayrıklı biçimde yerleştirme düzeni

Bu yerleştirme düzeni ile hacimde, ortalama aydınlık düzeyi, $E_{ort}=475 \text{ lm/m}^2$ ve hacim içindeki aydınlık dağılımının düzgünlük oranı, $E_{min}/E_{ort}=0.73$ olarak hesaplanmaktadır.

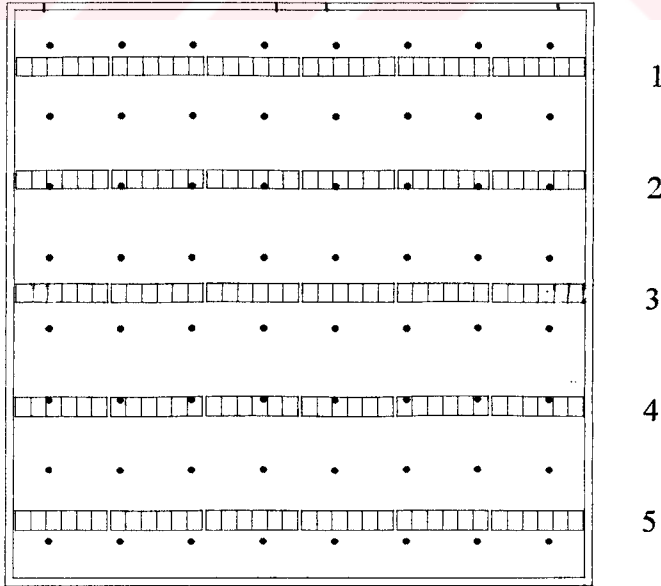
B2 hacminde belirlenen gözleme noktalarında, tüm lambaların yakılması durumunda, lamba ışığı aydınlık düzeyi değerleri ve hacim içindeki aydınlık dağılımı Tablo 4.65 ve Grafik 4.55'de verilmiştir.

Tablo 4.65 ve Grafik 4.55. B2 Hacminde Tip 1 aygıtının ayrıklı yerleştirilmesi sonucu hesaplanan lamba ışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

y \ x	0,47	1,41	2,35	3,29
0,47	345	409	421	424
1,41	418	504	521	524
2,35	428	515	533	536
3,29	428	516	535	538
4,23	428	516	535	538
5,17	428	515	533	536
6,11	418	504	521	524
7,05	345	409	421	424



a.2) a1'deki aydınlatma düzeninde, hacmin duvarlarına yakın olan 1,2,3,4,5,9,13,17, 21,25,29,30,31,32 numaralı gözleme noktalarındaki aydınlık düzeyinin $500 \text{ lm}/\text{m}^2$ den daha düşük olduğu görülmektedir. Bu noktalarda da, min. $500 \text{ lm}/\text{m}^2$ aydınlık düzeyi sağlamak için, aygıt sayısı 30'a çıkarılarak ve aygıtlar ucuca dizilerek yerleştirilmiştir (Bkz. Şekil 4.43).

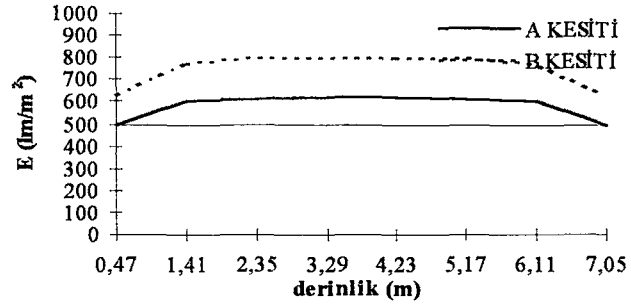


Şekil 4.43. B2 Hacminde Tip 1 aygıtının ucuca dizilerek yerleştirme düzeni

Bu yeni yerleştirme düzeni sonucunda, $E_{ort}=703 \text{ lm/m}^2$ ve $E_{min}/E_{ort}=0.71$ olarak hesaplanmakta olup, belirlenen gözleme noktalarındaki aydınlık düzeyi değerleri ve hacim içindeki dağılımı Tablo 4.64 ve Grafik 4.56'da verilmiştir.

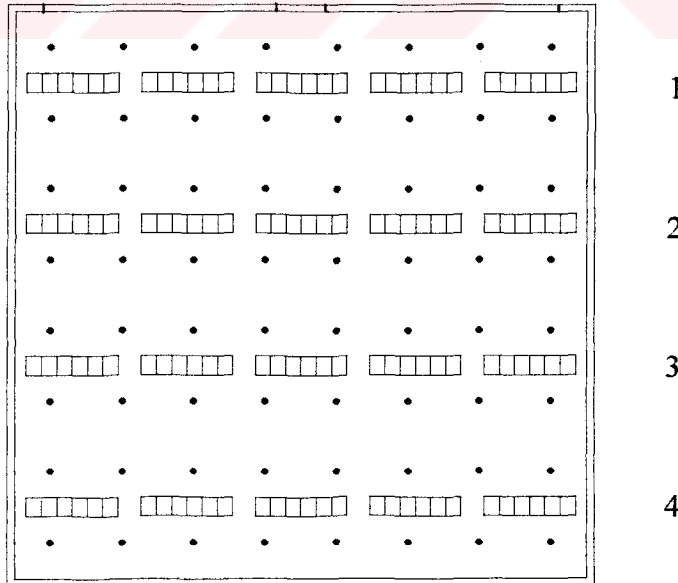
Tablo 4.66. ve Grafik 4.56. B2 Hacminde Tip 1 aygıtın ucuca dizilerek yerleştirilmesi sonucu hesaplanan lamba ışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

$y \setminus x$	0,47	1,41	2,35	3,29
0,47	497	606	630	633
1,41	604	747	779	784
2,35	617	763	798	803
3,29	619	765	800	806
4,23	619	765	800	806
5,17	617	763	798	803
6,11	604	747	779	784
7,05	497	606	630	633



b) Tip 2 aygıtı ile kurulan aydınlatma düzeni

b.1) B2 hacminde, bu tip aygıtın kullanılması durumunda, yapılan ortalama aydınlık düzeyi hesabı sonucunda belirlenen 20 aygıt, düzgün yayılmış bir aydınlık sağlayacak biçimde program tarafından, ayrı olarak ve 4 sıra halinde yerleştirilmiştir (Bkz. Şekil 4.44).

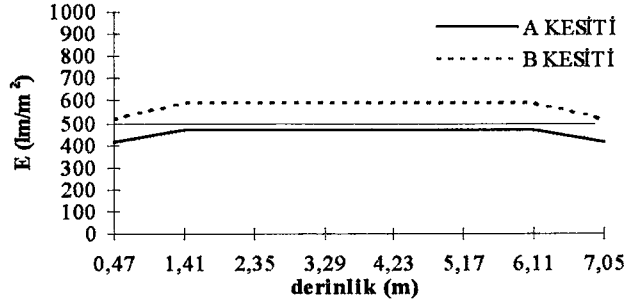


Şekil 4.44. B2 Hacminde Tip 2 aygıtının ayrı biçimde yerleştirme düzeni

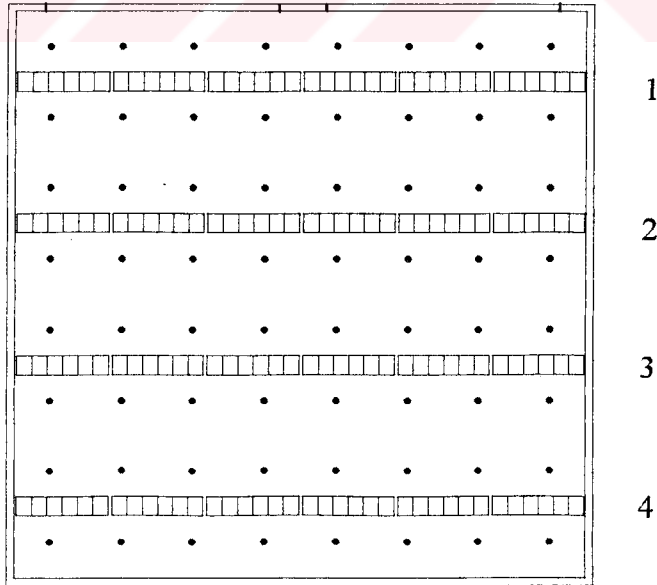
Bu durumda, $E_{ort}=547 \text{ lm/m}^2$ ve $E_{min}/E_{ort}=0.75$ olarak hesaplanmakta olup, belirlenen gözleme noktalarındaki aydınlık düzeyi değerleri ve hacim içindeki aydınlık dağılımı Tablo 4.67 ve Grafik 4.57'de verilmiştir.

Tablo 4.67. ve Grafik 4.57. B2 Hacminde Tip 2 aygıtının ayırık yerleştirilmesi sonucu hesaplanan lamba ışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

$y \backslash x$	0,47	1,41	2,35	3,29
0,47	411	517	523	523
1,41	466	591	595	596
2,35	468	595	599	600
3,29	468	596	599	600
4,23	468	596	599	600
5,17	468	595	599	600
6,11	466	591	595	596
7,05	411	517	523	523



b.2) b1'deki aydınlatma düzeninde, hacmin duvarlarına yakın olan 1,5,9,13,17,21,25,29 numaralı gözleme noktalarındaki aydınlık düzeyinin 500 lm/m^2 'den daha düşük olması nedeniyle, aygıt sayısı 24'e çıkarılıp, ucuca dizilerek, yeni bir aydınlatma düzeni kurulmuştur (Bkz. Şekil 4.45).

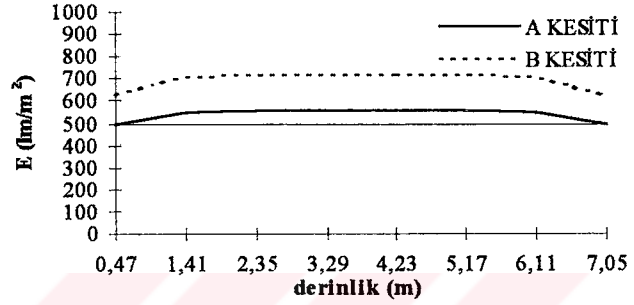


Şekil 4.45. B2 Hacminde Tip 2 aygıtının ucuca dizilerek yerleştirme düzeni

Bu yeni durumda, $E_{ort}=654 \text{ lm/m}^2$ ve $E_{min}/E_{ort}= 0.75$ olarak hesaplanmakta olup, belirlenen noktalarındaki aydınlık düzeyi değerleri ve hacim içindeki aydınlık dağılımı, Tablo 4.68 ve Grafik 4.58’de verilmiştir.

Tablo 4.68. ve Grafik 4.58. B2 Hacminde Tip 2 aygıtının ucuca dizilerek yerleştirilmesi sonucu hesaplanan lamba ışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

$y \setminus x$	0,47	1,41	2,35	3,29
0,47	495	617	628	627
1,41	553	704	716	714
2,35	556	709	721	720
3,29	556	709	721	720
4,23	556	709	721	720
5,17	556	709	721	720
6,11	553	704	716	714
7,05	495	617	628	627



c) B2 Hacminde Tip 1 ve Tip 2 Aygıtları ile Kurulan Yapay Aydınlatma Düzenlerinin Değerlendirilmesi

B2 hacminde, iki değişik tip aygıtın, değişik düzenlerde yerleştirilmesi sonucu sağlanan, ortalama aydınlık düzeyi (E_{ort}) değerleri ve aydınlık dağılımının düzgünlüğüne ilişkin oran (E_{min}/E_{ort}) değerleri Tablo 4.69’da verilmiştir.

Tablo 4.69

Aydınlatma Düzeni	Aygıt Tipi	Aygıt Geriverimi (v)	Aygıt (=lamba) sayısı	E_{ort} (lm/m^2)	E_{min}/E_{ort}
a1	Tip 1 (ayrık)	0,52	20	475	0,73
a2	Tip 1 (ucuca)		30	703	0,71
b1	Tip 2 (ayrık)	0,56	20	547	0,75
b2	Tip 2 (ucuca)		24	654	0,75

Tablo 4.69'daki değerler,

1. aynı tip aygıtların değişik yerleştirme düzeni (a_1-a_2 / b_1-b_2),
2. iki değişik tip aygıtın aynı yerleştirme düzeni (a_1-b_1 / a_2-b_2) olmak üzere, iki açıdan değerlendirilmiştir.

1. B2 Hacminde Aynı Tip Aygıtın Değişik Yerleştirme Düzeni Açıısından Değerlendirilmesi

Tip 1 aygıtının ayrıık yerleşim düzeninde, 20 olarak hesaplanan aygıt sayısı, ucuca yerleşim düzeninde, 30'a çıkararak, %50 oranında artmıştır. Bu durumda, ortalama aydınlık düzeyi, 475 lm/m^2 den, 703 lm/m^2 ye çıkararak, %48 oranında artmaktadır. E_{\min}/E_{ort} oranı ise, ayrıık yerleşimde, 0.73 iken, ucuca yerleştirildiğinde, %3 oranında azalarak, 0.71 olarak hesaplanmaktadır.

Tip 2 aygıtı kullanıldığında da, ayrıık yerleşimde 20 olan aygıt sayısı, ucuca yerleşim düzeninde, 24'e çıkararak, %20 oranında artmıştır. Bu durumda, ortalama aydınlık düzeyi, 547 lm/m^2 den, 654 lm/m^2 ye çıkararak, %20 oranında artmaktadır. E_{\min}/E_{ort} oranı ise, her iki düzende de, 0.75 olarak hesaplanmıştır.

2. B2 Hacminde İki Değişik Tip Aygıtın Aynı Yerleştirme Düzeni Açıısından Değerlendirilmesi

Ayrıık yerleştirme düzeninde, her iki tip aygıtın kullanılması durumunda da, aygıt sayısı değişmemekte ve 20 olarak kalmaktadır. Geriverimi $v=0.52$ olan Tip 1 aygıtı kullanıldığında, $E_{\text{ort}}=475 \text{ lm/m}^2$ olarak hesaplanırken, geriverimi $v=0.56$ olan Tip 2 aygıtı ile $E_{\text{ort}}=547 \text{ lm/m}^2$ olarak hesaplanmaktadır. Bu durumda, aygıt geriverimi, %8 oranında artarken, ortalama aydınlık düzeyi, %15 oranında artmıştır.

Ucuca yerleştirme dzeninde ise, Tip 1 aygıtı kullanıldığında 30 olan aygıt sayısı, Tip 2 aygıtı ile 24 olarak hesaplanmaktadır. Tip 1 aygıtı kullanıldığında, $E_{ort}=703 \text{ lm/m}^2$, Tip 2 aygıtı ile de, $E_{ort}=654 \text{ lm/m}^2$ 'dir. Bu durumda ise, aygıt geriverimi, yine %8 oranında artarken, ortalama aydınlık düzeyi, %7 oranında azalmıştır.



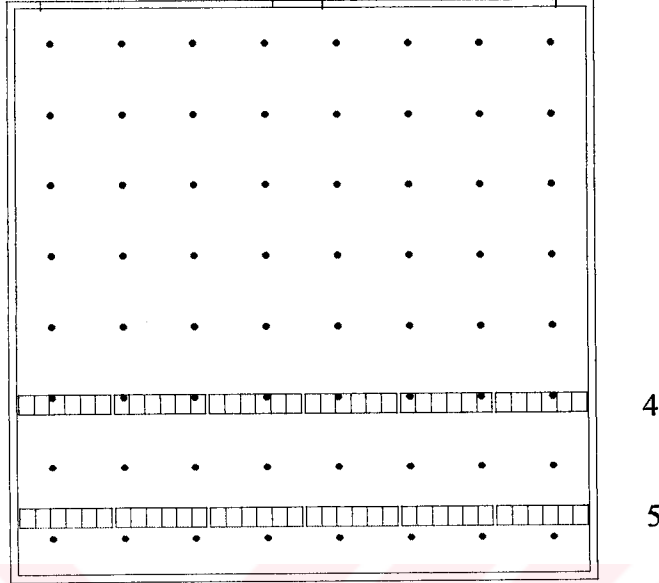
4.2.2.3. B2 Hacminde Bütünleşik Aydınlatma Düzeni

4.2.2.1. Bölümünde, B2 hacmine ilişkin, günışığı aydınlık düzeyi değerleri ve 4.2.2.2. Bölümünde ise, lamba ışığı ile sağlanan aydınlık düzeyi değerleri verilmiştir. Bu bölümde ise, 21 Haziran ve 21 Aralık günlerinde, 9.00, 12.00 ve 16.00 saatleri için hesaplanan günışığı dağılımlarını, belli bir yaklaşıklıkla dengeleyen, yapay aydınlatma (bütünleşik aydınlatma) düzeni ele alınmıştır. Bu yapay aydınlatma düzeninde, örnekleme amacıyla, Tip 1 aygıtı ve a2'deki yerleşim düzeni seçilmiştir.

Her gün ve saat için hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerlerini belli yaklaşıklıkla dengelemek amacıyla, yanması gereken lambaları gösteren planlar, Şekil 4.46, 4.47, 4.48, 4.49, 4.50, 4.51'de verilmiştir.

Ayrıca, B2 hacminde, belirlenen gözleme noktaları için hesaplanan günışığı (G), lamba ışığı (L) ve günışığı + lamba ışığı (G+L) aydınlık düzeyi değerleri, Tablo 4.70, 4.71, 4.72, 4.73, 4.74, 4.75'de ve hacim içindeki aydınlık dağılımları ise, Grafik 4.59, 4.60, 4.61, 4.62, 4.63, 4.64'de gösterilmiştir.

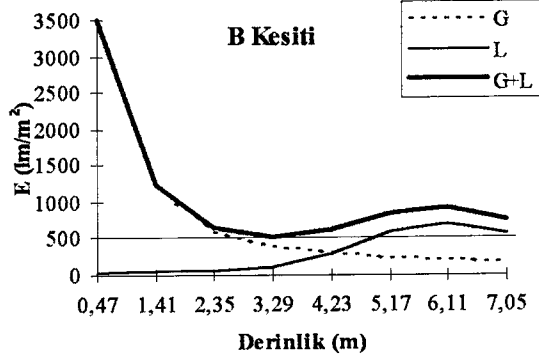
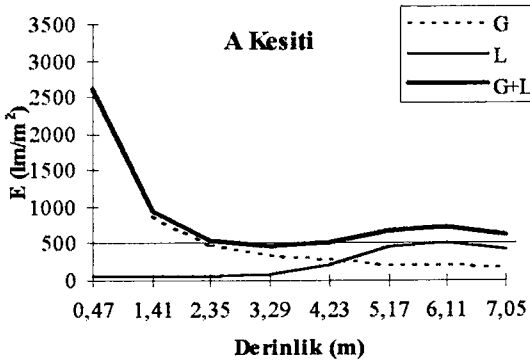
- B2 Hacminde 21 Haziran saat:12.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeni



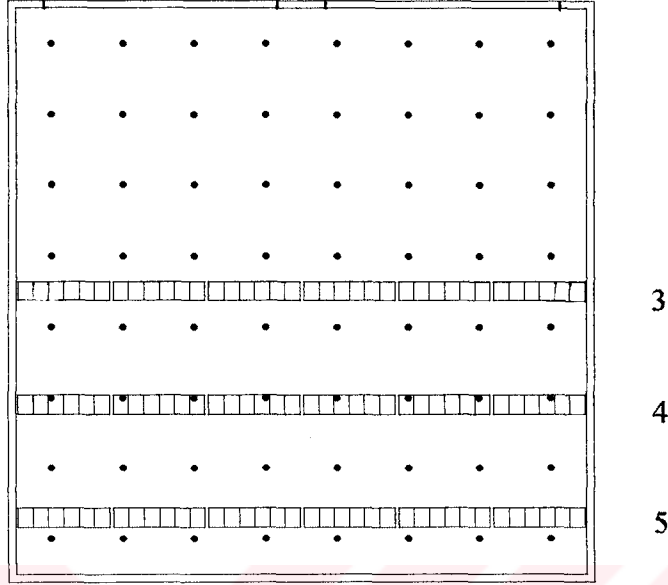
Şekil 4.47

Tablo 4.71 ve Grafik 4.60

Aydınlık Düzeyi	0,47			1,41			2,35			3,29		
	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L
0,47	2557	44	2601	3457	41	3498	3460	40	3500	2745	40	2785
1,41	892	49	941	1170	47	1217	1200	46	1246	1090	46	1136
2,35	482	56	538	560	55	615	590	55	645	587	56	643
3,29	353	92	445	380	99	479	400	103	503	402	104	506
4,23	300	218	518	315	269	584	325	283	608	327	286	613
5,17	220	453	673	229	575	804	235	602	837	237	605	842
6,11	204	517	721	209	660	869	212	691	903	214	696	910
7,05	194	426	620	197	539	736	199	564	763	200	567	767



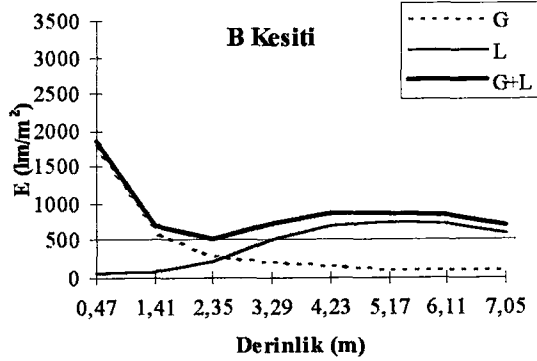
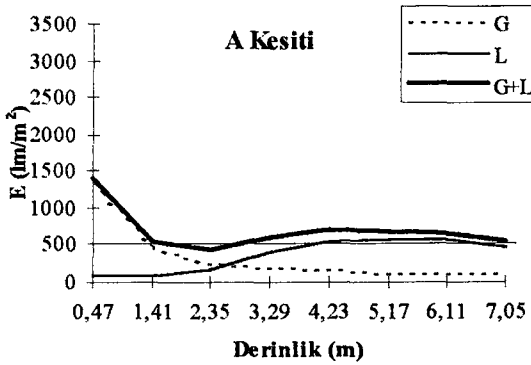
- B2 Hacminde 21 Haziran saat:16.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeni



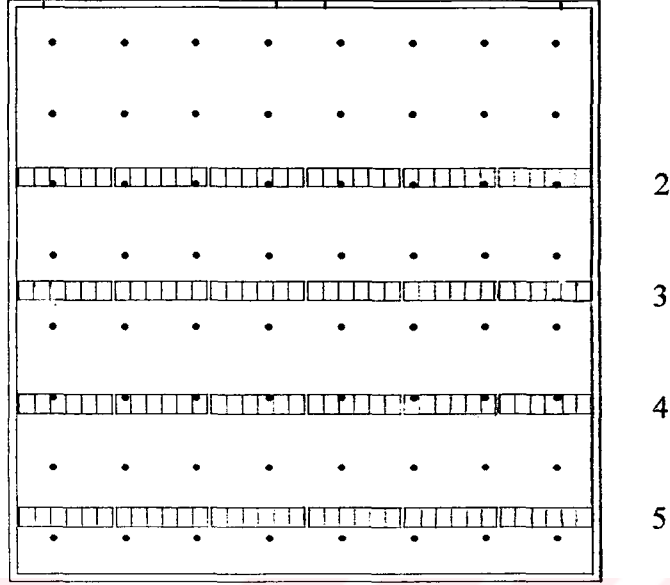
Şekil 4.48

Tablo 4.72 ve Grafik 4.61

Aydınlık Düzeyi	0,47			1,41			2,35			3,29		
	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L
0,47	1320	71	1391	1784	67	1851	1786	67	1853	1414	67	1481
1,41	460	87	547	600	87	687	620	88	708	560	88	648
2,35	245	174	419	287	198	485	301	206	507	300	208	508
3,29	180	400	580	195	496	691	203	517	720	205	520	725
4,23	152	537	689	160	676	836	163	707	870	165	712	877
5,17	110	561	671	116	708	824	118	742	860	120	747	867
6,11	103	555	658	105	700	805	107	733	840	108	738	846
7,05	97	453	550	99	565	664	100	590	690	100	593	693



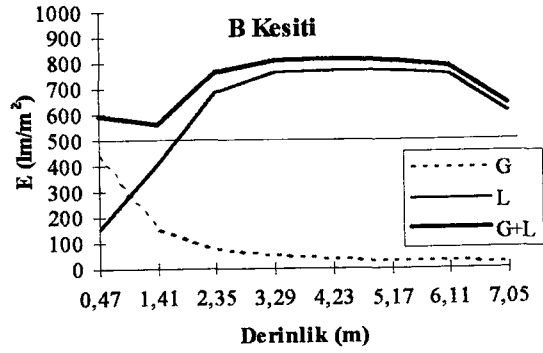
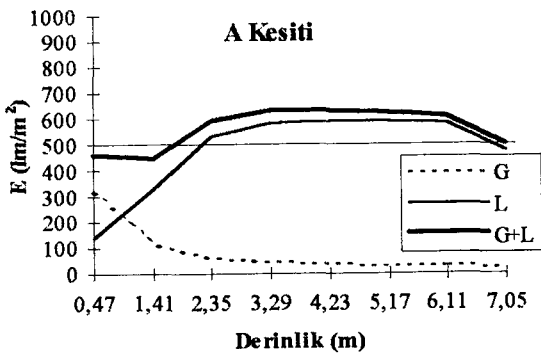
• B2 Hacminde 21 Aralık saat:9.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeni



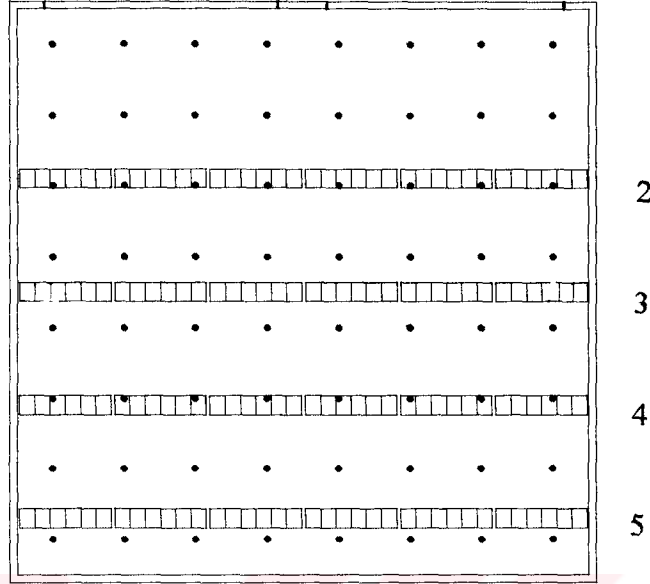
Şekil 4.49

Tablo 4.73 ve Grafik 4.62

Aydınlık Düzeyi	0,47			1,41			2,35			3,29		
	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L
0,47	326	139	465	440	147	587	442	151	593	351	153	504
1,41	115	329	444	150	391	541	154	406	560	140	409	549
2,35	62	530	592	73	657	730	76	684	760	76	688	764
3,29	46	582	628	50	726	776	52	759	811	53	765	818
4,23	40	590	630	41	736	777	42	771	813	43	777	820
5,17	30	591	621	31	739	770	32	773	805	32	778	810
6,11	27	581	608	28	724	752	29	757	786	29	762	791
7,05	26	475	501	26	586	612	26	610	636	26	613	639



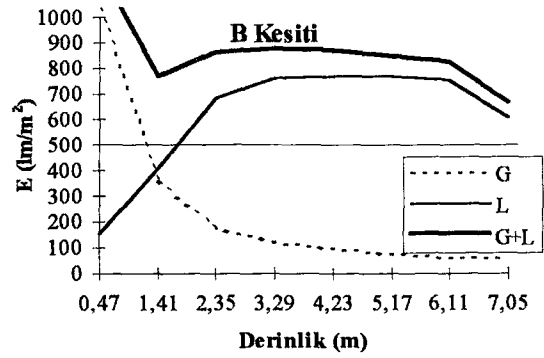
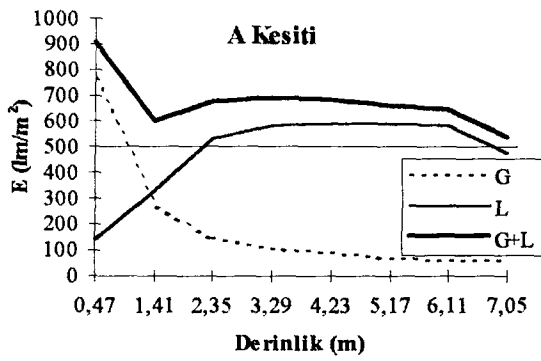
- B2 Hacminde 21 Aralık saat:12.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeni



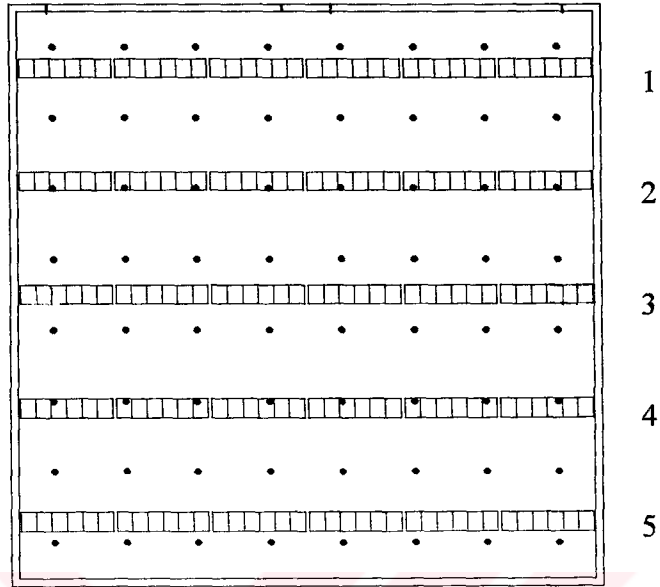
Şekil 4.50

Tablo 4.74 ve Grafik 4.63

Aydınlık Düzeyi	0,47			1,41			2,35			3,29		
	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L
0,47	768	139	907	1037	147	1184	1040	151	1191	823	153	976
1,41	270	329	599	353	391	744	362	406	768	330	409	739
2,35	147	530	677	170	657	827	180	684	864	177	688	865
3,29	108	582	690	116	726	842	121	759	880	123	765	888
4,23	92	590	682	96	736	832	99	771	870	100	777	877
5,17	70	591	661	73	739	812	75	773	848	75	778	853
6,11	63	581	644	64	724	788	65	757	822	65	762	827
7,05	60	475	535	61	586	647	61	610	671	61	613	674



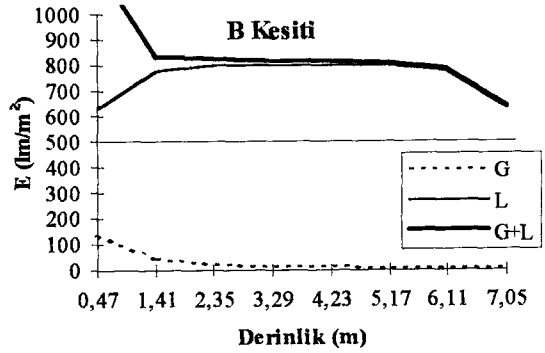
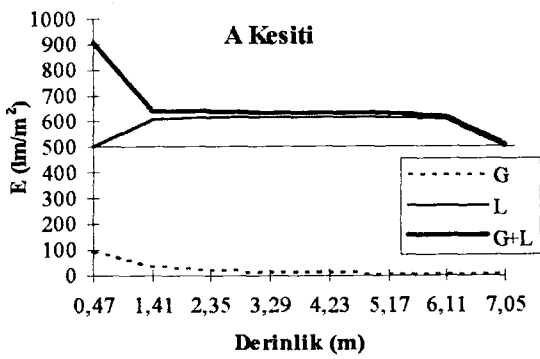
- B2 Hacminde 21 Aralık saat:16.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeni



Şekil 4.51

Tablo 4.75 ve Grafik 4.64

Aydınlık Düzeyi	0,47			1,41			2,35			3,29		
	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L
0,47	100	497	907	136	606	742	137	630	1191	110	633	743
1,41	36	604	640	47	747	794	48	779	827	43	784	827
2,35	20	617	637	23	763	786	24	798	822	24	803	827
3,29	15	619	634	16	765	781	17	800	817	17	806	823
4,23	13	619	632	13	765	778	14	800	814	14	806	820
5,17	10	617	627	10	763	773	11	798	809	11	803	814
6,11	9	604	613	9	747	756	9	779	788	9	784	793
7,05	8	497	505	8	606	614	8	630	638	8	633	641



- **B2 Hacminde Kurulan Bütünleşik Aydınlatma Düzenlerinin Değerlendirilmesi**

B2 hacminde kurulan yapay aydınlatma düzeninde (a2), 5 sıra aygıt kullanılmıştır (Bkz. Bölüm 4.2.2.2). Günışığı kullanımını açısından, incelenen 6 durum içinde, 21 Haziran saat 12.00'de, bu 5 sıradan, 4. ve 5. sıralar yanarken, 21 Aralık saat 16.00'da, bütün sıraların yanması gerekmektedir. İncelenen gün ve saatler için, yanması gereken aygıt sıraları, Tablo 4.76'da verilmiştir.

Tablo 4.76

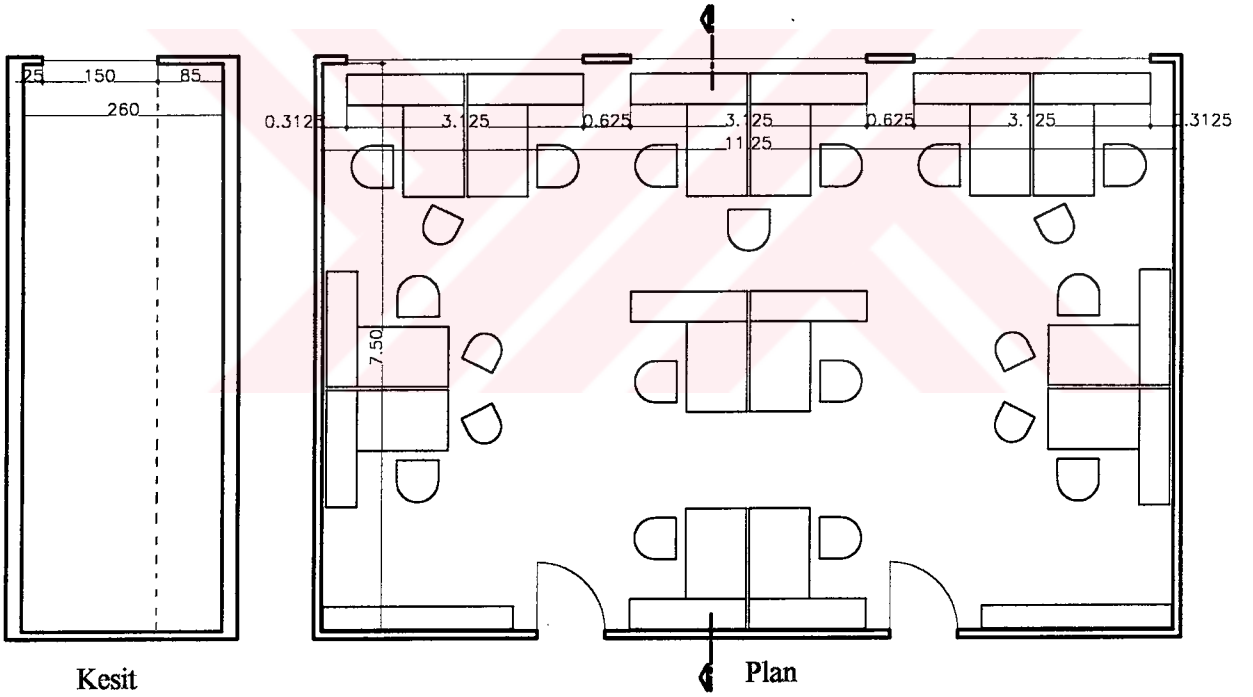
Gün-Saat	9.00	12.00	16.00
21 Haziran	3,4,5	4,5	3,4,5
21 Aralık	2,3,4,5	2,3,4,5	1,2,3,4,5

4.3. C1 ve C2 Hacimlerinin Aydınlatma Düzenleri

4. Bölüm'de verilen genel bilgiler ışığında, boyutları açısından grup büro sınıfına giren C1 ve C2 hacimlerinde, doğal, yapay ve bütünleşik aydınlatma düzenleri kurulmuş ve hesaplamalar yapılmıştır.

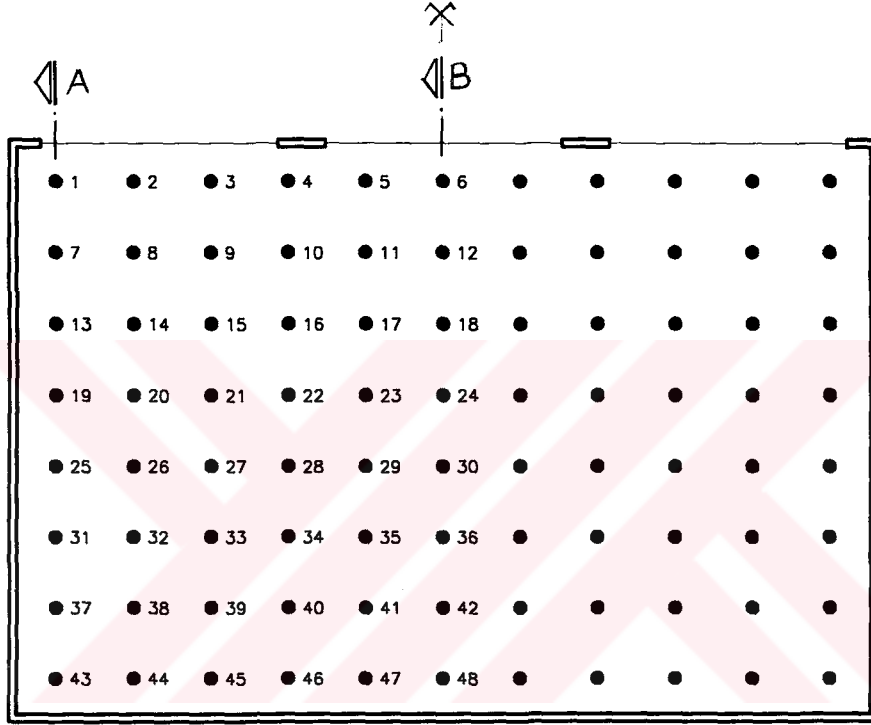
4.3.1. C1 Hacminin Aydınlatma Düzeninin Kurulması

C1 olarak nitelendirilen hacmin genişliği, 11.25 m.; derinliği, 7.50 m. ve yüksekliği, 2.60 m.dir. Genişliği, 3.125 m. ve yüksekliği, 1.50 m. olan üç pencere, 11.25 m.lik duvarda bulunmaktadır (Bkz. Şekil 4.52).



Şekil 4.52. C1 Hacminin planı ve kesiti - Ö: 1/100

C1 hacmindeki aydınlık dağılımını belirlemek için, 0.85 m. yüksekliğindeki yatay çalışma düzlemi üzerinde 88 nokta seçilmiştir. (Hacim simetrik olduğu için, simetri ekseninin sol yanındaki değerler alınmıştır.) Bu noktaların, hacmin planı üzerindeki yerleri, Şekil 4.53'de; x-y koordinatları ise, Tablo 4.77'de verilmiştir.



y \ x	0,51	1,53	2,55	3,57	4,59	5,61
0,47	1	2	3	4	5	6
1,41	7	8	9	10	11	12
2,35	13	14	15	16	17	18
3,29	19	20	21	22	23	24
4,23	25	26	27	28	29	30
5,17	31	32	33	34	35	36
6,11	37	38	39	40	41	42
7,05	43	44	45	46	47	48

Şekil 4.53. ve Tablo 4.73. C1 Hacminde belirlenen gözleme noktaları ve koordinatları

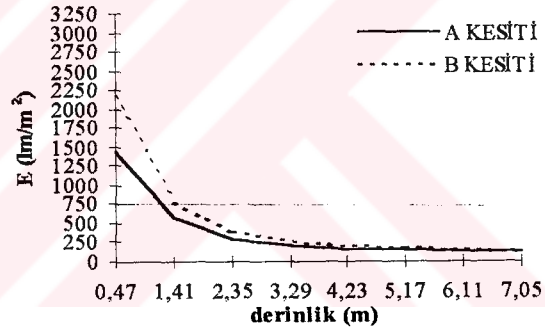
Güneşli ve lamba ışığının noktada aydınlık düzeyi değerleri, tablolarda ve aydınlığın hacim içindeki dağılımı ise, kesit grafiklerde (Şekil 4.53'de belirtilen A ve B kesitleri) olmak üzere, aşağıdaki bölümlerde ayrı ayrı verilmiştir.

4.3.1.1. C1 Hacminde Güneşin Çalışma Düzleminde Oluşturduğu Aydınlik Düzeyi Değerleri

C1 hacminde, yatay çalışma düzleminde belirlenen 88 noktada, 21 Haziran ve 21 Aralık günlerinde, 9.00, 12.00 ve 16.00 saatleri için güneşin oluşturduğu aydınlık düzeyi değerleri, aşağıdaki tablo ve grafiklerle belirtilmiştir.

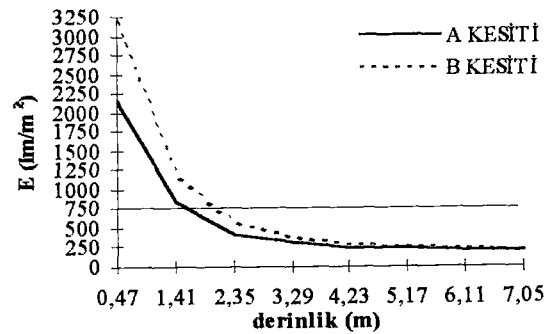
Tablo 4.78. ve Grafik 4.65. C1 Hacminde 21 Haziran saat 9.00 için hesaplanan güneşli aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

y \ x	0,51	1,53	2,55	3,57	4,59	5,61
0,47	1450	2130	2115	1160	1805	2180
1,41	568	758	780	670	740	790
2,35	295	350	375	370	380	393
3,29	218	245	260	266	270	275
4,23	170	180	190	194	197	198
5,17	154	160	167	170	172	173
6,11	143	147	150	154	154	155
7,05	137	139	141	143	144	144



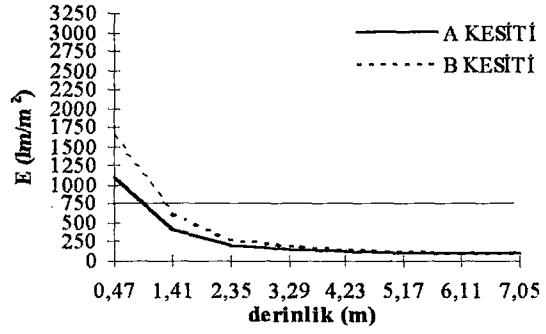
Tablo 4.79. ve Grafik 4.66. C1 Hacminde 21 Haziran saat:12:00 için hesaplanan güneşli aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

y \ x	0,51	1,53	2,55	3,57	4,59	5,61
0,47	2140	3130	3115	1705	2660	3210
1,41	835	1115	1150	990	1090	1205
2,35	430	515	550	543	560	577
3,29	320	356	382	390	395	400
4,23	247	262	276	283	287	288
5,17	225	234	243	248	250	252
6,11	208	213	219	223	224	225
7,05	198	200	205	207	208	209



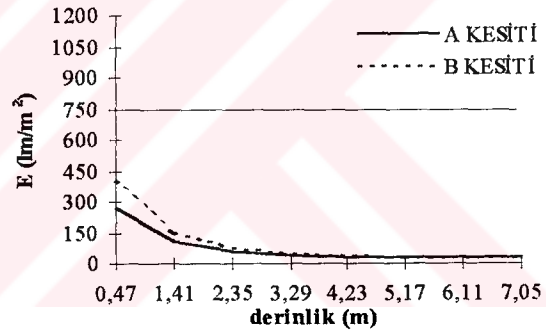
Tablo 4.80. ve Grafik 4.67. C1 Hacminde 21 Haziran saat:16.00 için hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

$y \setminus x$	0,51	1,53	2,55	3,57	4,59	5,61
0,47	1100	1615	1605	880	1370	1655
1,41	430	575	590	505	560	620
2,35	220	262	280	278	285	295
3,29	162	180	195	200	202	205
4,23	125	133	140	143	146	146
5,17	113	118	122	125	127	127
6,11	105	108	110	112	113	114
7,05	100	101	103	104	105	105



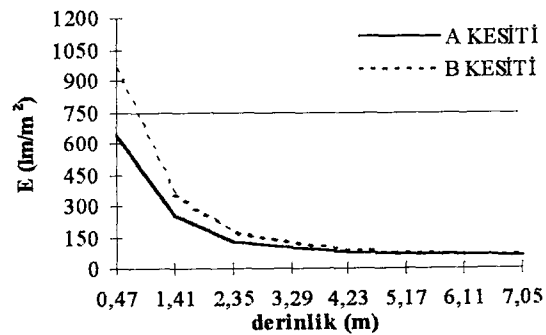
Tablo 4.81. ve Grafik 4.68. C1 Hacminde 21 Aralık saat:9.00 için hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

$y \setminus x$	0,51	1,53	2,55	3,57	4,59	5,61
0,47	273	400	397	217	340	410
1,41	107	143	147	127	139	154
2,35	56	66	71	70	72	74
3,29	42	46	49	50	51	52
4,23	33	34	36	35	37	38
5,17	30	31	32	32	33	33
6,11	27	28	29	30	30	30
7,05	26	26	27	27	27	27



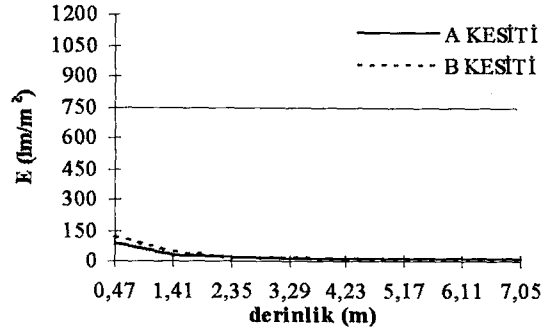
Tablo 4.82. ve Grafik 4.69. C1 Hacminde 21 Aralık saat:12.00 için hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

$y \setminus x$	0,51	1,53	2,55	3,57	4,59	5,61
0,47	640	940	934	510	795	960
1,41	250	335	345	296	326	360
2,35	130	155	165	163	168	175
3,29	97	108	115	117	120	121
4,23	75	80	83	86	87	87
5,17	68	71	74	75	76	76
6,11	63	65	67	68	68	69
7,05	61	61	62	63	63	64



Tablo 4.83. ve Grafik 4.70. C1 hacminde 21 Aralık saat:16.00 için hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m²)

$\frac{y}{x}$	0,51	1,53	2,55	3,57	4,59	5,61
0,47	84	123	122	67	105	126
1,41	33	44	45	39	43	48
2,35	17	20	22	21	22	23
3,29	13	14	15	15	16	16
4,23	10	10	11	11	11	11
5,17	9	9	10	10	10	10
6,11	8	8	9	9	9	9
7,05	8	8	8	8	8	8



• C1 Hacmindeki Günışığı Aydınlik Dağılımının Değerlendirilmesi

C1 hacminde hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerleri incelendiğinde, pencereye en yakın gözleme noktalarında, 21 Aralık saat 16.00'da 84-123-122-67-105-126 lm/m² ile minimum olan aydınlık düzeyi, 21 Haziran saat 12.00'de 2140-3130-3115-1705-2660-3210 lm/m² ile maksimuma ulaşmaktadır.

Hesaplama yapılan tüm gün ve saatler için, pencereden uzaklaştıkça, aydınlık düzeyi hızla düşmektedir. Özellikle, pencereden 0.47 m. ile 1.41 m. uzaklıklar arasında azalma hızlı olurken, 1.41 m.den sonra yavaşlamaktadır. 1.41 m. uzaklıktaki değerler, 0.47 m. uzaklıktaki değerlerin yaklaşık olarak, 1/3'üne düşmektedir. Pencereden en uzak gözleme noktası olan 7.05 m. uzaklıktaki değerlerin ise, 1.41 m. uzaklıktaki değerlerin yaklaşık olarak 1/6'sı olduğu görülmektedir. Ayrıca, pencereden en uzak gözleme noktalarındaki (7.05 m.) değerler, pencereye en yakın gözleme noktalarındaki (0.47 m.) değerlerin yaklaşık olarak, 1/10-1/15'i arasında değişmektedir.

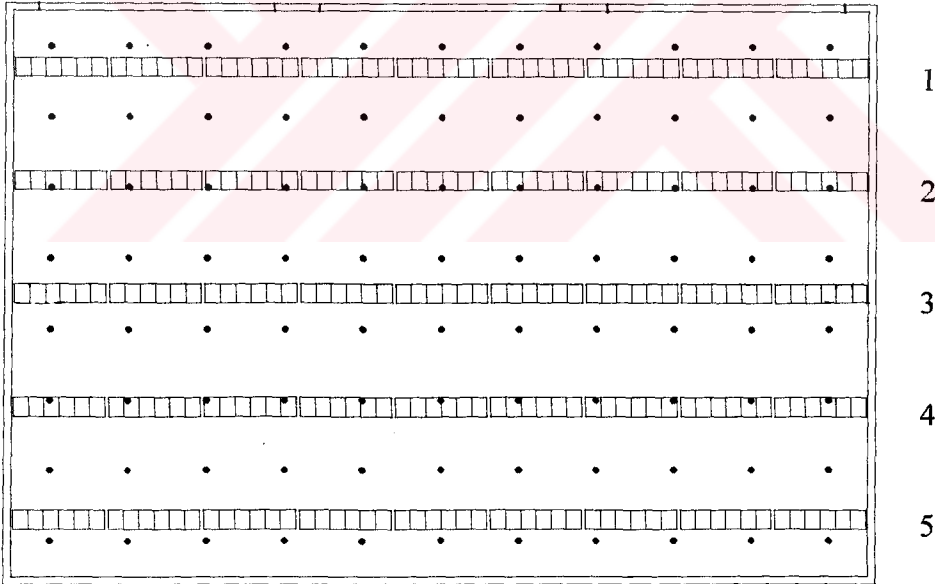
Günışığı aydınlık düzeyi, 21 Haziran saat 9.00 ve 12.00'de, 1.41 m.den sonra, 750 lm/m² nin altına düşerken, 21 Aralık'ta tüm saatlerde, bütün gözleme noktalarında yetersiz kalmaktadır.

4.3.1.2. C1 Hacminde Lamba Işığının Çalışma Düzleminde Oluşturduğu Aydınlik Düzeyi Değerleri

C1 hacminde, Tip 1 ve Tip 3 aygıtları kullanılarak, yapay aydınlatma düzeni kurulmuştur. Minimum 750 lm/m^2 olması gereken (Bkz. Bölüm 2.1) aydınlık düzeyini sağlayacak aygıt bulabilmek için, ortalama ve noktada aydınlık düzeyi hesapları yapılmıştır. Hesaplamalar, Tip 1 ve Tip 2 aygıtlarının iki değişik yerleştirme düzeni için, ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir.

a) Tip 1 aygıtı ile kurulan aydınlatma düzeni

a.1) Ortalama aydınlık düzeyi hesabı sonucu belirlenen, 45 aygıt, hacim içinde düzgün yayılmış bir aydınlık düzeyi sağlamak amacıyla, program tarafından ucuca dizilmiş biçimde, 5 sıra halinde yerleştirilmiştir (Bkz. Şekil 4.54).



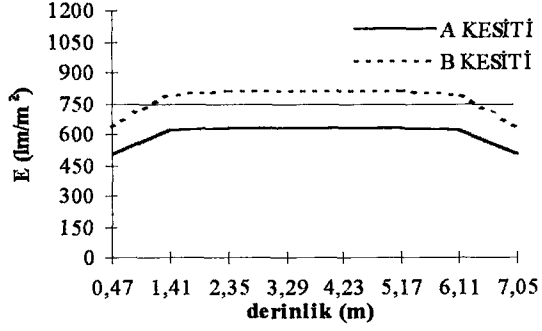
Şekil 4.54. C1 Hacminde Tip 1 aygıtının ucuca dizilmiş biçimde yerleştirme düzeni

Bu yerleştirme düzeni ile, hacimde ortalama aydınlık düzeyi, $E_{ort}=728 \text{ lm/m}^2$ ve aydınlık dağılımının düzgünlük oranı, $E_{min}/E_{ort}=0.70$ olarak hesaplanmaktadır. C1 hacminde belirlenen gözleme noktalarında, tüm lambaların yakılması durumunda, lamba ışığı

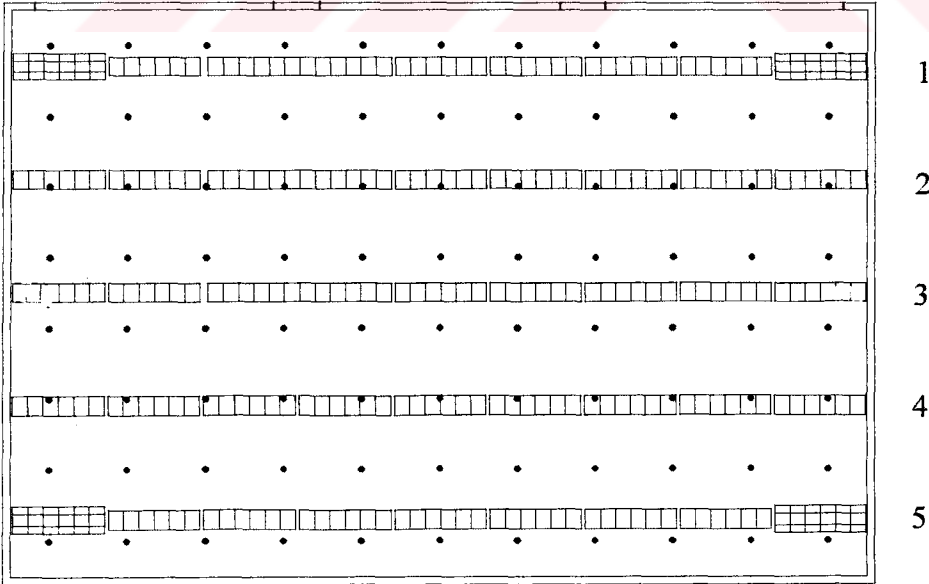
aydınlık düzeyi değerleri ve hacim içindeki aydınlık dağılımı Tablo 4.84 ve Grafik 4.71'de verilmiştir.

Tablo 4.84. ve Grafik 4.71. C1 Hacminde Tip 1 aygıtının ucuca yerleştirilmesi sonucu hesaplanan lamba ışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

y \ x	0,51	1,53	2,55	3,57	4,59	5,61
0,47	508	617	637	641	642	643
1,41	619	759	786	791	792	794
2,35	633	776	805	811	812	813
3,29	633	778	807	813	815	816
4,23	633	778	807	813	815	816
5,17	633	776	805	811	812	813
6,11	619	759	786	791	792	794
7,05	508	617	637	641	642	643



a.2) a.1'deki aydınlatma düzeninde, duvara yakın olan 1,2,3,4,5,6,7,13,19,25,31,37,43, 44,45,46,47,48 numaralı gözleme noktalarındaki aydınlık düzeyinin 750 lm/m^2 den daha düşük olduğu görülmektedir. Bu noktalarda da min. 750 lm/m^2 aydınlık düzeyi sağlamak için, bilgisayar programının kurduğu düzen değiştirilerek, yeni bir düzen oluşturulmuş olup; hacmin köşelerine 4 aygıt daha eklenerek, aygıt sayısı 49'a çıkarılmıştır (Bkz. Şekil 4.55).

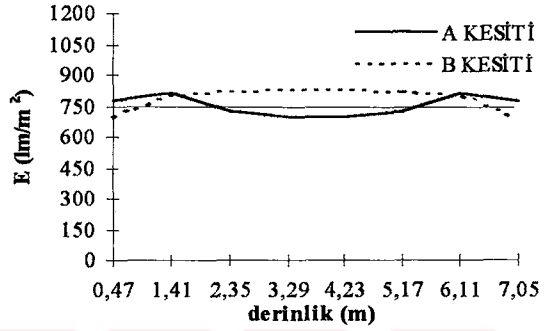


Şekil 4.55. C1 Hacminde Tip 1 aygıtının yeni yerleştirme düzeni

Yeni durumda, $E_{ort}=780 \text{ lm/m}^2$ ve $E_{min}/E_{ort}=0.84$ olarak hesaplanmakta olup, belirlenen gözleme noktalarındaki aydınlık düzeyi değerleri ve hacim içindeki aydınlık dağılımı Tablo 4.85 ve Grafik 4.72’de verilmiştir.

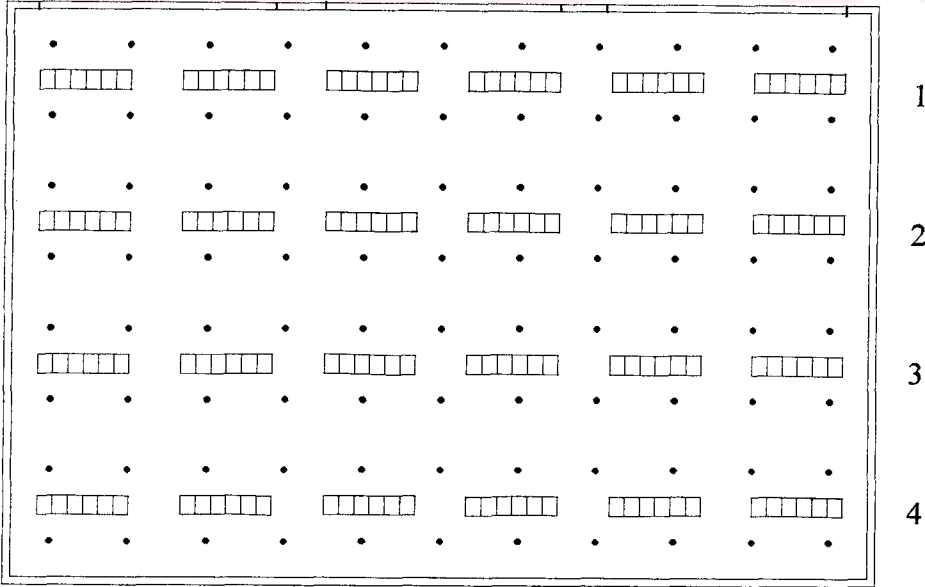
Tablo 4.85. ve Grafik 4.72. C1 Hacminde Tip 1 aygıtının yeni yerleştirme düzeni sonucu hesaplanan lamba ışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

$\begin{matrix} \text{y} \\ \text{x} \end{matrix}$	0,51	1,53	2,55	3,57	4,59	5,61
0,47	779	767	710	699	696	693
1,41	810	860	810	807	806	806
2,35	725	811	815	827	825	827
3,29	696	791	812	823	828	830
4,23	696	791	812	823	828	830
5,17	725	811	815	827	825	827
6,11	810	860	810	807	806	806
7,05	779	767	710	699	696	693



b) Tip 3 aygıtı ile kurulan aydınlatma düzeni

b.1) C1 hacminde bu tip aygıtın kullanılması durumunda, yapılan ortalama aydınlık düzeyi hesabı sonucunda belirlenen 24 aygıt, düzgün yayılmış bir aydınlık sağlayacak biçimde, program tarafından, 4 sıra halinde yerleştirilmiştir (Bkz. Şekil 4.56).

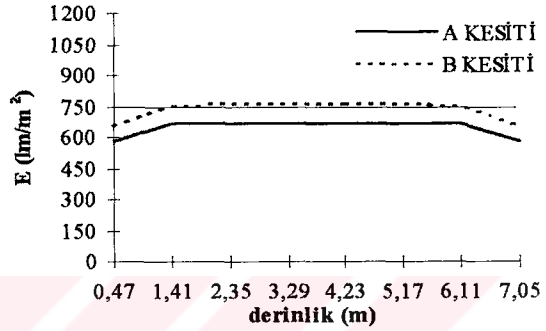


Şekil 4.56. C1 Hacminde Tip 3 aygıtının yerleştirme düzeni

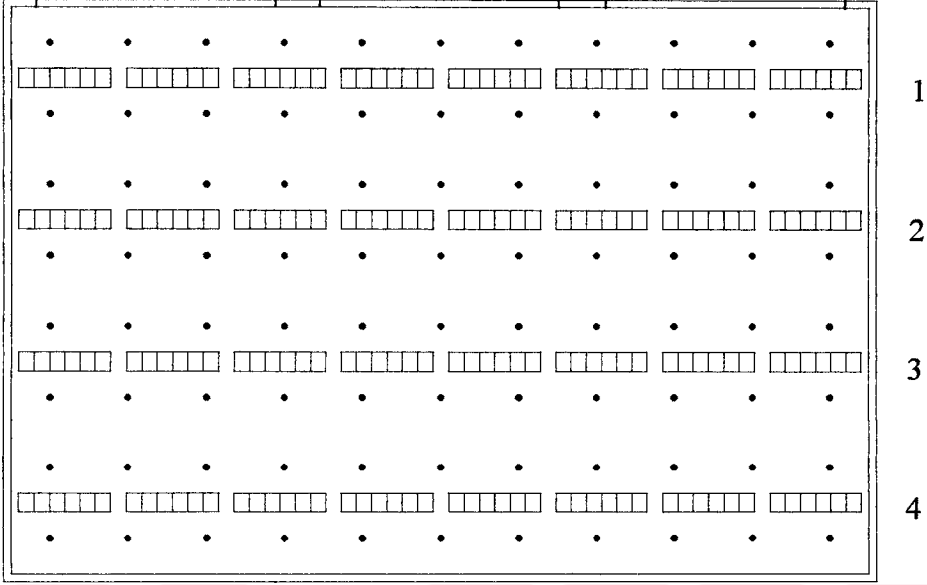
Bu durumda, $E_{ort}=727 \text{ lm/m}^2$ ve $E_{min}/E_{ort}=0.80$ olarak hesaplanmakta olup, belirlenen gözleme noktalarındaki aydınlık düzeyi değerleri ve hacim içindeki aydınlık dağılımı Tablo 4.86 ve Grafik 4.73'de verilmiştir.

Tablo 4.86. ve Grafik 4.73. C1 Hacminde Tip 3 aygıtının yerleştirilmesi sonucu hesaplanan lamba ışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

X \ Y	0,51	1,53	2,55	3,57	4,59	5,61
0,47	583	671	683	665	677	660
1,41	664	764	776	758	769	753
2,35	666	771	779	766	771	762
3,29	666	772	779	766	771	762
4,23	666	772	779	766	7741	762
5,17	666	771	779	766	771	762
6,11	664	764	776	758	769	753
7,05	583	671	683	665	677	660



b.2) Bilgisayar programı, b.1'deki yerleştirme düzeninin uygun olmadığı uyarısını vermekte ve düşeydeki aydınlık düzeyinin, hacimdeki ortalama yatay aydınlık düzeyinden 135 lm/m^2 daha yüksek olduğunu bildirmektedir. Lucy programına göre, bu tip aygıtın en verimli kullanımı, düşeyde aydınlık düzeyinin minimum tutulmasını gerektirir ve bu nedenle, aygıtların, birbirine olabildiğince yakın yerleştirilmesi önerilmektedir (ERCO, Luminaires and Systems for Fluorescent Lamps, Edition 1995/96). Bu öneri doğrultusunda, çalışmada, aygıt sayısı, 32'ye çıkarılarak, yeni bir düzen oluşturulmuştur. Tip 3 aygıtının birbirine yakın biçimde yerleştirme düzeni, Şekil 4.57'de verilmiştir.

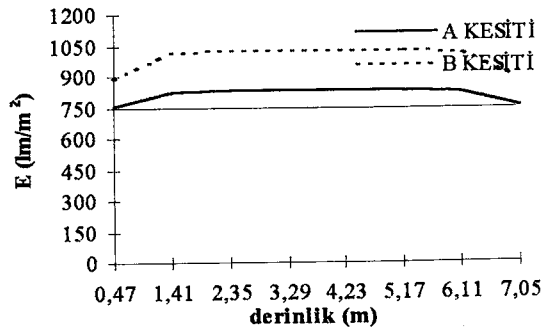


Şekil 4.57. C1 Hacminde Tip 3 aygıtının birbirine yakın biçimde yerleştirme düzeni

Bu durumda, $E_{ort}=960 \text{ lm/m}^2$ ve $E_{min}/E_{ort}=0.78$ olarak hesaplanmakta olup, belirlenen noktadaki aydınlık düzeyi değerleri ve hacim içindeki aydınlık dağılımı Tablo 4.87 ve Grafik 4.74'de verilmiştir.

Tablo 4.87. ve Grafik 4.74. C1 Hacminde Tip 3 aygıtının birbirine yakın biçimde yerleştirilmesi sonucu hesaplanan lamba ışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

$y \setminus x$	0,51	1,53	2,55	3,57	4,59	5,61
0,47	751	895	899	897	903	893
1,41	826	1023	1025	1017	1026	1020
2,35	829	1031	1032	1023	1034	1028
3,29	829	1031	1033	1023	1034	1028
4,23	829	1031	1033	1023	1034	1028
5,17	829	1031	1032	1023	1034	1028
6,11	826	1023	1025	1017	1026	1020
7,05	751	895	899	897	903	893



c) C1 Hacminde Tip 1 ve Tip 3 Aygıtları ile Kurulan Yapay Aydınlatma Düzenlerinin Değerlendirilmesi

C1 hacminde iki değişik tip aygıt kullanılması durumunda ve değişik yerleştirme düzenlerinde sağlanan ortalama aydınlık düzeyi (E_{ort}) değerleri ve aydınlık dağılımının düzgünlüğüne ilişkin oran (E_{min}/E_{ort}) değerleri Tablo 4.88’de belirtilmiştir.

Tablo 4.88

Aydınlatma Düzeni	Aygıt Tipi	Aygıt Geriverimi (v)	Aygıt (=lamba) sayısı	E_{ort} (lm/m ²)	E_{min}/E_{ort}
a1	Tip 1 (ucuca)	0,52	45	728	0,70
a2	Tip 1 (ucuca)		49	780	0,84
b1	Tip 3 (uzak)	0,56	24	727	0,80
b2	Tip 3 (yakın)		32	960	0,78

Tablo 4.88’deki değerler, iki değişik tip aygıtın yerleştirme düzenleri arasındaki ayırım nedeniyle, yalnızca,

- aygıtların yerleştirme düzeni (a1- a2 / b1-b2), açısından değerlendirilmiştir.

• C1 Hacminde Aynı Tip Aygıtın Değişik Yerleştirme Düzeni Açısından Değerlendirilmesi

Tip 1 aygıtının ucuca yerleştirilmesi sonucu, 45 olarak hesaplanan aygıt sayısı, köşelere birer aygıt daha eklenmesiyle, 49’a çıkarılarak, %9 oranında artmıştır. Bu durumda, ortalama aydınlık düzeyi, 728 lm/m² den, 780 lm/m² ye çıkararak, %7 oranında artmaktadır. E_{min}/E_{ort} oranı ise, ilk düzenlemede, 0.70 iken, köşelere birer aygıt eklenmesi ile, 0.84’e yükselerek, %14 oranında artmıştır.

Tip 3 aygıtı kullanıldığında ise, ilk düzende, 24 olarak hesaplanan aygıt sayısı, ikinci düzende, 32’ye çıkarılarak, %33 oranında artmıştır. Bu durumda, ortalama aydınlık düzeyi, 727 lm/m² den, 960 lm/m² ye çıkararak, %24 oranında artmaktadır. E_{min}/E_{ort} oranı ise, ilk düzende, 0.80 iken, ikinci düzende, %3 oranında azalarak, 0.78’e düşmüştür.

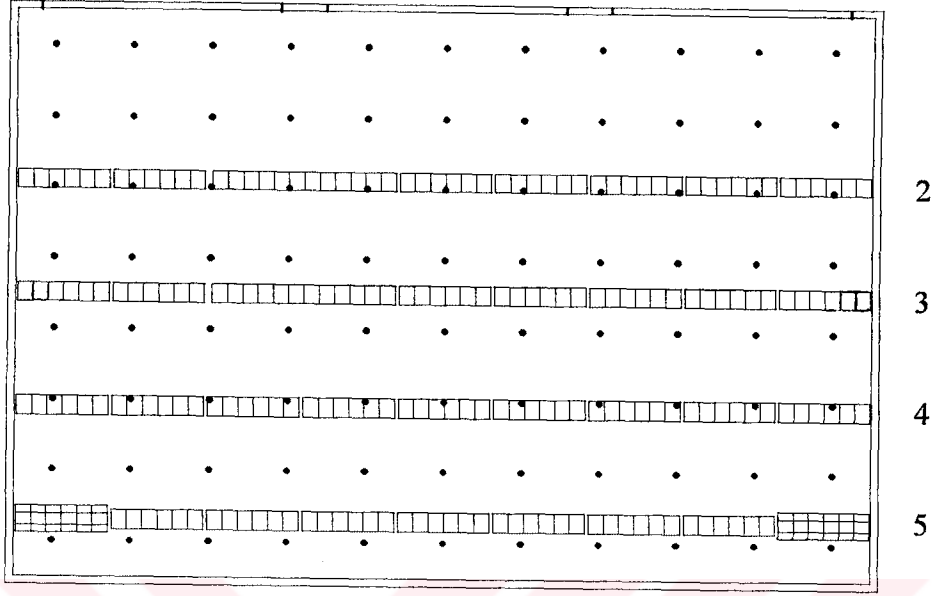
4.3.1.3. C1 Hacminde Bütünleşik Aydınlatma Düzeni

4.3.1.1. Bölümünde, C1 hacmine ilişkin, günışığı aydınlık düzeyi değerleri ve 4.3.1.2. Bölümünde ise, lamba ışığı ile sağlanan aydınlık düzeyi değerleri verilmiştir. Bu bölümde ise, 21 Haziran ve 21 Aralık günlerinde, 9.00, 12.00 ve 16.00 saatleri için hesaplanan günışığı dağılımlarını belli bir yaklaşıklıkla dengeleyen, yapay aydınlatma (bütünleşik aydınlatma) düzeni ele alınmıştır. Bu yapay aydınlatma düzeninde, örnekleme amacıyla, Tip 1 aygıtı ve a2'deki aydınlatma düzeni seçilmiştir.

Ele alınan gün ve saatler için hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerlerini belli yaklaşıklıkla dengelemek amacıyla, yanması gereken lambaları gösteren planlar, Şekil 4.58, 4.59, 4.60, 4.61, 4.62, 4.63'de verilmiştir.

Ayrıca, C1 hacminde, belirlenen gözleme noktaları için hesaplanan günışığı (G), lamba ışığı (L) ve günışığı + lamba ışığı (G+L) aydınlık düzeyi değerleri, Tablo 4.89, 4.90, 4.91, 4.92, 4.93, 4.94'de ve hacim içindeki aydınlık dağılımları ise, Grafik 4.75, 4.76, 4.77, 4.78, 4.79, 4.80'de gösterilmiştir.

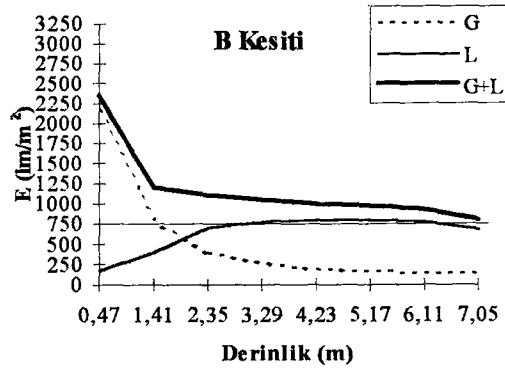
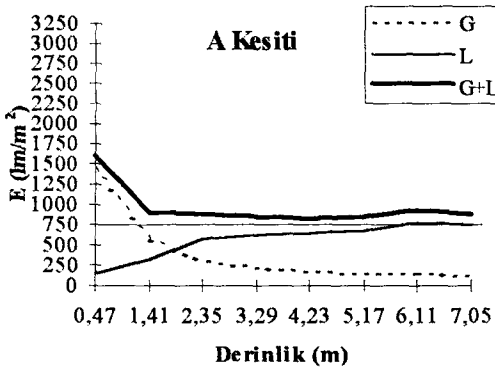
- C1 Hacminde 21 Haziran saat:9.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeni



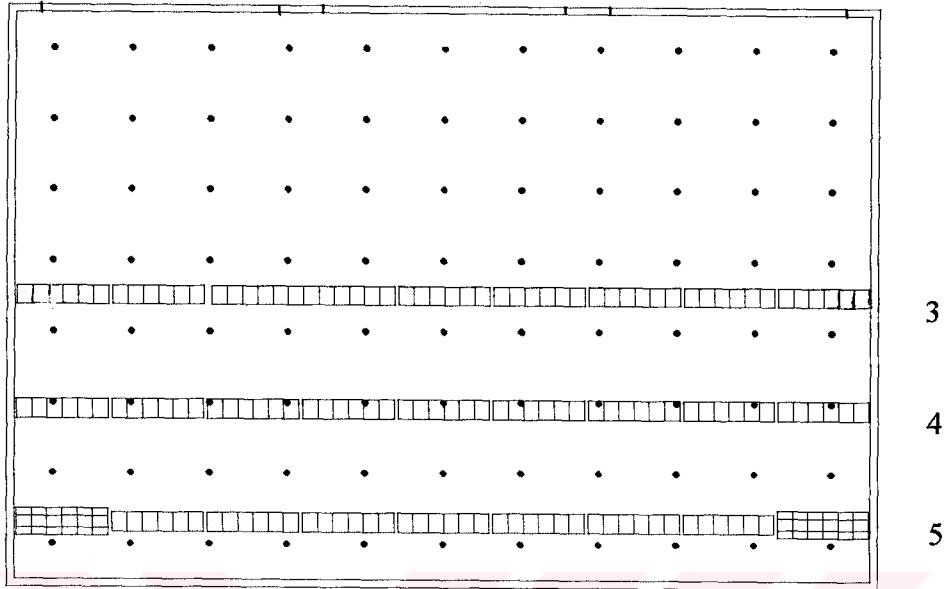
Şekil 4.58

Tablo 4.85 ve Grafik 4.75

L \ X	0,51			1,53			2,55			3,57			4,59			5,61		
	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L
0,47	1450	146	1596	2130	156	2286	2115	160	1191	1160	162	1322	1805	163	1968	2180	163	2343
1,41	568	333	901	758	391	1149	780	401	1181	670	413	1083	740	413	1153	790	411	1201
2,35	295	578	873	350	668	1018	375	685	1060	370	708	1078	380	707	1087	393	702	1095
3,29	218	635	853	245	739	984	260	761	1021	266	785	1051	270	785	1055	275	780	1055
4,23	170	647	817	180	755	935	190	778	968	194	796	990	197	796	993	198	792	990
5,17	154	687	841	160	783	943	167	793	960	170	794	964	172	795	967	173	795	968
6,11	143	777	920	147	836	983	150	792	942	154	778	932	154	777	931	155	778	933
7,05	137	747	884	139	744	883	141	684	825	143	667	810	144	665	809	144	664	808



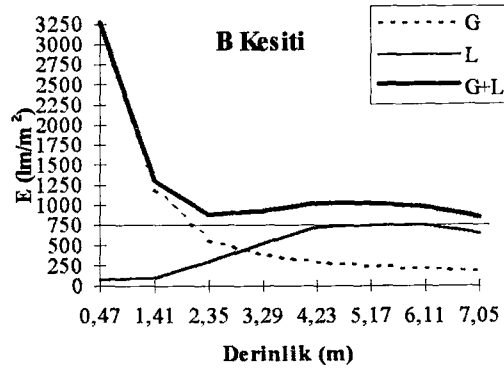
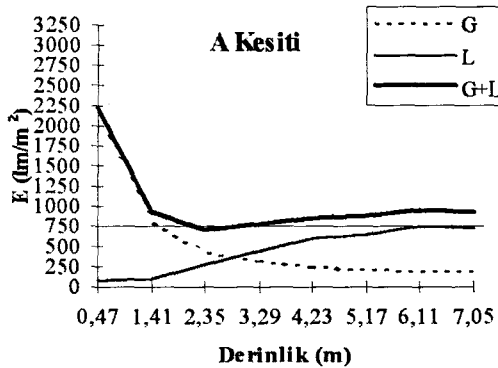
- C1 Hacminde 21 Haziran saat 12.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeni



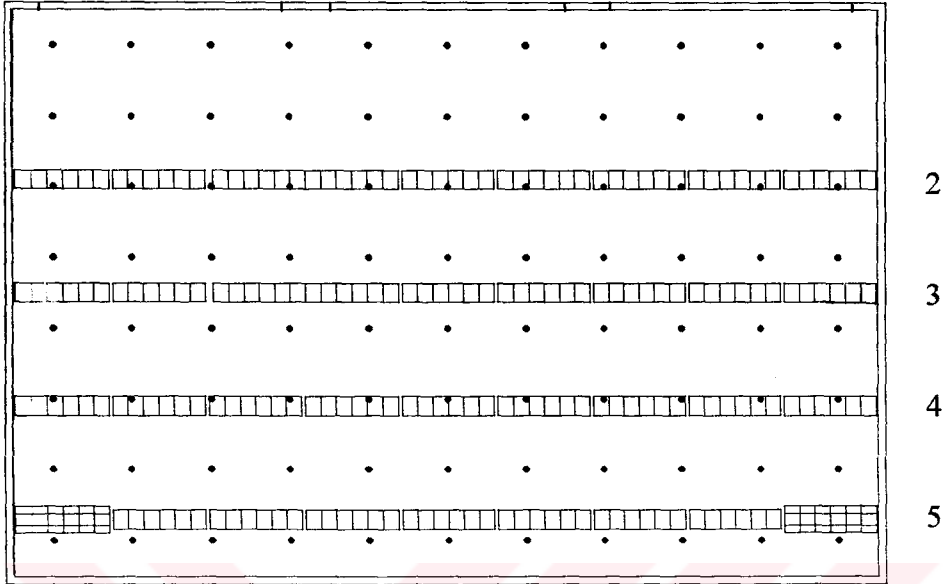
Şekil 4.59

Tablo 4.86 ve Grafik 4.76

y \ x	0,51			1,53			2,55			3,57			4,59			5,61		
	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L
0,47	2140	78	2218	3130	75	3205	3115	74	1191	1705	74	1779	2660	75	2735	3210	75	3285
1,41	835	97	932	1115	96	1211	1150	96	1246	990	97	1087	1090	97	1187	1205	97	1302
2,35	430	276	706	515	298	813	550	304	854	543	308	851	560	309	869	577	308	885
3,29	320	443	763	356	508	864	382	521	903	390	537	927	395	536	931	400	533	933
4,23	247	591	838	262	693	955	276	713	989	283	730	1013	287	729	1016	288	726	1014
5,17	225	653	878	234	752	986	243	761	1004	248	762	1010	250	763	1013	252	762	1014
6,11	208	751	959	213	812	1025	219	768	987	223	754	977	224	753	977	225	754	979
7,05	198	725	923	200	723	923	205	663	868	207	645	852	208	643	851	209	644	853



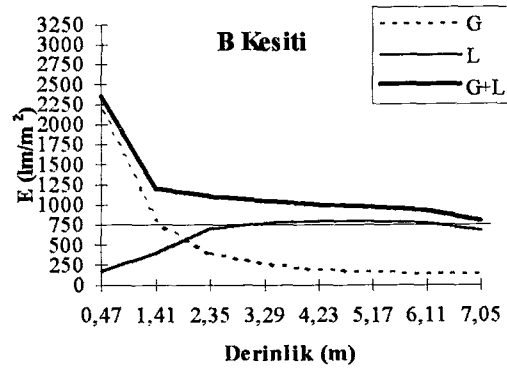
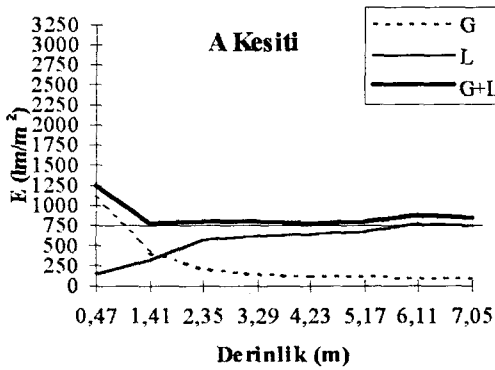
- C1 Hacminde 21 Haziran saat 16.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeni



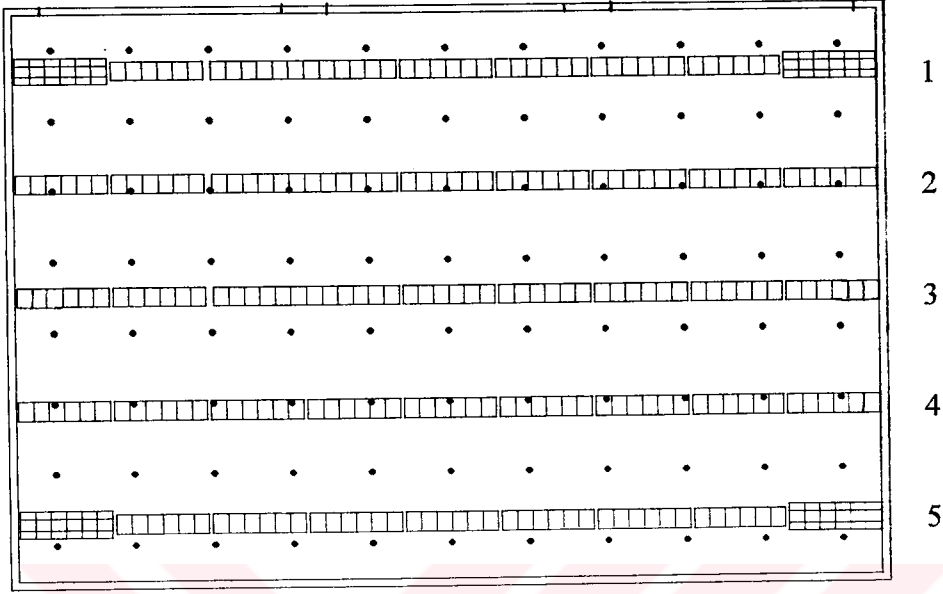
Şekil 4.60

Tablo 4.87 ve Grafik 4.77

y \ x	0,51			1,53			2,55			3,57			4,59			5,61			
	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L	
Aydınık Düzeyi																			
0,47	1100	146	1246	1615	156	1771	2115	160	1191	1160	162	1322	1805	163	1968	2180	163	2343	
1,41	430	333	763	575	391	966	780	401	1181	670	413	1083	740	413	1153	790	411	1201	
2,35	220	578	798	262	668	930	375	685	1060	370	708	1078	380	707	1087	393	702	1095	
3,29	162	635	797	180	739	919	260	761	1021	266	785	1051	270	785	1055	275	780	1055	
4,23	126	647	773	133	755	888	190	778	968	194	796	990	197	796	993	198	792	990	
5,17	113	687	800	118	783	901	167	793	960	170	794	964	172	795	967	173	795	968	
6,11	105	777	882	108	836	944	150	792	942	154	778	932	154	777	931	155	778	933	
7,05	100	747	847	101	744	845	141	684	825	143	667	810	144	665	809	144	664	808	



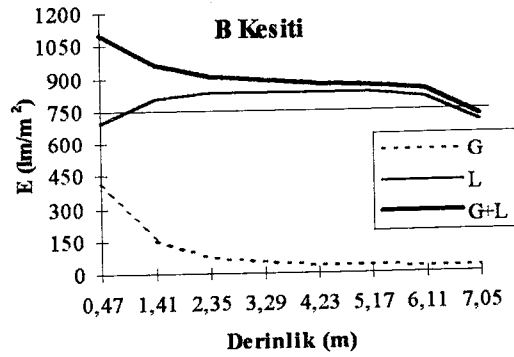
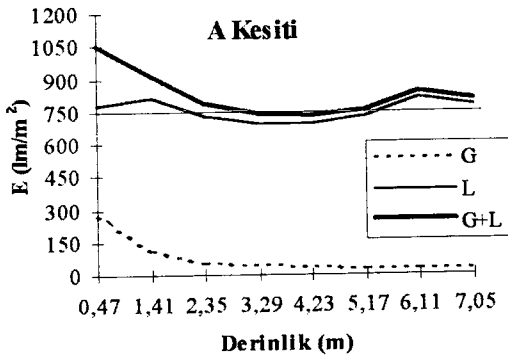
• C1 Hacminde 21 Aralık saat:9.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeni



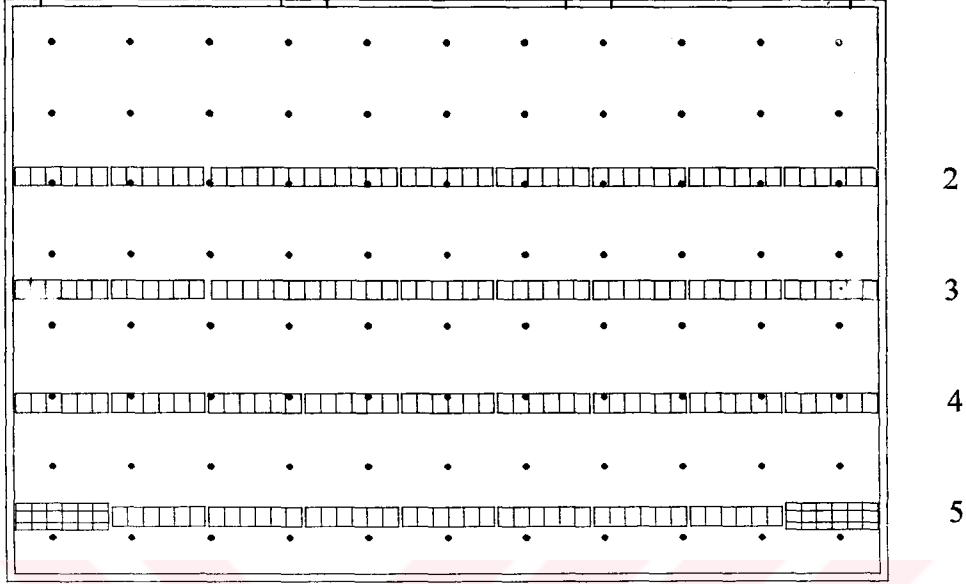
Şekil 4.61

Tablo 4.88 ve Grafik 4.78

Y \ X	0,51			1,53			2,55			3,57			4,59			5,61		
	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L
0,47	273	779	1052	400	767	1167	397	710	1191	217	699	916	340	696	1036	410	693	1103
1,41	107	810	917	143	860	1003	147	810	957	127	807	934	139	806	945	154	806	960
2,35	56	725	781	66	811	877	71	815	886	70	827	897	72	825	897	74	827	901
3,29	42	696	738	46	791	837	49	812	861	50	823	873	51	828	879	52	830	882
4,23	33	696	729	34	791	825	36	812	848	37	823	860	37	828	865	38	830	868
5,17	30	725	755	31	811	842	32	815	847	32	827	859	33	825	858	33	827	860
6,11	27	810	837	28	860	888	29	810	839	30	807	837	30	806	836	30	806	836
7,05	26	779	805	26	767	793	27	710	737	27	699	726	27	696	723	27	693	720



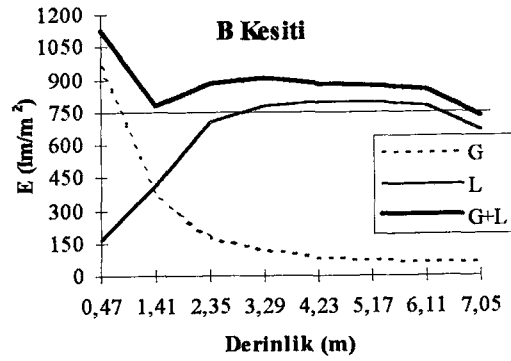
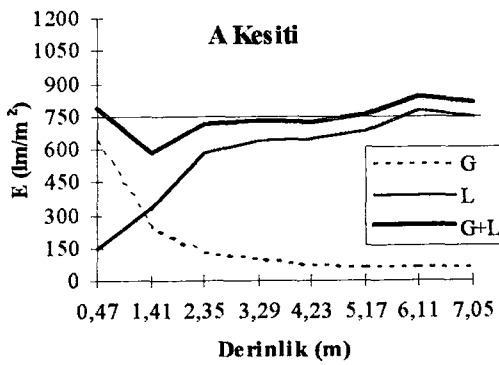
• C1 Hacminde 21 Aralık saat:12.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeni



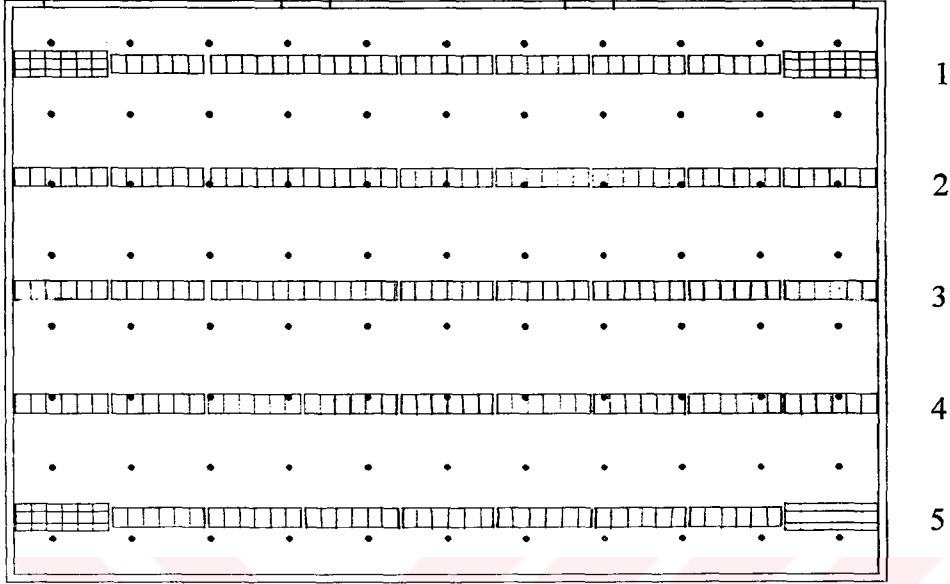
Şekil 4.62

Tablo 4.79 ve Grafik 4.89

Y \ X	0,51			1,53			2,55			3,57			4,59			5,61		
	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L
0,47	640	146	786	940	156	1096	934	160	1191	510	162	672	795	163	958	960	163	1123
1,41	250	333	583	335	391	726	345	401	746	297	413	710	326	413	739	360	411	771
2,35	130	578	708	155	668	823	165	685	850	163	708	871	168	707	875	175	702	877
3,29	97	635	732	108	739	847	115	761	876	117	785	902	120	785	905	121	780	901
4,23	75	647	722	80	755	835	83	778	861	86	796	882	87	796	883	87	792	879
5,17	68	687	755	71	783	854	74	793	867	75	794	869	76	795	871	76	795	871
6,11	63	777	840	65	836	901	67	792	859	68	778	846	68	777	845	69	778	847
7,05	61	747	808	61	744	805	62	684	746	63	667	730	63	665	728	64	664	728



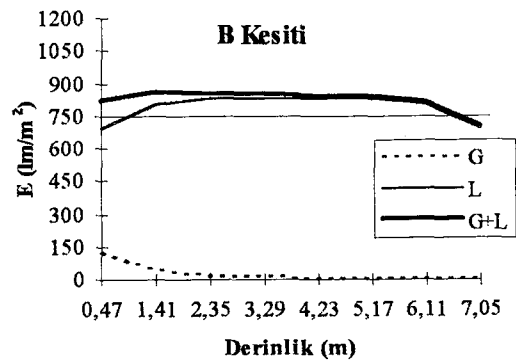
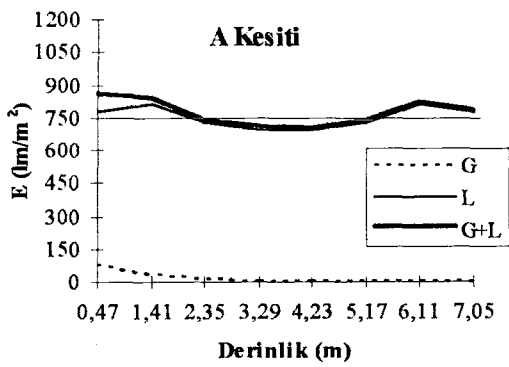
• C1 Hacminde 21 Aralık saat:16.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeni



Şekil 4.63

Tablo 4.90 ve Grafik 4.80

x \ y	0,51			1,53			2,55			3,57			4,59			5,61		
	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L
0,47	84	779	863	123	767	890	122	710	1191	67	699	766	105	696	801	126	693	819
1,41	33	810	843	44	860	904	45	810	855	39	807	846	43	806	849	48	806	854
2,35	17	725	742	20	811	831	22	815	837	21	827	848	22	825	847	23	827	850
3,29	13	696	709	14	791	805	15	812	827	15	823	838	16	828	844	16	830	846
4,23	10	696	706	10	791	801	11	812	823	11	823	834	11	828	839	11	830	841
5,17	9	725	734	9	811	820	10	815	825	10	827	837	10	825	835	10	827	837
6,11	8	810	818	8	860	868	9	810	819	9	807	816	9	806	815	9	806	815
7,05	8	779	787	8	767	775	8	710	718	8	699	707	8	696	704	8	693	701



• C1 Hacminde Kurulan Bütünleşik Aydınlatma Düzenlerinin Değerlendirilmesi

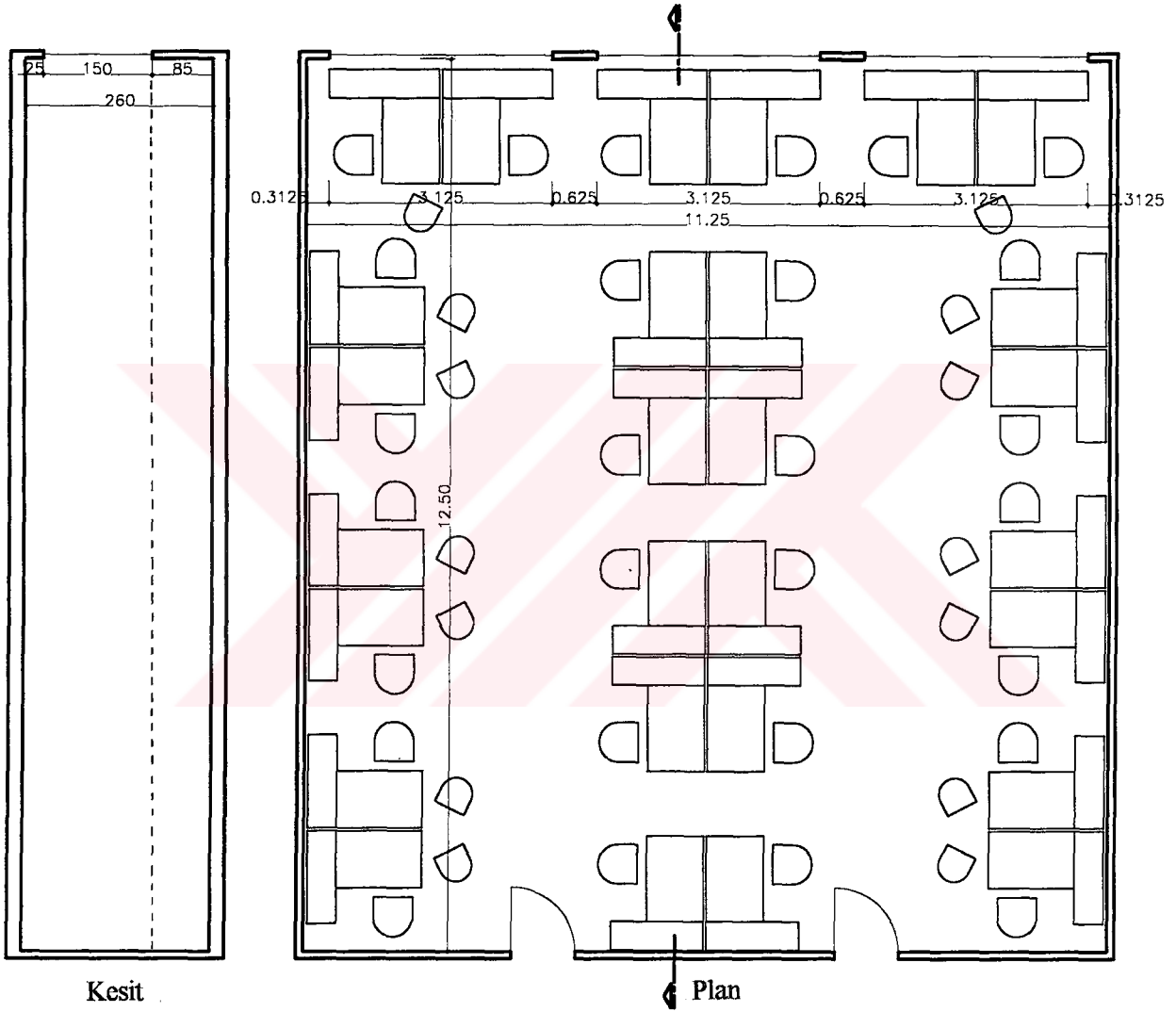
C1 hacminde kurulan yapay aydınlatma düzeninde (a2), 5 sıra aygıt kullanılmıştır (Bkz. Bölüm 5.3.1.2). Güneşli kullanımı açısından incelenen 6 durum içinde, 21 Haziran saat 12.00'de, bu 5 sıranın 3., 4. ve 5. sıraları yanarken, 21 Aralık saat 9.00 ve 16.00'da bütün sıraların yanması gerekmektedir. İncelenen gün ve saatler için, yanması gereken aygıt sıraları Tablo 4.95'te verilmiştir.

Tablo 4.95

Gün-Saat	9.00	12.00	16.00
21 Haziran	2,3,4,5	3,4,5	2,3,4,5
21 Aralık	1,2,3,4,5	2,3,4,5	1,2,3,4,5

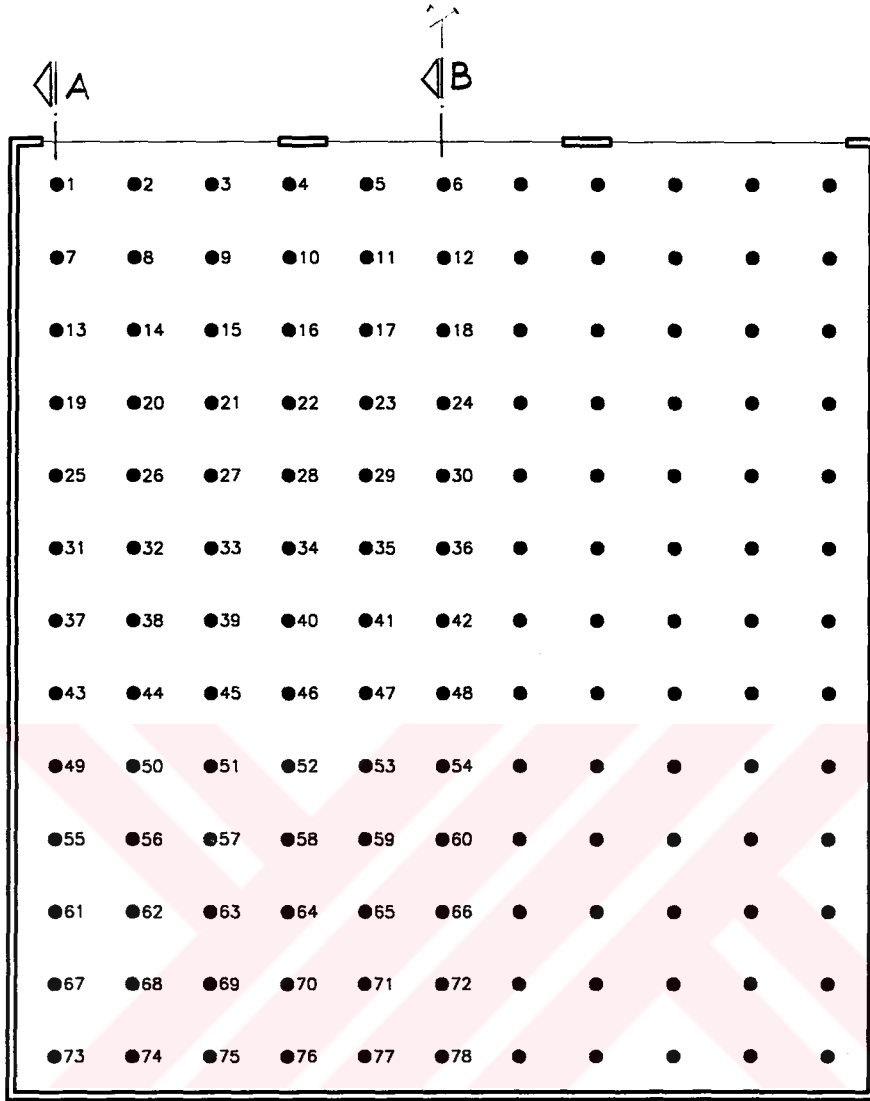
4.3.2. C2 Hacminin Aydınlatma Düzeninin Kurulması

C2 olarak nitelendirilen hacmin genişliği, 11.25 m., derinliği, 12.50 m. ve yüksekliği, 2.60 m.'dir. Genişliği, 3.125 m. ve yüksekliği, 1.50 m. olan üç pencere, 11.25 m.lik duvarda bulunmaktadır (Bkz. Şekil 4.64).



Şekil 4.64. C2 Hacminin planı ve kesiti - Ö:1/100

C2 hacmindeki aydınlık dağılımını belirlemek için, 143 nokta seçilmiştir. Bu noktaların hacmin planı üzerindeki yerleri, Şekil 4.65'de; x-y koordinatları ise, Tablo 4.91'de verilmiştir.



y \ x	0,51	1,53	2,55	3,57	4,59	5,61
0,48	1	2	3	4	5	6
1,44	7	8	9	10	11	12
2,40	13	14	15	16	17	18
3,36	19	20	21	22	23	24
4,32	25	26	27	28	29	30
5,28	31	32	33	34	35	36
6,24	37	38	39	40	41	42
7,20	43	44	45	46	47	48
8,16	49	50	51	52	53	54
9,12	55	56	57	58	59	60
10,08	61	62	63	64	65	66
11,04	67	68	69	70	71	72
12,00	73	74	75	76	77	78

Şekil 4.65. ve Tablo 4.96. C2 Hacminde belirlenen gözleme noktaları ve koordinatları

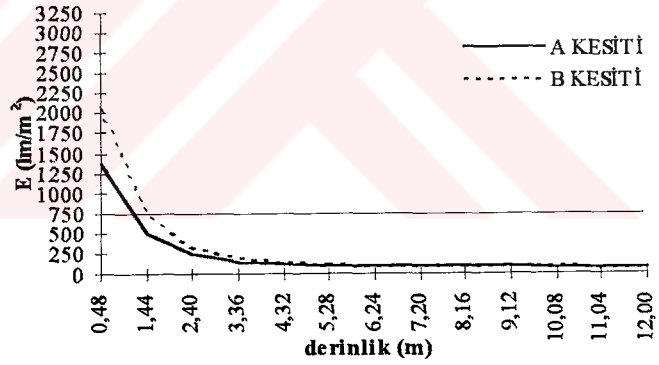
Güneşiği ve lamba ışığının noktada aydınlık düzeyi değerleri, tablolarda ve aydınlığın hacim içindeki dağılımı ise, kesit grafiklerde (Şekil 4.65’de belirtilen A ve B kesitleri) olmak üzere, aşağıdaki bölümlerde ayrı ayrı verilmiştir.

4.3.2.1. C2 Hacminde Güneşiğin Çalışma Düzleminde Oluşturduğu Aydınlık Düzeyi Değerleri

C2 hacminde, belirlenen 143 noktada, 21 Haziran ve 21 Aralık günlerinde, 9.00, 12.00 ve 16.00 saatleri için güneşiğin oluşturduğu aydınlık düzeyi değerleri, aşağıdaki tablo ve grafiklerle belirtilmiştir.

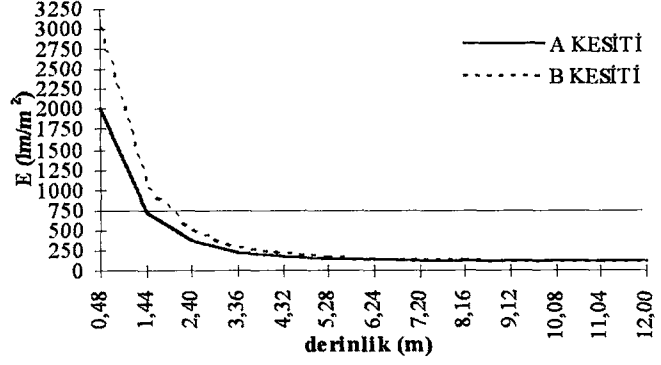
Tablo 4.97. ve Grafik 4.81. C2 Hacminde 21 Haziran saat:9.00 için hesaplanan güneşiği aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

$y \setminus x$	0,51	1,53	2,55	3,57	4,59	5,61
0,48	1365	2030	2040	965	1725	2055
1,44	485	655	680	595	650	715
2,40	255	310	330	325	335	350
3,36	160	180	195	202	206	208
4,32	127	137	146	150	153	155
5,28	110	115	120	123	125	125
6,24	100	102	106	108	109	110
7,20	93	95	97	99	100	100
8,16	90	91	92	94	94	95
9,12	87	87	88	89	90	90
10,08	85	86	86	87	87	87
11,04	83	84	84	85	85	85
12,00	83	83	83	84	84	84



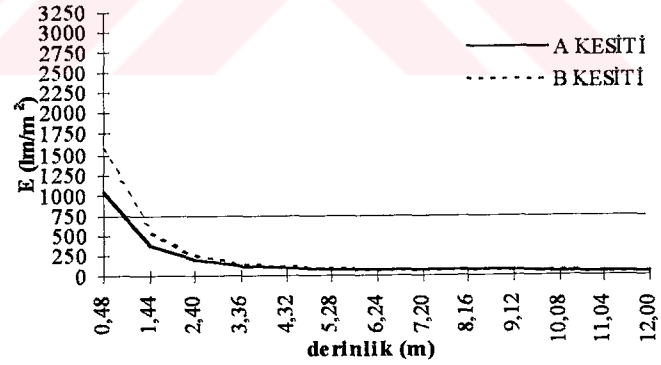
**Tablo 4.98. ve Grafik 4.82. C2 Hacminde 21 Haziran saat:12.00 için hesaplanan
güneşli aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)**

$\frac{y}{x}$	0,51	1,53	2,55	3,57	4,59	5,61
0,48	2005	2990	3005	1420	2545	3025
1,44	715	960	1000	875	950	1050
2,40	370	450	485	475	495	515
3,36	235	265	290	295	300	305
4,32	185	200	215	220	225	226
5,28	158	166	174	179	182	182
6,24	145	149	154	158	159	160
7,20	135	138	141	144	145	145
8,16	130	132	134	135	136	137
9,12	126	127	128	129	130	130
10,08	123	124	125	126	126	126
11,04	121	121	122	123	123	123
12,00	120	120	120	121	121	121



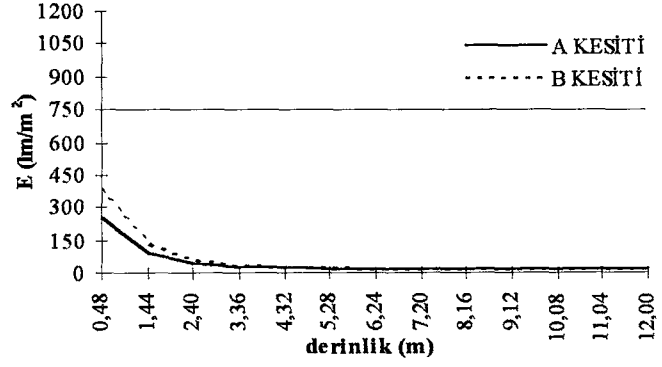
**Tablo 4.99. ve Grafik 4.83. C2 Hacminde 21 Haziran saat:16.00 için hesaplanan
güneşli aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)**

$\frac{y}{x}$	0,51	1,53	2,55	3,57	4,59	5,61
0,48	1035	1545	1555	730	1315	1565
1,44	370	495	515	450	490	540
2,40	190	235	250	245	255	265
3,36	120	136	147	152	154	156
4,32	95	102	109	113	115	116
5,28	80	84	88	91	93	93
6,24	73	76	78	80	81	81
7,20	69	70	72	73	73	74
8,16	66	67	68	69	70	70
9,12	64	64	65	65	66	66
10,08	62	63	64	64	64	64
11,04	61	61	62	62	62	62
12,00	60	61	61	61	61	61



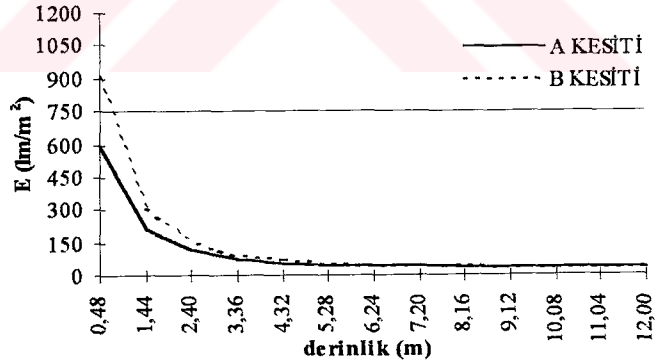
Tablo 4.100. ve Grafik 4.84. C2 Hacminde 21 Aralık saat:9.00 için hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

$y \setminus x$	0,51	1,53	2,55	3,57	4,59	5,61
0,48	256	380	383	185	325	385
1,44	92	125	127	112	120	135
2,40	48	58	63	60	64	66
3,36	31	34	37	38	39	39
4,32	24	26	27	28	29	29
5,28	21	22	23	24	24	24
6,24	20	20	20	21	21	21
7,20	18	18	19	19	19	19
8,16	17	18	18	18	18	18
9,12	17	17	17	17	17	17
10,08	16	17	17	17	17	17
11,04	16	16	16	16	16	16
12,00	16	16	16	16	16	16



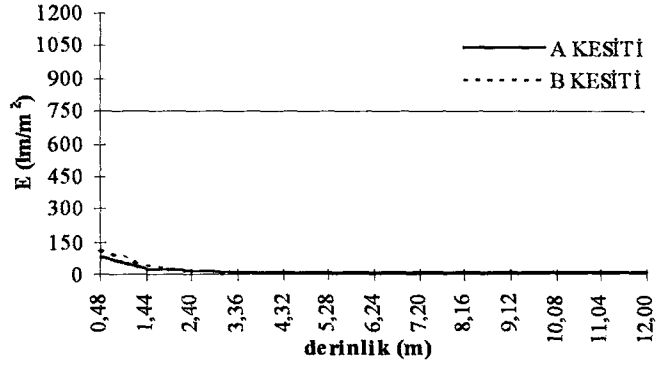
Tablo 4.101. ve Grafik 4.85. C2 Hacminde 21 Aralık saat:12.00 için hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

$y \setminus x$	0,51	1,53	2,55	3,57	4,59	5,61
0,48	600	895	900	425	760	905
1,44	215	290	300	265	285	315
2,40	115	135	145	144	150	155
3,36	72	80	85	90	92	93
4,32	57	60	65	67	68	69
5,28	49	51	53	55	56	56
6,24	45	46	47	49	49	50
7,20	42	42	43	44	45	45
8,16	40	41	41	42	42	42
9,12	39	39	40	40	40	40
10,08	38	38	39	39	39	39
11,04	37	38	38	38	38	38
12,00	37	37	37	37	38	38



Tablo 4.102. ve Grafik 4.86. C2 hacminde 21 Aralık saat:16.00 için hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

y \ x	0,51	1,53	2,55	3,57	4,59	5,61
0,48	80	118	120	56	100	120
1,44	30	38	40	35	38	42
2,40	15	19	20	20	21	21
3,36	10	11	12	12	12	13
4,32	8	9	9	10	10	10
5,28	7	7	7	7	8	8
6,24	6	7	7	7	7	7
7,20	6	6	6	6	6	6
8,16	6	6	6	6	6	6
9,12	5	5	6	6	6	6
10,08	5	5	5	5	5	5
11,04	5	5	5	5	5	5
12,00	5	5	5	5	5	5



• C2 Hacmindeki Günışığı Aydınlik Dağılımının Değerlendirilmesi

C2 hacminde, hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerleri incelendiğinde, pencereye en yakın gözleme noktalarında, 21 Aralık saat 16.00'da, 80-118-120-56-100-120 lm/m^2 ile minimum olan aydınlık düzeyi, 21 Haziran saat 12.00'de 2005-2990-3005-1420-2545-3025 lm/m^2 ile maksimuma ulaşmaktadır.

Hesaplama yapılan tüm gün ve saatler için, pencereden uzaklaştıkça, aydınlık düzeyi hızla düşmektedir. Özellikle, pencereden, 0.48 m. ile 1.44 m. uzaklıklar arasında, azalma hızlı olurken, 1.44 m. den sonra yavaşlamaktadır. 1.44 m. uzaklıktaki değerler, 0.48 m. uzaklıktaki değerlerin yaklaşık olarak 1/3'üne düşmektedir. Pencereden en uzak gözleme noktası olan 12.00 m. uzaklıktaki değerlerin ise, 1.44 m.deki değerlerin yaklaşık olarak, 1/8'i olduğu görülmektedir. Ayrıca, pencereden en uzak gözleme noktalarındaki (12.00 m.) değerler, pencereye en yakın gözleme noktalarındaki (0.48 m.) değerlerin yaklaşık olarak, 1/16-1/24'ü arasında değişmektedir.

Günüşğı aydınlık düzeyi, 21 Haziran saat 12.00'de, 1.44 m.den sonra, 750 lm/m² nin altına düşerken; 21 Haziran saat 9.00 ve 16.00'da yaklaşık olarak, 1.00 m.den sonra, 21 Aralık'ta ise, tüm saatlerde, bütün gözleme noktalarında yetersiz kalmaktadır.

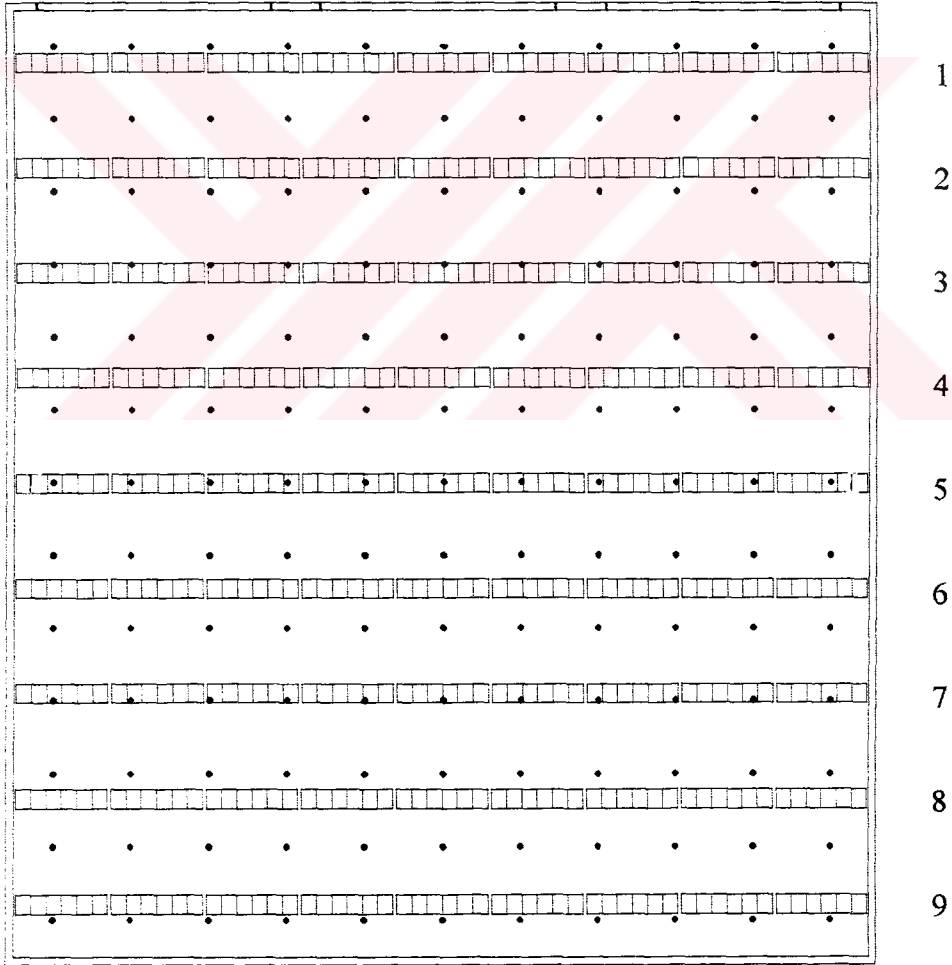


4.3.2.2. C2 Hacminde Lamba Işığının Çalışma Düzleminde Oluşturduğu Aydınlık Düzeyi Değerleri

C2 hacminde, Tip 1 ve Tip 3 aygıtları kullanılarak, yapay aydınlatma düzeni kurulmuştur. Ortalama ve noktada aydınlık düzeyi hesapları, bu aygıtların iki değişik yerleştirme düzeni için, ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir.

a) Tip 1 aygıtı ile kurulan aydınlatma düzeni

a.1) Ortalama aydınlık düzeyi hesabı sonucunda belirlenen 81 aygıt, hacim içinde düzgün yayılmış bir aydınlık düzeyi sağlamak amacıyla program tarafından ucuca dizilmiş biçimde, 9 sıra halinde yerleştirilmiştir (Bkz. Şekil 4.66).

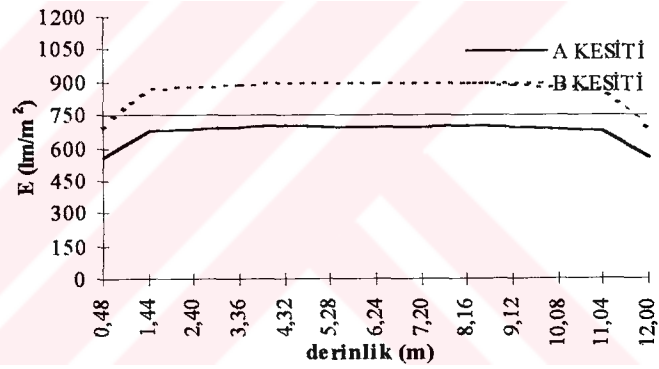


Şekil 4.66. C2 Hacminde Tip 1 aygıtının ucuca dizilmiş biçimde yerleştirme düzeni

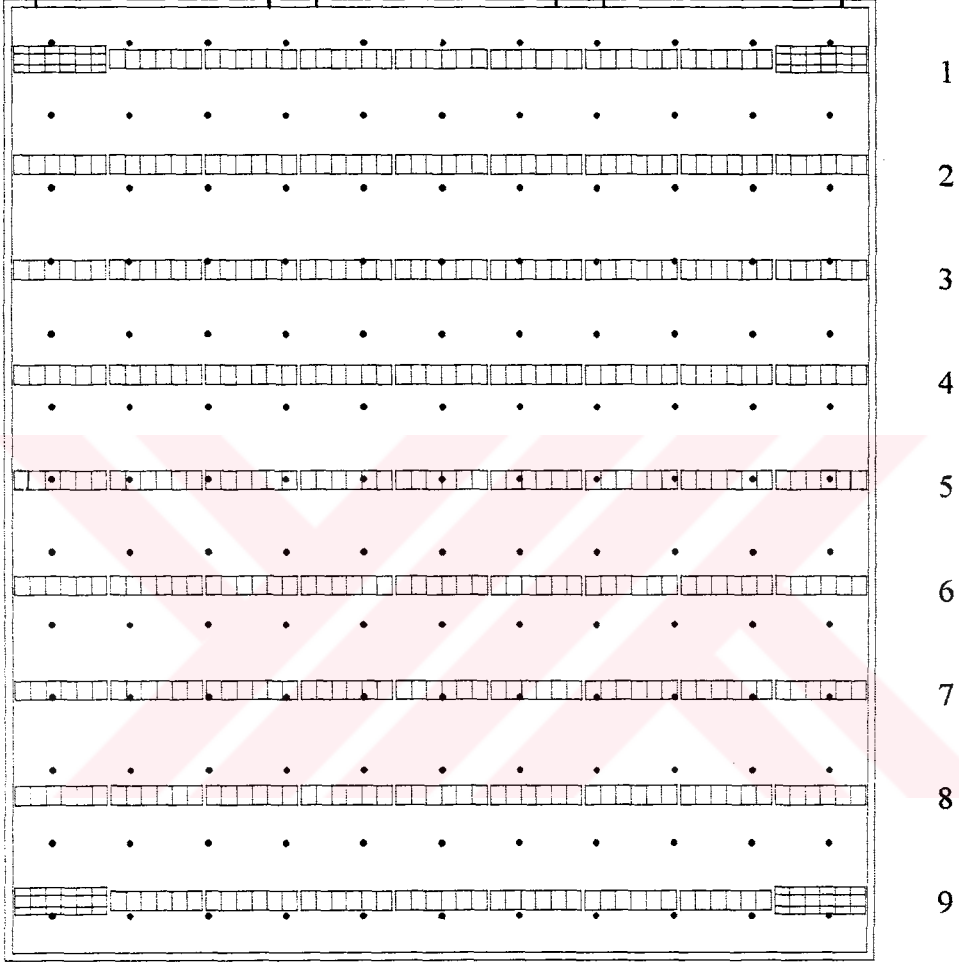
Bu yerleştirme düzeni ile hacimde, ortalama aydınlık düzeyi, $E_{ort}=815 \text{ lm/m}^2$ ve hacim içindeki aydınlık dağılımının düzgünlük oranı, $E_{min}/E_{ort}=0.68$ olarak hesaplanmaktadır. Böyle bir yerleştirme düzeni sonucunda, ortalama aydınlık düzeyi açısından yeterli aydınlık niceliği sağlanmakta, ancak, aydınlık dağılımının düzgünlüğü açısından uygun değildir. C2 hacminde belirlenen gözleme noktalarında, tüm lambaların yakılması durumunda, lamba ışığı aydınlık düzeyi değerleri ve hacim içindeki aydınlık dağılımı Tablo 4.103 ve Grafik 4.87’de verilmiştir.

Tablo 4.103 ve Grafik 4.87. C2 Hacminde Tip 1 aygıtının ucuca yerleştirilmesi sonucu hesaplanan lamba ışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

$y \setminus x$	0,51	1,53	2,55	3,57	4,59	5,61
0,48	557	670	693	697	698	699
1,44	679	831	860	866	867	868
2,40	684	837	869	875	878	879
3,36	692	846	879	885	888	889
4,32	701	859	892	899	901	902
5,28	697	854	886	893	896	897
6,24	696	852	885	892	894	896
7,20	697	854	886	893	896	897
8,16	701	859	892	899	901	902
9,12	692	846	879	885	888	889
10,08	684	837	869	875	878	879
11,04	679	831	860	866	867	868
12,00	557	670	693	697	698	699



a.2) a1’deki aydınlatma düzeninde, hacmin duvarlarına yakın olan 1,2,3,4,5,6,7,13,19, 25, 31, 37, 43, 49, 55, 61, 67, 73, 74, 75, 76, 77, 78 numaralı gözleme noktalarındaki aydınlık düzeyinin 750 lm/m^2 ’den daha düşük olduğu görülmektedir. Bu noktalarda da, $\text{min.}750 \text{ lm/m}^2$ aydınlık düzeyi sağlamak için, bilgisayar programının kurduğu düzen değiştirilerek, yeni bir düzen oluşturulmuş olup; hacmin köşelerine 4 aygıt daha eklenerek, aygıt sayısı 85’e çıkarılmıştır (Bkz. Şekil 4.67).

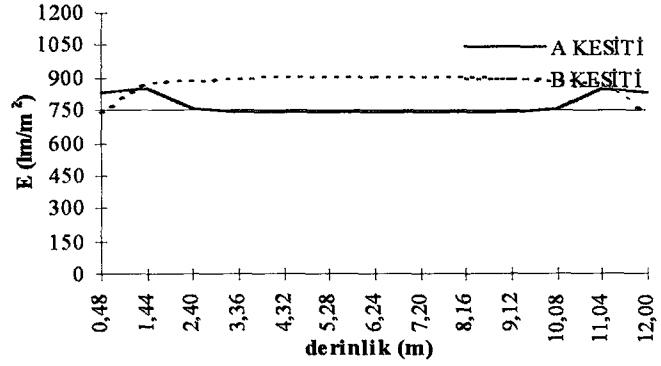


Şekil 4.67. C2 Hacminde Tip 1 aygıtının yeni yerleştirme düzeni

Yeni durumda, $E_{ort}=847 \text{ lm/m}^2$ ve $E_{min}/E_{ort}=0.83$ olarak hesaplanmakta ancak, bu durumda da, belirlenen gözleme noktalarındaki aydınlık düzeyi değerleri olması gereken değerlerden oldukça yüksek çıkmaktadır. Nuktada aydınlık düzeyi değerleri ve aydınlığın hacim içindeki dağılımı Tablo 4.104 ve Grafik 4.88'de verilmiştir.

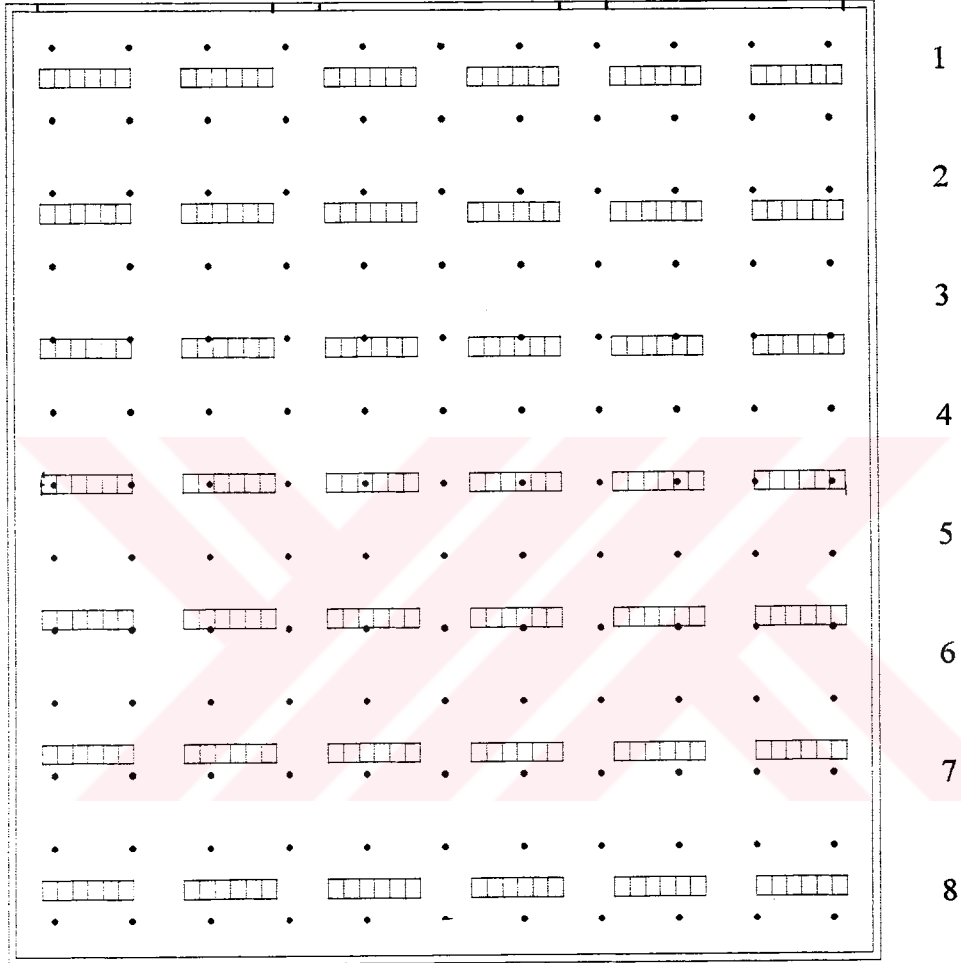
Tablo 4.104. ve Grafik 4.88. C2 Hacminde Tip 1 aygıtının yeni yerleştirme düzeni sonucu hesaplanan lamba ışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

$\frac{Y}{X}$	0,51	1,53	2,55	3,57	4,59	5,61
0,48	830	825	751	743	742	742
1,44	848	923	890	878	877	878
2,40	759	869	885	885	886	887
3,36	738	859	889	894	895	897
4,32	744	869	900	907	908	910
5,28	740	863	894	901	903	905
6,24	738	861	893	899	901	903
7,20	740	863	894	901	903	905
8,16	744	869	900	907	908	910
9,12	738	859	889	894	895	896
10,08	759	869	885	885	886	887
11,04	848	923	890	878	877	878
12,00	830	825	751	743	742	742



b) Tip 3 aygıtı ile kurulan aydınlatma düzeni

b.1) C2 hacminde, bu tip aygıtın kullanılması durumunda, yapılan ortalama aydınlık düzeyi hesabı sonucunda belirlenen 42 aygıt, düzgün yayılmış bir aydınlık sağlayacak biçimde program tarafından, 7 sıra halinde yerleştirilmiştir (Bkz. Şekil 4.68).

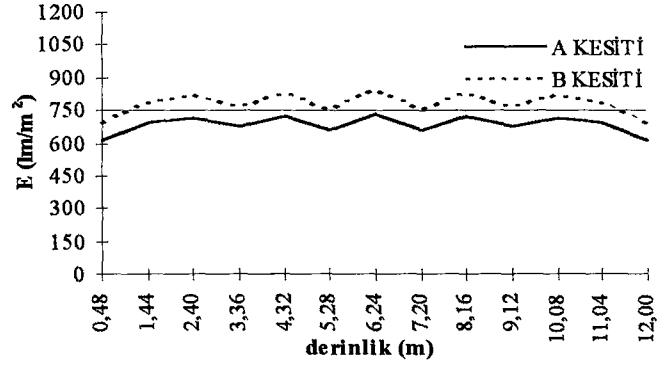


Şekil 4.68. C2 Hacminde Tip 3 aygıtının yerleştirme düzeni

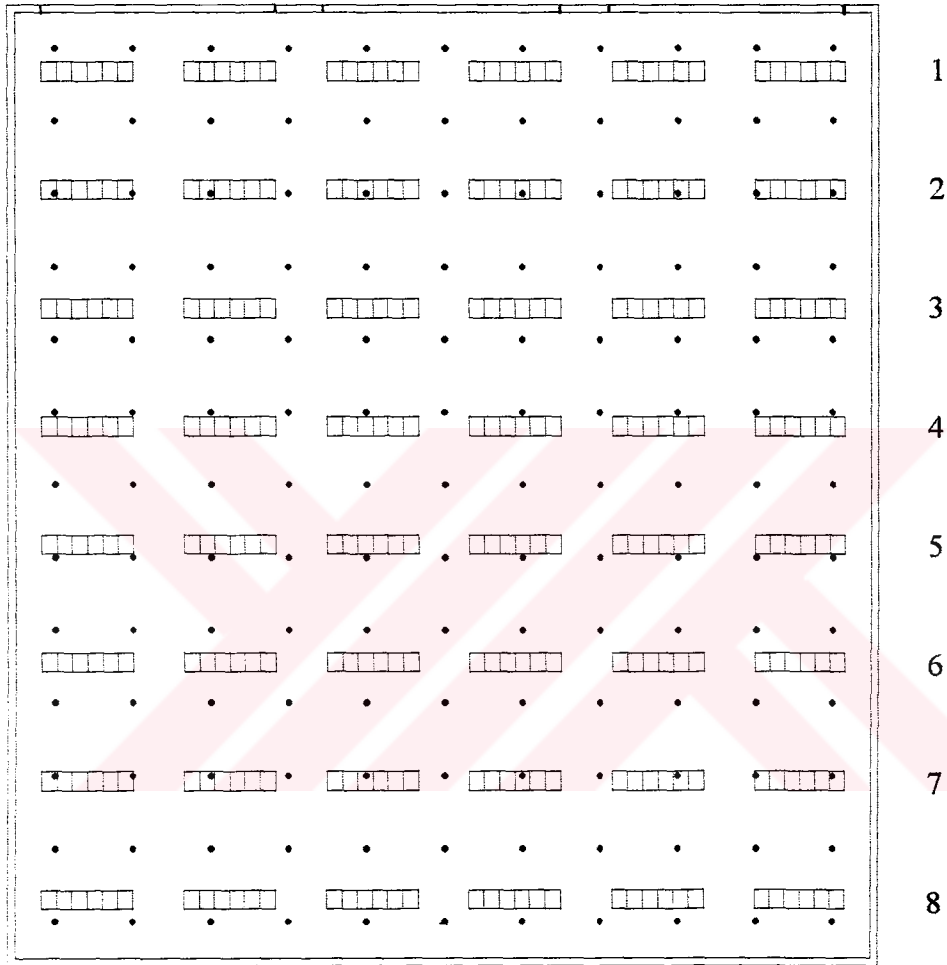
Bu durumda, $E_{ort}=773 \text{ lm/m}^2$ ve $E_{min}/E_{ort}=0.79$ olarak hesaplanmakta olup, belirlenen gözleme noktalarındaki aydınlık düzeyi değerleri ve hacim içindeki aydınlık dağılımı Tablo 4.105 ve Grafik 4.89'da verilmiştir.

Tablo 4.105. ve Grafik 4.89. C2 Hacminde Tip 3 aygıtının yerleştirilmesi sonucu hesaplanan lamba ışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

$\backslash X$	0,51	1,53	2,55	3,57	4,59	5,61
0,48	613	705	718	699	712	694
1,44	693	795	807	788	801	784
2,40	712	828	834	824	828	820
3,36	679	784	789	778	779	774
4,32	726	845	849	843	843	838
5,28	664	766	770	761	761	757
6,24	737	860	859	859	853	855
7,20	664	766	770	761	761	757
8,16	726	845	849	843	843	838
9,12	679	784	789	778	779	774
10,08	712	828	834	824	828	820
11,04	693	794	807	788	801	784
12,00	613	705	718	699	712	694



b.2) Bilgisayar programı, b1'deki yerleştirme düzeninin uygun olmadığı uyarısını vermekte ve düşeydeki aydınlık düzeyinin, hacimdeki ortalama aydınlık düzeyinden 87 lm/m^2 daha yüksek olduğunu bildirmektedir. Bölüm 4.3.1.2., b.2'de belirtildiği gibi, bu tip aygıtların birbirine olabildiğince yakın olarak yerleştirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, aygıt sayısı 48'e çıkarılarak, yeni bir düzen oluşturulmuştur. Tip 3 aygıtının birbirine yakın biçimde yerleştirme düzeni, Şekil 4.69'da verilmiştir.

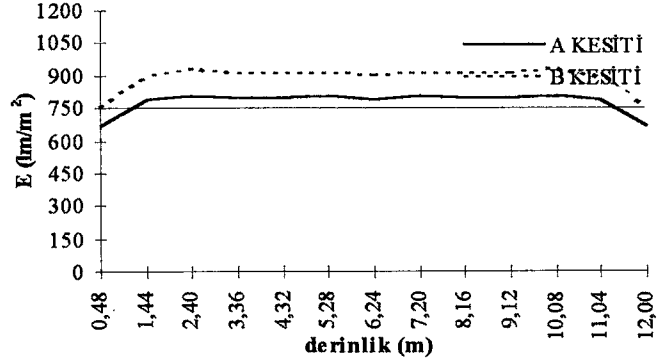


Şekil 4.69. C2 Hacminde Tip 3 aygıtının birbirine yakın biçimde yerleştirme düzeni

Bu durumda, $E_{ort}=879 \text{ lm/m}^2$ ve $E_{min}/E_{ort}= 0.78$ olarak hesaplanmakta olup, belirlenen noktalardaki aydınlık düzeyi değerleri ve hacim içindeki aydınlık dağılımı, Tablo 4.106 ve Grafik 4.90'da verilmiştir.

Tablo 4.106. ve Grafik 4.90. C2 Hacminde Tip 3 aygıtının birbirine yakın biçimde yerleştirilmesi sonucu hesaplanan lamba ışığı aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2)

$y \setminus x$	0,51	1,53	2,55	3,57	4,59	5,61
0,48	670	772	782	766	777	761
1,44	792	912	922	905	911	900
2,40	810	938	943	936	938	934
3,36	799	926	932	921	920	916
4,32	801	926	936	918	926	914
5,28	802	929	935	924	929	920
6,24	792	919	922	912	907	908
7,20	802	929	935	924	929	920
8,16	801	926	936	918	926	914
9,12	799	926	932	921	920	916
10,08	810	938	943	936	938	934
11,04	792	912	922	905	911	900
12,00	670	772	782	766	777	761



c) C2 Hacminde Tip 1 ve Tip 3 Aygıtları ile Kurulan Yapay Aydınlatma Düzenlerinin Değerlendirilmesi

C2 hacminde, iki değişik tip aygıt kullanılması durumunda ve değişik yerleştirme düzenleri sonucu sağlanan, ortalama aydınlık düzeyi (E_{ort}) değerleri ve aydınlık dağılımının düzgünlüğüne ilişkin oran (E_{min}/E_{ort}) değerleri Tablo 4.107'de verilmiştir.

Tablo 4.107

Aydınlatma Düzeni	Aygıt Tipi	Aygıt Geriverimi (v)	Aygıt (=lamba) sayısı	E_{ort} (lm/m^2)	E_{min}/E_{ort}
a1	Tip 1 (ucuca)	0,52	81	815	0,68
a2	Tip 1 (ucuca)		85	847	0,83
b1	Tip 3 (uzak)	0,56	42	773	0,79
b2	Tip 3 (yakın)		48	879	0,78

Tablo 4.107'deki değerler, iki değişik tip aygıtın yerleştirme dzenleri arasındaki ayırım nedeniyle, yalnızca,

- aygıtların yerleştirme dzeni (a_1-a_2 / b_1-b_2), aısından değerlendirilmiştir.

- **C2 Hacminde Aynı Tip Aygıtın Değişik Yerleştirme Dzeni Aısından Değerlendirilmesi**

Tip 1 aygıtının ucuca yerleştirilmesi sonucu, 81 olarak hesaplanan aygıt sayısı, hacmin köşelerine birer aygıt daha eklenmesiyle, 85'e çıkarılarak, %5 oranında artmıştır. Bu durumda, ortalama aydınlık düzeyi, 815 lm/m^2 den 847 lm/m^2 ye çıkarak, %4 oranında artmaktadır. E_{\min}/E_{ort} oranı ise, ilk düzende, 0.68 iken, köşelere birer aygıt eklenmesi ile, 0.83'e yükselerek, %22 oranında artmıştır.

Tip 3 aygıtı kullanıldığında ise, ilk düzende, 42 olarak belirlenen aygıt sayısı, ikinci düzende, 48'e çıkarılarak, %14 oranında arttırılmıştır. Bu durumda, ortalama aydınlık düzeyi, 773 lm/m^2 den, 879 lm/m^2 ye çıkarak, %14 oranında artmaktadır. E_{\min}/E_{ort} oranı ise, ilk düzende, 0.79 iken, ikinci düzende, %1 oranında azalarak, 0.78'e düşmüştür.

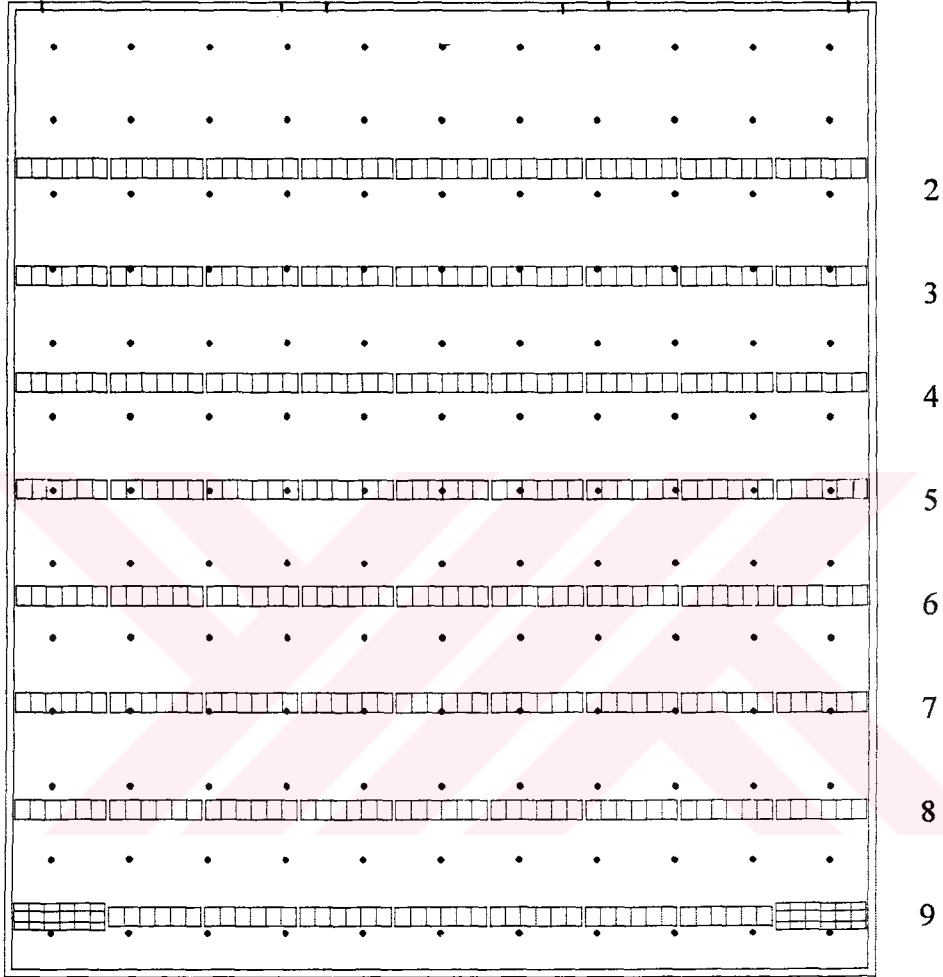
4.3.2.3. C2 Hacminde Bütünleşik Aydınlatma Düzeni

4.3.2.1. Bölümünde, C2 hacmine ilişkin, günışığı aydınlık düzeyi değerleri ve 4.3.2.2. Bölümünde ise, lamba ışığı ile sağlanan aydınlık düzeyi değerleri verilmiştir. Bu bölümde ise, 21 Haziran ve 21 Aralık günlerinde, 9.00, 12.00 ve 16.00 saatleri için hesaplanan günışığı dağılımlarını, belli bir yaklaşıklıkla dengeleyen, yapay aydınlatma (bütünleşik aydınlatma) düzeni ele alınmıştır. Bu yapay aydınlatma düzeninde, örnekleme amacıyla, Tip 1 aygıtı ve a2'deki aydınlatma düzeni seçilmiştir.

Her gün ve saat için hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerlerini belli yaklaşıklıkla dengelemek amacıyla, yanması gereken lambaları gösteren planlar, Şekil 4.70, 4.71, 4.72, 4.73, 4.74, 4.75'de verilmiştir.

Ayrıca, C2 hacminde, belirlenen gözleme noktaları için hesaplanan günışığı (G), lamba ışığı (L) ve günışığı + lamba ışığı (G+L) aydınlık düzeyi değerleri, Tablo 4.108, 4.109, 4.110, 4.111, 4.112, 4.113'de ve hacim içindeki aydınlık dağılımları ise, Grafik 4.91, 4.92, 4.93, 4.94, 4.95, 4.96'da gösterilmiştir.

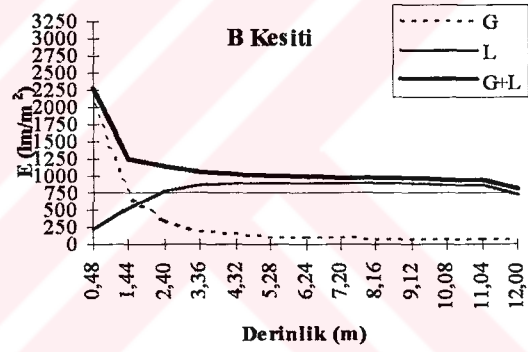
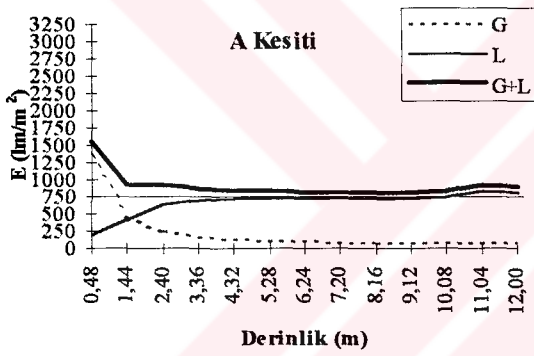
- C2 Hacminde 21 Haziran saat:9.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeni



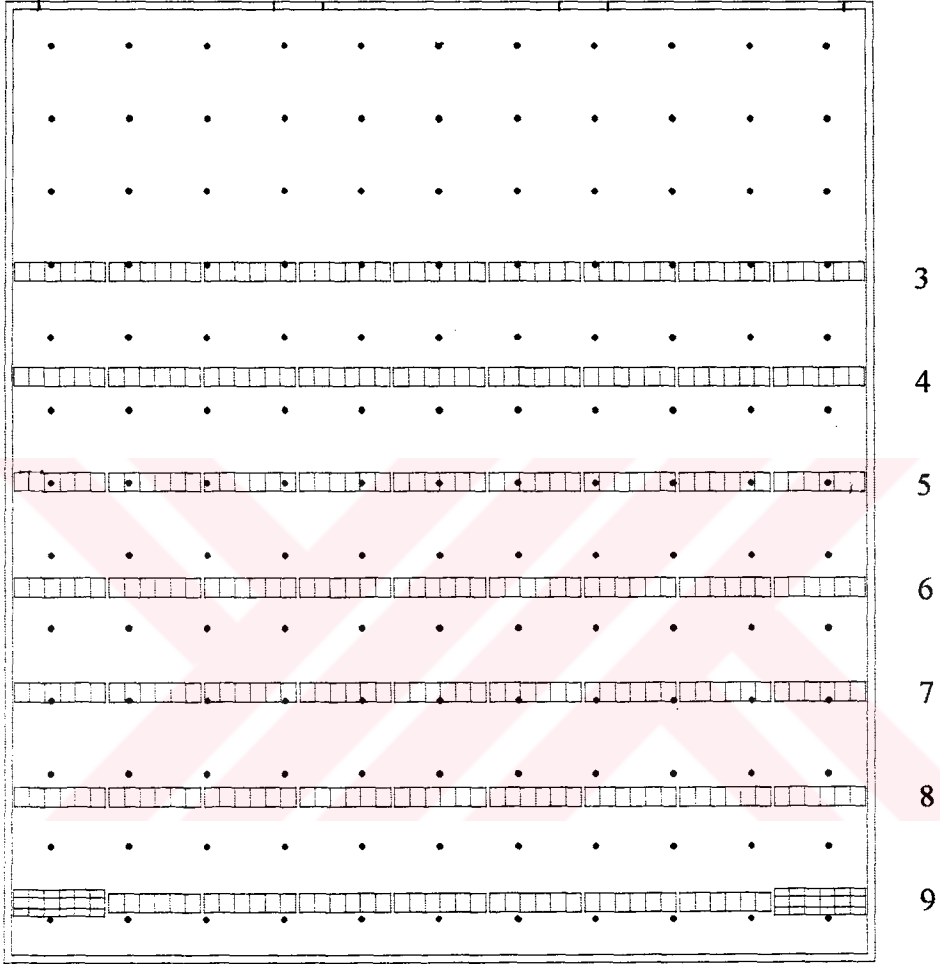
Şekil 4.70

Tablo 4.108 ve Grafik 4.91

y \ x	0,51			1,53			2,55			3,57			4,59			5,61		
	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L
0,48	1365	189	1554	2030	202	2232	2040	208	1191	965	209	1174	1725	210	1935	2055	210	2265
1,44	485	424	909	655	503	1158	680	518	1198	595	521	1116	650	522	1172	715	522	1237
2,40	255	651	906	310	755	1065	330	781	1111	325	785	1110	335	787	1122	350	788	1138
3,36	160	700	860	180	820	1000	195	850	1045	202	855	1057	206	857	1063	208	858	1066
4,32	127	716	843	137	842	979	146	873	1019	150	879	1029	153	881	1034	155	882	1037
5,28	110	715	825	115	840	955	120	871	991	123	878	1001	125	880	1005	125	882	1007
6,24	100	715	815	102	840	942	106	872	978	108	879	987	109	881	990	110	882	992
7,20	93	718	811	95	843	938	97	875	972	99	882	981	100	884	984	100	886	986
8,16	90	723	813	91	850	941	92	882	974	94	888	982	94	890	984	95	891	986
9,12	87	717	804	87	840	927	88	871	959	89	876	965	90	878	968	90	879	969
10,08	85	738	823	86	850	936	86	867	953	87	868	955	87	869	956	87	870	957
11,04	83	828	911	84	905	989	84	873	957	85	861	946	85	861	946	85	861	946
12,00	83	811	894	83	809	892	83	745	828	84	727	811	84	726	810	84	727	811



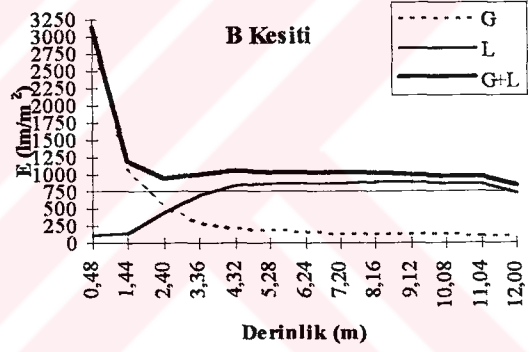
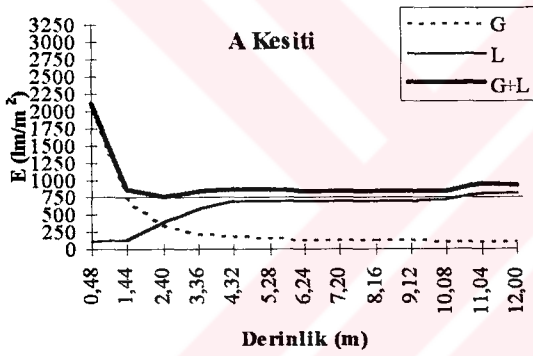
- C2 Hacminde 21 Haziran saat 12.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeni



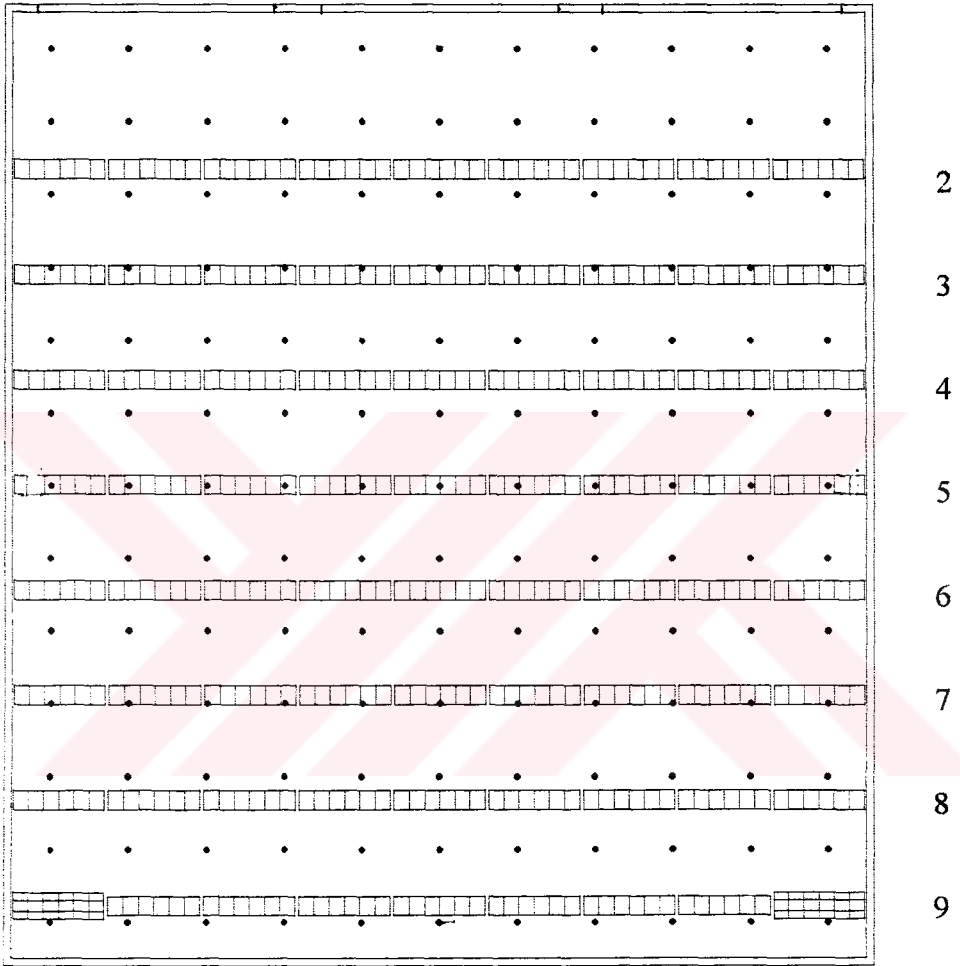
Şekil 4.71

Tablo 4.109 ve Grafik 4.92

y \ x	0,51			1,53			2,55			3,57			4,59			5,61		
	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L
0,48	2005	109	2114	2990	103	3093	3005	102	1191	1420	102	1522	2545	103	2648	3025	103	3128
1,44	715	140	855	960	141	1101	1000	142	1142	875	143	1018	950	143	1093	1050	143	1193
2,40	370	380	750	450	423	873	485	433	918	475	435	910	495	436	931	515	437	952
3,36	235	585	820	265	665	930	290	687	977	295	691	986	300	692	992	305	693	998
4,32	185	683	868	200	804	1004	215	832	1047	220	838	1058	225	839	1064	226	840	1066
5,28	158	694	852	166	818	984	174	849	1023	179	855	1034	182	857	1039	182	859	1041
6,24	145	698	843	149	822	971	154	855	1009	158	861	1019	159	863	1022	160	865	1025
7,20	135	702	837	138	828	966	141	860	1001	144	867	1011	145	869	1014	145	870	1015
8,16	130	708	838	132	836	968	134	868	1002	135	874	1009	136	876	1012	137	878	1015
9,12	126	703	829	127	826	953	128	857	985	129	863	992	130	865	995	130	876	1006
10,08	123	724	847	124	837	961	125	854	979	126	855	981	126	857	983	126	857	983
11,04	121	814	935	121	893	1014	122	861	983	123	849	972	123	849	972	123	849	972
12,00	120	799	919	120	798	918	120	734	854	121	716	837	121	715	836	121	716	837



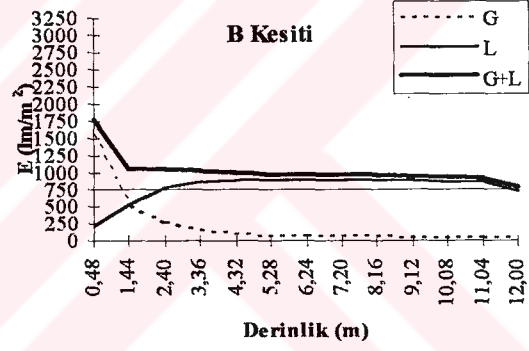
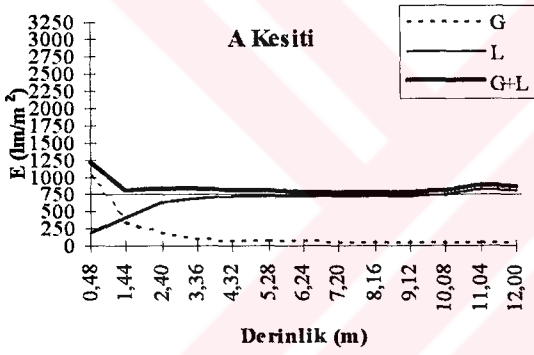
- C2 Hacminde 21 Haziran saat:16.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeni



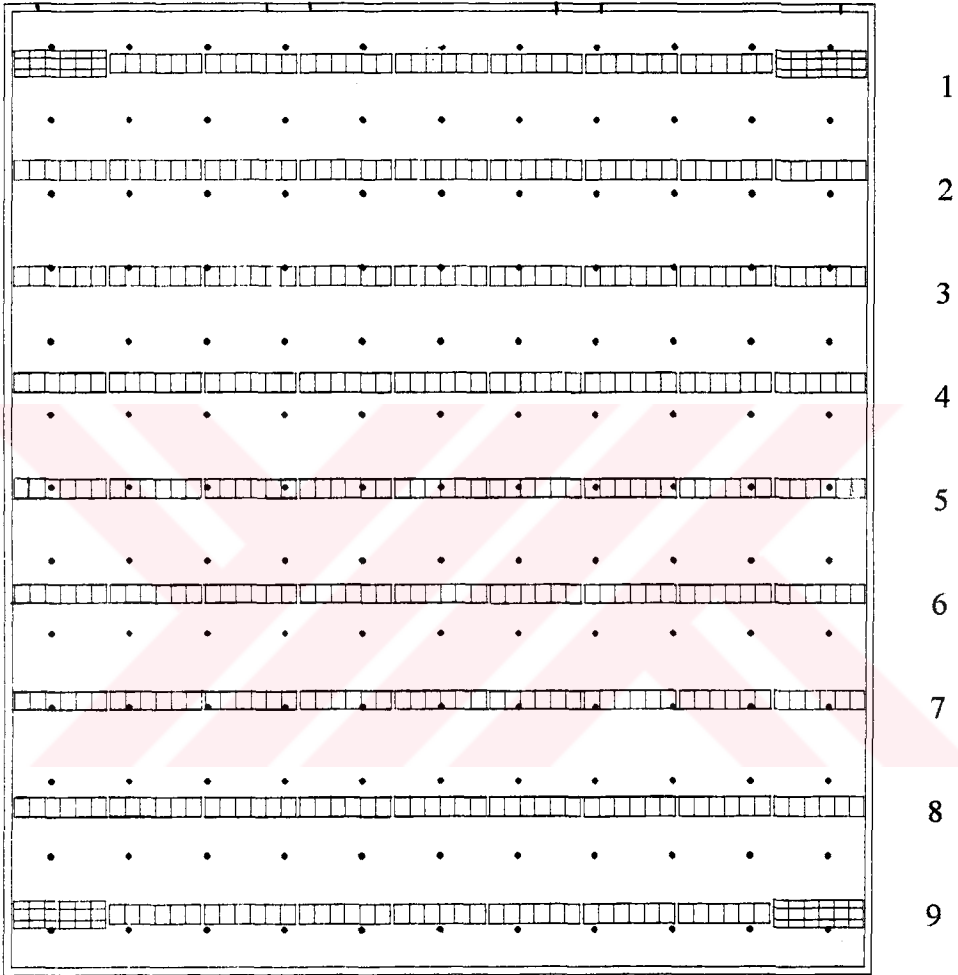
Şekil 4.72

Tablo 4.110 ve Grafik 4.93

y \ x	0,51			1,53			2,55			3,57			4,59			5,61		
	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L
0,48	1035	189	1224	1545	202	1747	1555	208	1191	730	209	939	1315	210	1525	1565	210	1775
1,44	370	424	794	495	503	998	515	518	1033	450	521	971	490	522	1012	540	522	1062
2,40	190	651	841	235	755	990	250	781	1031	245	785	1030	255	787	1042	265	788	1053
3,36	120	700	820	136	820	956	147	850	997	152	855	1007	154	857	1011	156	858	1014
4,32	95	716	811	102	842	944	109	873	982	113	879	992	115	881	996	116	882	998
5,28	80	715	795	84	840	924	88	871	959	91	878	969	93	880	973	93	882	975
6,24	73	715	788	76	840	916	78	872	950	80	879	959	81	881	962	81	882	963
7,20	69	718	787	70	843	913	72	875	947	73	882	955	73	884	957	74	886	960
8,16	66	723	789	67	850	917	68	882	950	69	888	957	70	890	960	70	891	961
9,12	64	717	781	64	840	904	65	871	936	65	876	941	66	878	944	66	879	945
10,08	62	738	800	63	850	913	64	867	931	64	868	932	64	869	933	64	870	934
11,04	61	828	889	61	905	966	62	873	935	62	861	923	62	861	923	62	861	923
12,00	60	811	871	61	809	870	61	745	806	61	727	788	61	726	787	61	727	788



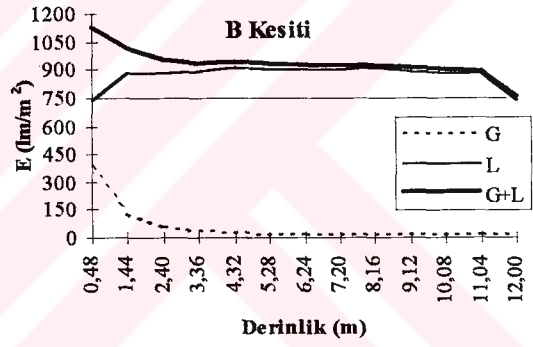
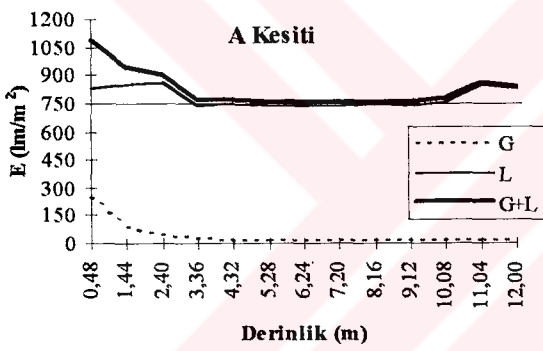
- C2 Hacminde 21 Aralık saat:9.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeni



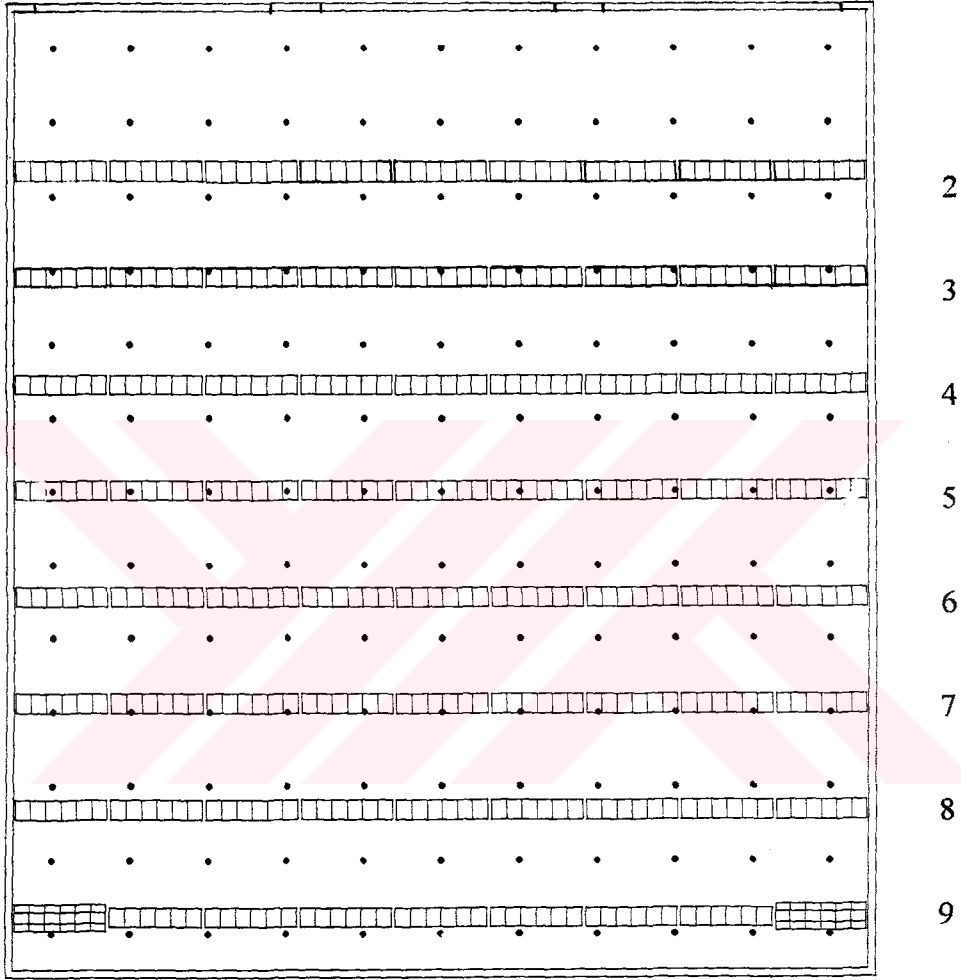
Şekil 4.73

Tablo 4.111 ve Grafik 4.94

y \ x	0,51			1,53			2,55			3,57			4,59			5,61		
	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L
0,48	259	830	1089	380	825	1205	383	751	1191	185	743	928	325	742	1067	385	742	1127
1,44	92	848	940	125	923	1048	127	890	1017	112	878	990	120	877	997	135	878	1013
2,40	48	759	807	58	869	927	63	885	948	60	885	945	64	886	950	66	887	953
3,36	31	738	769	34	859	893	37	889	926	38	894	932	39	895	934	39	896	935
4,32	24	744	768	26	869	895	27	900	927	28	907	935	29	908	937	29	910	939
5,28	21	740	761	22	863	885	23	894	917	24	901	925	24	903	927	24	905	929
6,24	20	738	758	20	861	881	20	893	913	21	899	920	21	901	922	21	903	924
7,20	18	740	758	18	863	881	19	894	913	19	901	920	19	903	922	19	905	924
8,16	17	744	761	18	869	887	18	900	918	18	907	925	18	908	926	18	910	928
9,12	17	738	755	17	859	876	17	889	906	17	894	911	17	895	912	17	896	913
10,08	16	759	775	17	869	886	17	885	902	17	885	902	17	886	903	17	887	904
11,04	16	848	864	16	923	939	16	890	906	16	878	894	16	877	893	16	878	894
12,00	16	830	846	16	825	841	16	751	767	16	743	759	16	742	758	16	742	758



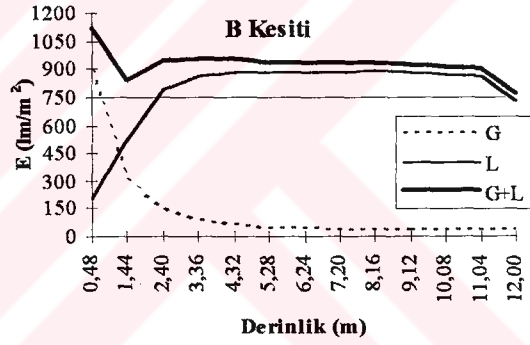
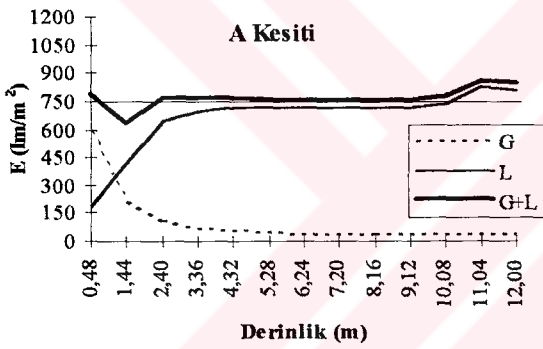
- C2 Hacminde 21 Aralık saat:12.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeni



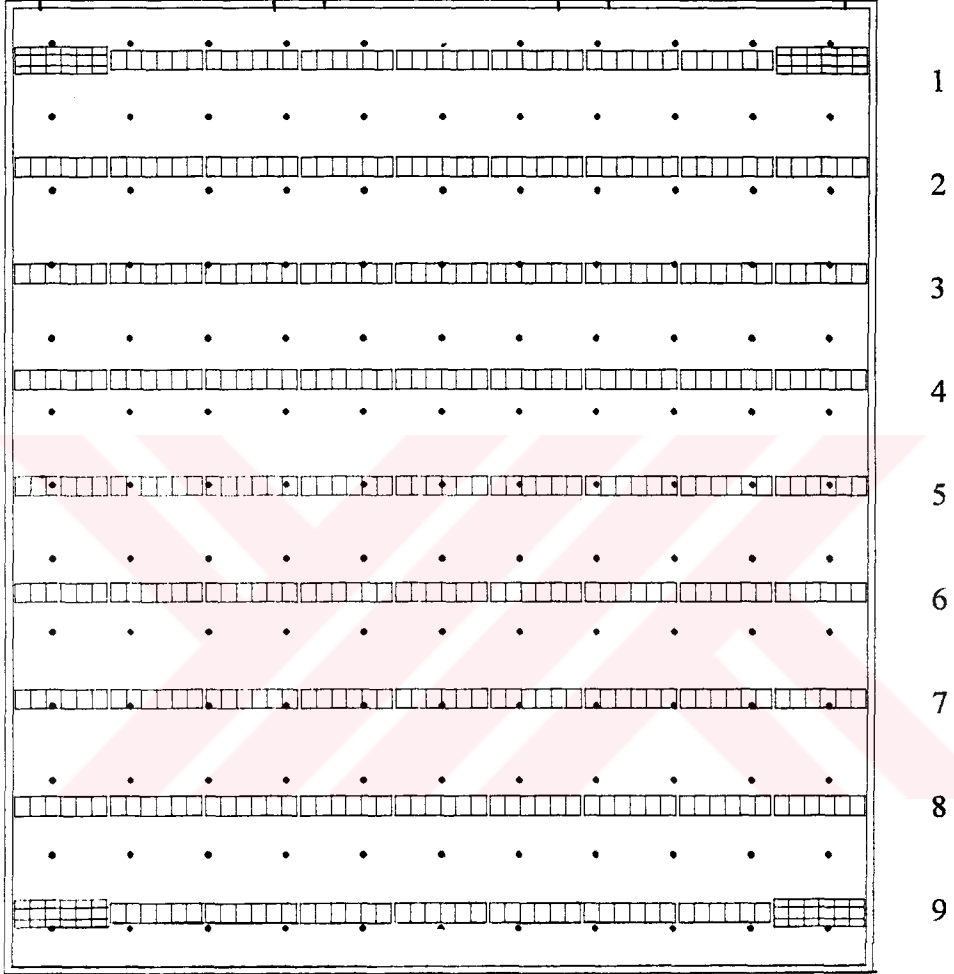
Şekil 4.74

Tablo 4.112 ve Grafik 4.95

y \ x	0,51			1,53			2,55			3,57			4,59			5,61		
	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L
0,48	600	189	789	895	202	1097	900	208	1191	425	209	634	760	210	970	905	210	1115
1,44	215	424	639	290	503	793	300	518	818	265	521	786	285	522	807	315	522	837
2,40	115	651	766	135	755	890	145	781	926	144	785	929	150	787	937	155	788	943
3,36	72	700	772	80	820	900	85	850	935	90	855	945	92	857	949	93	858	951
4,32	57	716	773	60	842	902	65	873	938	67	879	946	68	881	949	69	882	951
5,28	49	715	764	51	840	891	53	871	924	55	878	933	56	880	936	56	882	938
6,24	45	715	760	46	840	886	47	872	919	49	879	928	49	881	930	50	882	932
7,20	42	718	760	42	843	885	43	875	918	44	882	926	45	884	929	45	886	931
8,16	40	723	763	41	850	891	41	882	923	42	888	930	42	890	932	42	891	933
9,12	39	717	756	39	840	879	40	871	911	40	876	916	40	878	918	40	879	919
10,08	38	738	776	38	850	888	39	867	906	39	868	907	39	869	908	39	870	909
11,04	37	828	865	38	905	943	38	873	911	38	861	899	38	861	899	38	861	899
12,00	37	811	848	37	809	846	37	745	782	37	727	764	38	726	764	38	727	765



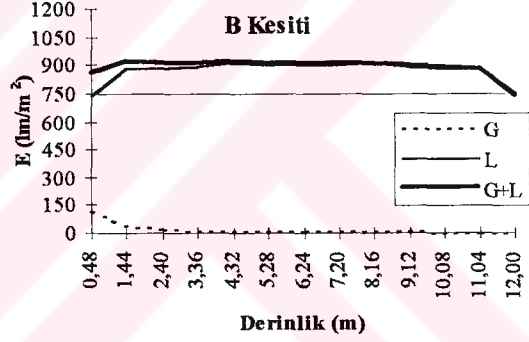
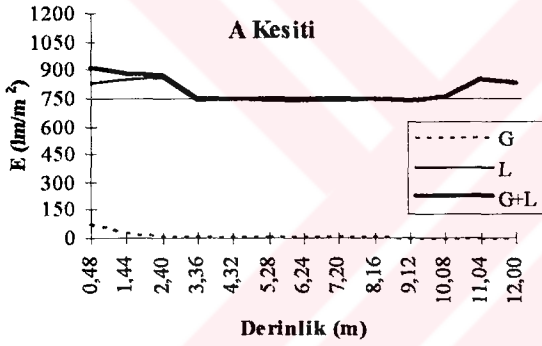
- C2 Hacminde 21 Aralık saat:16.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeni



Şekil 4.75

Tablo 4.113 ve Grafik 4.96

y \ x	0,51			1,53			2,55			3,57			4,59			5,61		
	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L	G	L	G+L
0,48	80	830	910	118	825	943	120	751	1191	56	743	799	100	742	842	120	742	862
1,44	30	848	878	38	923	961	40	890	930	35	878	913	38	877	915	42	878	920
2,40	15	859	874	19	869	888	20	885	905	20	885	905	21	886	907	21	887	908
3,36	10	738	748	11	859	870	12	889	901	12	894	906	12	895	907	13	896	909
4,32	8	744	752	9	869	878	9	900	909	10	907	917	10	908	918	10	910	920
5,28	7	740	747	7	863	870	7	894	901	7	901	908	8	903	911	8	905	913
6,24	6	738	744	7	861	868	7	893	900	7	899	906	7	901	908	7	903	910
7,20	6	740	746	6	863	869	6	894	900	6	901	907	6	903	909	6	905	911
8,16	6	744	750	6	869	875	6	900	906	6	907	913	6	908	914	6	910	916
9,12	5	738	743	5	859	864	6	889	895	6	894	900	6	895	901	6	896	902
10,08	5	759	764	5	869	874	5	885	890	5	885	890	5	886	891	5	887	892
11,04	5	848	853	5	923	928	5	890	895	5	878	883	5	877	882	5	878	883
12,00	5	830	835	5	825	830	5	751	756	5	743	748	5	742	747	5	742	747



- **C2 Hacminde Kurulan Bütünleşik Aydınlatma Düzenlerinin Değerlendirilmesi**

C2 hacminde kurulan yapay aydınlatma düzeninde (a2), 9 sıra aygıt kullanılmıştır (Bkz. Bölüm 5.3.2.2). Güneşli kullanımı açısından incelenen 6 durum içinde, 21 Haziran saat 12.00'de bu 9 sıradan, 3.,4.,5.,6.,7.,8. ve 9. sıralar yanarken, 21 Aralık saat 9.00 ve 16.00'da bütün sıraların yanması gerekmektedir. İncelenen gün ve saatler için yanması gereken aygıt sıraları, Tablo 4.114'te verilmiştir.

Tablo 4.114

Gün-Saat	9.00	12.00	16.00
21 Haziran	2,3,4,5,6,7,8,9	3,4,5,6,7,8,9	2,3,4,5,6,7,8,9
21 Aralık	1,2,3,4,5,6,7,8,9	2,3,4,5,6,7,8,9	1,2,3,4,5,6,7,8,9

GENEL DEĞERLENDİRME ve SONUÇ

Bu çalışmada, büro binaları ve mekanları tanıtılmış olup, büro hacimlerinde sağlanması gereken görsel konfor koşulları ve aydınlatma düzeni temel ilkeleri verilmiştir. Ayrıca, değişik boyutlarda, belirli bir pencere düzeni olan altı büro hacmi ele alınarak,

- belirli gün ve saatler için günışığı aydınlık düzeyi değerleri hesaplanmış;
- bürolar için en uygun ışık kaynakları olan flüorışıl (flüoresan) lambalar ile günümüzde sıklıkla kullanılan ızgaralı aydınlatma aygıtları seçilerek, düzgün yayılmış bir genel aydınlık sağlamaya yönelik, yapay aydınlatma düzenleri oluşturulmuş;
- belirlenen gün ve saatlerde, günışığı aydınlık düzeyi değerlerini belli bir yaklaşıklıkla dengelemek amacıyla, bütünleşik aydınlatma düzenleri kurulmuştur.

Ele alınan büro hacimleri, üç grup (A, B, C) olup, her grup içinde, pencerelerin bulunduğu duvar boyutu değiştirilmeden, derinlik arttırılmıştır. Bu altı hacimde (A1, A2, B1, B2, C1, C2), oluşturulan doğal, yapay ve bütünleşik aydınlatma düzenlerine ilişkin genel değerlendirme, aşağıda verilmiştir.

- Günışığı Aydınlık Düzeyi Dağılımının Değerlendirilmesi:

Ele alınan altı hacimde, 21 Haziran ve 21 Aralık günleri, 9.00, 12.00 ve 16.00 saatlerinde, günışığı aydınlık düzeyi hesapları, DED adlı bilgisayar programı yardımı ile yapılmış ve bu değerler, 4. Bölüm'deki tablo ve grafiklerle verilmiştir. Tüm hacimlerde, pencere duvarına yakın ikinci sıradaki gözleme noktalarındaki aydınlık düzeyi değerleri, pencereye en yakın gözleme noktalarındaki değerlerin, yaklaşık 1/3'üne düşmektedir. Ancak, hacimlerin derinliklerindeki artışa bağlı olarak, her üç grup hacim arasında, pencereden en uzak gözleme noktalarındaki değerlerin, ikinci sıradaki ve pencereye en yakın noktalarındaki değerlere göre, azalma oranı değişmektedir. Buna göre, pencereden en uzak gözleme noktalarındaki değerler, ikinci sıradaki değerlerin (yaklaşık olarak), A1 hacminde, 1/3'ü, A2'de 1/4'ü; B1'de 1/4'ü, B2'de 1/6'sı; C1'de 1/6'sı, C2'de 1/8'i olarak saptanmıştır. Yine, hacimlerin, pencereden en uzak gözleme noktalarındaki

değerler, en yakın gözleme noktalarındaki değerlerin (yaklaşık olarak), A1'de 1/8-1/12'si, A2'de 1/10-1/16'sı; B1'de 1/9-1/12'si, B2'de 1/13-1/17'si; C1'de 1/10-1/15'i, C2'de ise, 1/16-1/24'ü arasında değişmektedir.

Genel olarak, tüm hacimler için, 21 Haziran'daki saatlerde, pencereye en yakın iki sıradaki gözleme noktalarında, yeterli olan aydınlık düzeyi, 21 Aralık'ta, saat 12.00 ve hacimlerin pencereye en yakın gözleme noktaları dışında, tüm saatlerde yetersiz kalmaktadır.

- Yapay Aydınlatma Düzenlerinin Değerlendirilmesi:

Belirlenen altı büro hacminde kurulan yapay aydınlatma düzenlerinde, 3 ayrı tip, flüorışıl lambalı aygıt kullanılmış olup, her hacimde iki değişik tip aygıt ile iki ayrı düzen oluşturulmuştur. A1, A2 ve B1, B2 hacimlerinde, Tip 1 ve Tip 2; C1, C2 hacimlerinde ise, Tip 1 ve Tip 3 aygıtları kullanılmıştır. Tip 1 ve Tip 2 olarak nitelendirilen aygıtlar, içinde, 1×36W flüorışıl lamba bulunan ızgaralı aygıtlar; Tip 3 aygıtı ise, içinde, 4×18W flüorışıl lamba bulunan kare biçimli ızgaralı aygıttır.

Bu aygıtlar, hacim içinde düzgün yayılmış bir genel aydınlatma sağlamak amacıyla yerleştirilmiş olup, sağlanan lamba ışığı aydınlık düzeyi değerleri, 4. Bölüm'deki tablo ve grafiklerle verilmiştir.

Tip 1 ve Tip 2 aygıtları, bilgisayar programı tarafından, A1, A2 ve B1, B2 hacimlerinde, ayrı düzende, C1, C2 hacimlerinde ise, ucuca dizilerek yerleştirilmiştir. Ayrı düzende, minimum ortalama aydınlık düzeyinin sağlanmasına karşın, duvarlara yakın olan gözleme noktalarında, gerekli aydınlık düzeyinin sağlanamaması ve flüorışıl lambaların ışık yeğinlik diyagramları nedeniyle, aygıtların, peşpeşe diziler biçiminde yerleştirilmesi uygun olmaktadır. Bu nedenle, çalışmada, A1, A2 ve B1, B2 hacimlerinde, bu aygıtlar, ucuca dizilerek, yeni bir aydınlatma düzeni kurulmuştur. C1, C2 hacimlerinde ise, Tip 1 aygıtı, program tarafından ucuca dizilerek yerleştirilmiş, ancak, yine, duvarlara yakın olan

gözleme noktalarında gerekli aydınlık düzeyinin sağlanamaması nedeniyle, hacimlerin köşelerine yakın bölgelerdeki aygıt sayıları arttırılmıştır. C1, C2 hacimlerinde, Tip 3 olarak nitelendirilen kare aygıtlar ise, program tarafından seyrek aralıklarla yerleştirilmiştir. Ancak, bu durumda aygıtlar, nokta kaynak özelliği taşımakta olup, aydınlık dağılımında düzensizlikler ortaya çıkmaktadır. Bunu önlemek için, kare aygıtlar, daha sık aralıklarla yerleştirilmiş ve böylece, aydınlığın hacim içinde düzgün yayılması sağlanmıştır.

Genel olarak, tüm hacimlerde, aygıt geriverimi yükseldiğinde, aydınlık düzeyinde de bir artış olmaktadır. Hacimdeki aydınlık düzeyinin düzgünlüğüne ilişkin oran ($E_{min}/E_{ort}=0.80$) ise, genelde, tüm hacimlerde sağlanmıştır. Gerekli minimum ortalama aydınlık düzeyi ve aydınlığın düzgün yayılmışlığı açısından, üç tip aygıt birbirine yakın sonuçlar vermektedir.

- Bütünleşik Aydınlatma Düzenlerinin Değerlendirilmesi:

İncelenen altı hacimde, 21 Haziran ve 21 Aralık günlerinde, 9.00, 12.00 ve 16.00 saatlerinde, bütünleşik aydınlatma düzenleri oluşturulmuş ve bu düzenlere ilişkin değerler, 4.Bölüm'de tablo ve grafiklerle verilmiştir. Bu hacimlerde, belirlenen gün ve saatlerde, günışığı aydınlık düzeyi dağılımını belli yaklaşıklıkla dengelemek amacıyla, yanması gereken aygıt sıraları belirlenmiş ve aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Hacim	Hacim Boyutları (m.)	Gün	9.00	12.00	16.00
A1	3.75 * 5.00	21 H.	3,4	4	3,4
		21 A.	2,3,4	3,4	1,2,3,4
A2	3.75 * 6.25	21 H.	3,4,5	4,5	3,4,5
		21 A.	2,3,4,5	3,4,5	1,2,3,4,5
B1	7.50 * 5.00	21 H.	2,3	3	2,3
		21 A.	1,2,3	2,3	1,2,3
B2	7.50 * 7.50	21 H.	3,4,5	4,5	3,4,5
		21 A.	2,3,4,5	2,3,4,5	1,2,3,4,5
C1	11.25 * 7.50	21 H.	2,3,4,5	3,4,5	2,3,4,5
		21 A.	1,2,3,4,5	2,3,4,5	1,2,3,4,5
C2	11.25 * 12.50	21 H.	2,3,4,5,6,7,8,9	3,4,5,6,7,8,9	2,3,4,5,6,7,8,9
		21 A.	1,2,3,4,5,6,7,8,9	2,3,4,5,6,7,8,9	1,2,3,4,5,6,7,8,9

Tablodaki değerler incelendiğinde, aynı pencere genişliğine sahip hacimlerin, derinlikleri arttıkça, azalan günışığını dengelemek amacıyla, yanması gereken sıra sayılarının arttığı görülmektedir. Doğal olarak, 21 Aralık saat 16.00'da, tüm hacimlerde, bütün lambaların yanması gerekmektedir. Buna karşılık, yanması gereken en az aygıt sırası sayısı, 21 Haziran saat 12.00'dedir.

Bütünleşik aydınlatma düzenleri oluşturulurken, flüorışıl lambalı aygıtların, doğrusal olma özelliklerini koruyabilmek amacıyla, sıra biçiminde yakılıp, söndürülmelerine özen gösterilmiştir. Bu nedenle, hacimlerin kimi bölgelerinde, aydınlık düzeyinde yükselme olmasına karşın, genel olarak, tüm gözleme noktalarında, gerekli minimum aydınlık düzeyi sağlanmış ve hacimler içinde düzgün yayılmış bir aydınlık oluşturulmuştur.

- Bürolar, görsel eylemlerin önem kazandığı ve insanların günlerinin büyük bir bölümünü geçirdikleri mekanlar olup, aydınlatma düzenlerinin doğru ve tekniğine uygun oluşturulması zorunludur. Ayrıca, bütün konularda olduğu gibi, aydınlatmada da, optimum enerji kullanımı önem taşımaktadır. Bu nedenle, günışığı ve lamba ışığına ilişkin aydınlatma düzenlerinin birlikte ele alınıp, çözümlenmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- 1- ANON., 1969, Illuminating Engineering, Volume 64, no:8, New York: 511-517
- 2- CIBSE Code For Interior Lighting, 1994, London: 23, 72, 95-117
- 3- CIBSE Lighting Guide, Areas For Visual Display Terminals LG3, 1989, London: 15-16
- 4- CIE International Lighting Vocabulary, 3rd Edition, Publication CIE No: 17 (E-1.1) Paris, 1970.
- 5- DÖKMECI, V., DÜLGEROĞLU, Y., AKKAL, B.L., 1993, İstanbul Şehir Merkezi Transformasyonu ve Büro Binaları, Literatür Yayınları, İstanbul: 50, 59, 106, 114.
- 6- DUFFY, F., CAVE, C., WORTHINGTON, J., 1977, Planning Office Space, Great Britain: 25-90, 157.
- 7- DOKUZER, L., 1985, Günışığı Aydınlığının Belli Bir İç Mekanda Dağılımını ve Zaman İçindeki Değişimini Belli Yaklaşıklıkla Dengeleyecek Bir Yapay Aydınlatma Düzeni, YL Tezi, Y.Ü., İstanbul.
- 8- DOKUZER ÖZTÜRK, L., 1992, Kent Aydınlatma İlkeleri, YTÜ Mimarlık Fakültesi Baskı İşliğı, İstanbul: 5-8.
- 9- ENARUN, D., 1987, Bina Tasarımı Aşamasında Hacim İçindeki Doğal Işık Dağılımını Belirlemek İçin Bir Model, Doktora Tezi, İTÜ, İstanbul.
- 10- HASOL, D., 1990, Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü, YEM Yayınları, 4. Baskı, İstanbul: 112.
- 11- HOPKINSON, R.G., 1963, Architectural Physics: Lighting; HMSO, London.
- 12- IES Lighting Handbook, Second Edition, Standard Lighting Guide, 1952: 56-68.
- 13- IES Lighting Handbook, 1987, Application Volume: (5) 12-16.
- 14- International Lighting Review, 4/1980: 107-110.
- 15- International Lighting Review, 2/1993: 44.
- 16- Journal of the IES, October 1973: 22-24.
- 17- KROCHMANN, J., SEIDL, M., 1974, Quantitative Data On Daylight For Illuminating Engineering, Lighting Research & Technology, Vol.6, Nr.3: 165-171.

- 18- KÜÇÜKDOĞU, M.Ş., 1976, İklimsel Konfor ve Aydınlık Seviyesine Bağlı Görsel Konfor Gereksinimleri Açısından, Pencere Tasarlanmasında Kullanılabilecek Bir Yöntem, İTÜ Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi, İstanbul.
- 19- Luminaires & Systems For Fluorescent Lamps, ERCO, Edition 1995/96.
- 20- Mechanical & Electrical Equipment For Buildings, Illumination, 1986, 7th Edition: 1094-1103.
- 21- Philips Lighting Manual, 1993, 5th Edition: 217-224.
- 22- Philips Lighting, Compact Lighting Catalogue 1995/96: 1.1-1.24
- 23- SİREL, Ş., 1973, Aydınlatma Terimleri, İDMMA Yayınları, Sayı 112.
- 24- SİREL, Ş., 1973, Aydınlatma Terimleri Sözlüğü, TDK Yayınları, Sayı 386.
- 25- SİREL, Ş., 1974, Yapılarda Güneş Düzenlemesi İçin Gölge Eğrileri Yöntemi, İDMMA Yayınları, İstanbul: 49-59.
- 26- SİREL, Ş., 1983, Mimarlık Öğretiminde Aydınlatma Dersleri, İstanbul: 3/4, 4/6.
- 27- SİREL, Ş., 1989, "Işık Kaynaklarının Başlıca Özellikleri", İnşaat Malzemeleri ve Uygulamaları Dergisi.
- 28- SİREL, Ş., 1992, Aydınlığın Niteliği, YFU Yayınları, No:4, İstanbul: 7-15.
- 29- ŞEREFHANOĞLU, M., 1972, Konutlarda Aydınlatma, Karaca Ofset Basımevi, İstanbul: 39.
- 30- ŞEREFHANOĞLU, M., 1991, "Çalıştığımız Mekanlarda Aydınlatma ve Görsel Konfor", Arredamento Dekorasyon OFİS'91, İstanbul: 123-125.
- 31- ÜNVER, R., 1984, Düşey Pencere Hacımlerde Yatay Düzlemdeki Doğal Aydınlığın Günişliği Çarpanına Bağlı Olarak Hesaplanması, YÜ Yayınları, İstanbul.
- 32- ÜNVER, R., 1988, Günişliğinin Hacim İçinde Oluşturduğu Aydınlığın Hesaplanması, YÜ Yayınları, İstanbul: 78-84.
- 33- ÜNVER, R., 1990, "Işığın Renksel Niteliği", Kaynak Dergisi, Sayı 57: 30-33.
- 34- ÜNVER, R., 1991, Kapalı Hacımlerde Lamba Işığının Yatay Düzlemde Oluşturduğu Aydınlığın ve Aygıt Geriveriminin Hesaplanması, YÜ Yayınları, İstanbul.
- 35- ÜNVER, R., DOKUZER ÖZTÜRK, L., 1993 Eğitim Yapılarında Görsel Konforun Doğal ve Yapay Aydınlatma Açısından İncelenmesi, İstanbul:230-242.



EK

EK 1. FLÜORİŞİL LAMBALAR ve FLÜORİŞİL LAMBALI AYDINLATMA AYGITLARI

1.1. Flüorışıl Lambalar

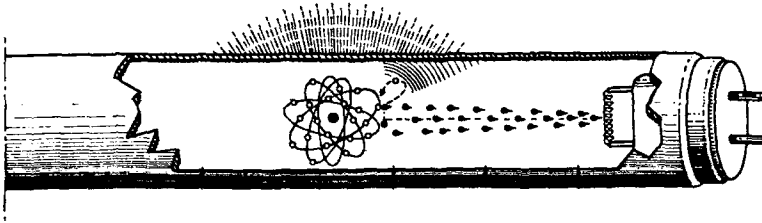
Bürolarda en sık kullanılan yapay ışık kaynakları flüorışıl (flüoresan) lambalardır.

Flüoresan lamba, genel olarak, alçak basınçlı (2-3 mm.) civa buharı doldurulmuş boşalmalı lamba biçiminde tanımlanır. İlk olarak tanıtıldığı 1937 yılından bu yana sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde de, pek çok olumlu özellikleri nedeniyle çeşitli kullanım alanlarına sahiptir.

• Flüoresan Lambaların Temel Çalışma İlkesi

Bir flüoresan lamba, temelde, içinde hareketsiz bir gaz ve alçak basınçlı civa buharı karışımı bulunan silindirik biçiminde iki dipli bir cam tüpten oluşur. Cam tüpün (ampul) iç yüzeyi flüorışıl tozlarla kaplıdır.

Flüoresan lambalarda ışık, elektriksel boşalma ve flüorışım sonucu üretilir. Lambanın iki ucundaki elektrotlar, boşalmayı sağlayacak olan elektronları gönderir. Elektronların civa buharına esnek çarpması sonucu üretilen morüstü ışınlar, ampul iç yüzeyindeki flüorışıl tozları uyarır. Böylece, flüorışım sonucu oluşan görünür ışınım, lamba dışına yayılır (Bkz. Şekil E.1.1).



Şekil E.1.1. Flüoresan Lambanın Çalışma İlkesi

Flüorüsil Tozların Türleri:

Flüorüsil tozların türleri ve karışım oranı, lambadan çıkan ışığın tayfsal yapısını, renk sıcaklığını ve renksel geriverim indeksini (R_a) belirler. Cam tüpün içine sürülen bu tozlar için, üç grup fosfor kullanılabilir.

Standart Fosfor Grubu (Halofosfatlar): Bunların yayımladığı ışınım, hemen hemen tüm görünür ışınım bölgesini kapsar; ancak, tayfsal dağılımı düzgün değildir. Lamba veriminin yüksek olmasına karşın, renksel geriverimi oldukça kötüdür. Osram kataloğunda, sonu 5 ve 0 ile biten (25, 40 vb.) numaralı, Philips Kataloğu'nda ise Standard serisindeki lambalar (TL 29, TL 33, TL 54) bu gruptandır.

Tri-fosfor Grubu: Temelde, bu gruptaki tozların özelliği, tayfsal yapılarının x, y, z alıcılarının duyarlık eğrilerine yakın olmasıdır. Bunlar, x, y, z eğrilerinin tepe noktalarına karşılık gelir. Toplamsal bileşim kuralına göre bir denge sağlanmış olduğundan, hem renksel geriverim hem de verim yüksektir. Osram kataloğunda, sonu 1 ile biten (11, 21, 31 vb.) numaralı, Philips kataloğunda ise, Super 80 serisindeki lambalar bu gruptandır.

Multi-fosfor Grubu: Bu gruptaki tozlar, tüm görünür ışınım bölgesini kaplayarak, daha düzgün tayf elde etme amacı ile seçilmiş fosforların karışımıdır. Bu fosfor grubu, bütün lambalarda olanaklı olan en yüksek renksel geriverim indeksinin elde edilmesini sağlar. Osram kataloğunda, sonu 2 ile biten (12, 22, 32 vb.) numaralı, Philips kataloğunda ise, 90 De Luxe serisindeki lambalar bu gruptandır.

Osram kataloğundaki flüoresan lambaların renk sıcaklığı, renksel geriverim grubu ve indeksi Tablo E.1.1'de; Philips kataloğundaki flüoresan lambaların renk sıcaklığı, renksel geriverim grubu ve indeksi ise Tablo E.1.2'de belirtilmiştir.

Tablo E.1.1. Osram Kataloğundaki Flüoresan Lambalar

R_a Sınıfı	(Soğuk) >5000 K	(Ilık) 4000 K	(Sıcak) <3300 K
1A (90-100)	12 Lumilux De Luxe (Günışığı) 72 Biolux	22 Lumilux De Luxe (Beyaz Işık)	32 Lumilux De Luxe (Sıcak Işık)
1B (80-89)	11 Lumilux (Günışığı)	21 Lumilux (Beyaz Işık)	31 Lumilux (Sıcak Işık) 41 Lumilux Interna
2A (70-79)	10 Günışığı	25 Universal-beyaz	
2B (60-69)		20 Açık beyaz	
3			30 Sıcak ton

Tablo E.1.2. Philips Kataloğundaki Flüoresan Lambalar

R_a Sınıfı	(Soğuk) >5300 K	(Ilık) 3300-5300 K	(Sıcak) <3300 K
1A (90-100)	Yapay günışığı Biolux Colour 95-96 Colour matching Lumilux De Luxe 12 Kuzey ışığı 55	Chroma 50 Colour 94 De Luxe Natural 36 Lumilux De Luxe 22 Polylux De Luxe 940-950	Colour 93 Lumilux De Luxe 32 Polylux De Luxe 930
1B (80-90)	Colour 85-86 Lumilux 11 Polylux 860	Colour 84 Energy saver 84 Lumilux 21-26 Kolor-rite 38 Polylux 835-840	Colour 82-83 Energy saver 183 Lumilux 31-41 Polylux 827-830
2A (60-80)	Daylight 54	Colour 33 Soğuk beyaz 20-33 Doğal 25 Universal beyaz 25	De Luxe Sıcak beyaz
3 (40-60)		Colour 35 Beyaz 23-25	Colour 29 Sıcak beyaz 29-30

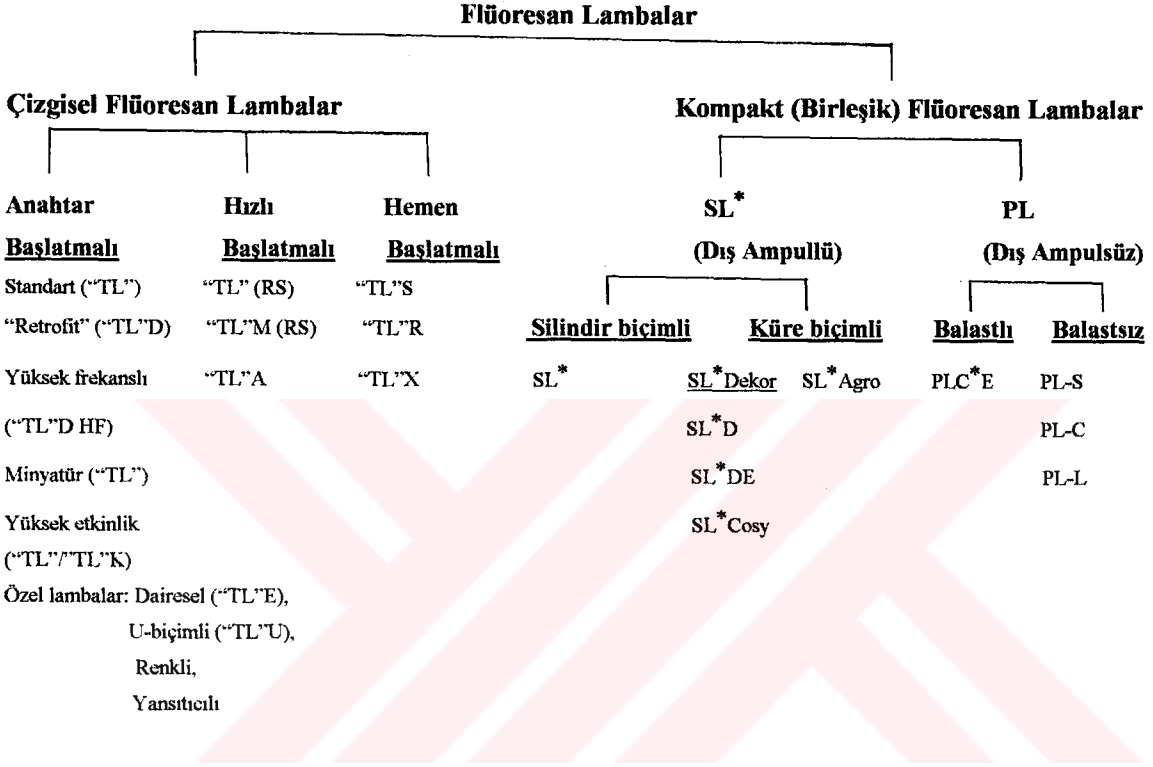
• Flüoresan Lambaların Genel Özellikleri

Yukarıdaki bilgiler ışığında, flüoresan lambaların genel özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Işık verimleri oldukça yüksek ($70-100 \text{ lm/m}^2$) ve ömürleri oldukça uzun (8000-9000 saat) olması nedeniyle kullanım giderleri düşüktür.
- Renksel geriverimleri, tüpün içine sürülen flüorüsil tozların türüne ve karışım oranına bağlı olarak, kötüden (3), iyiye (1A) kadar değişim gösterir. Renksel geriverimleri iyileştikçe verimleri düşer.
- Renk sıcaklıkları, 2700-6000 K arasında değişir.
- Işıklılıklarının düşük olması nedeniyle (8000 cd/m^2), gerektiğinde çıplak (aygıtsız) olarak kullanılabilirler.
- Çizgisel flüoresan lambalar, ucuca eklenerek uzun diziler halinde kullanıldığında, aydınlığın düzgün yayılması sağlanır.
- Balast, starter vb. ek parçalar gerektirirler.
- İlk döşem masrafları yüksektir.
- Elektronik balast vb. özel düzenlerle donatılmadıkça dimmerlenemezler.
- Sık sık yakılıp söndürülmeleri ömürlerinin ksalmasına neden olur.
- Işık tayfları sürekli ancak, düzgün değildir.
- 25 C° ortam sıcaklığında, en yüksek ışık etkinliğine ve ışık akısına ulaşır. Sıcaklık yükseldikçe ya da düştükçe, ışık etkinliği ve akısı azalır.

• Flüoresan Lambaların Türleri

Flüoresan lambaların türleri, genelde, çizgisel (boru biçimli) ve kompakt (birleşik) olmak üzere iki temel grupta incelenebilir.*



a) Çizgisel Flüoresan Lambalar

Çizgisel flüoresan lambaların çapları, 16 mm.(5/8 inç), 26 mm.(1 inç) ve 38 mm.(1 1/2 inç) olarak üretilmektedir. Bu tip lambaların uzunlukları ise, aygıt boyutları ve dolayısıyla aydınlatma döşemi için oldukça önemli bir konudur. 600 mm. ile 2400 mm. arasında değişen uzunluklarda çizgisel flüoresan lambalar üretilmektedir. Bu tür lambaların Türkiye'de üretilen boyutları ise, 600 mm. ve 1200 mm.'dir.

* Flüoresan lambaların türleri, Philips kataloğuna göre düzenlenmiştir.

Çizgisel flüoresan lambalar, devrelerine (çalışma sistemlerine) göre üçe ayrılır:

- Anahtar başlatmalı lambalar (Switch-start lamps),
- Hızlı (çabuk) başlatmalı lambalar (Rapid-start lamps),
- Hemen başlatmalı lambalar (Instant-start lamps).

(Bkz. Tablo E.1.3)

Tablo E.1.3. Çizgisel Flüoresan Lambalar

Çalışma Sistemi	Tipi	Çap (mm)	Güç (W)
Anahtar	"TL"	38	20-120
	"TL" D	26	15-58
	"TL" D HF	26	16-50
	Minyatür "TL"	16	4-13
	"TL" E	32	32-42
	"TL" U	38	20-65
	"TL" F	38	20-65
Hızlı Başlatmalı	"TL" RS	38	20-215
	"TL" MRS	38	20-140
Hemen Başlatmalı	"TL" R	38	20-40
	"TL" X	38	15-65

b) Kompakt (Birleşik) Flüoresan Lambalar

Kompakt flüoresan lambalar, akkor lamba ve 25 W'ın altındaki boşalmalı lambalara alternatif olarak üretilmiştir. Akkor lambalarla karşılaştırıldığında, daha uzun ömür, daha az enerji tüketimi, yüksek verim ve iyi renksel özelliklere sahiptirler. Enerji tüketimi, benzer ışık verimindeki normal akkor lambaların 1/4-1/5'i arasında ve ömürleri ortalama 5-8 katıdır.

Temelde, iki tip kompakt flüoresan lamba üretilmektedir (Bkz. Tablo E.1.4).

Tablo E.1.4. Kompakt Flüoresan Lambalar

Tipi		Dış Ampul Biçimi	Gerilim (V)	Güç (W)	Balast	Starter	Dip
SL	SL*	Silindir	110/127	18	*	*	E26
			220/240	9,13,18			E27
	SL*Dekor	Küre	220/240	9,13,18	*	*	E27
				11,15,20			
				9			
SL*Agro	Küre	220/240	18	*	*	E27	
PL	PL-S	-	110/127	5,7,9,13	-	*	2p
			220/240	5,7,9,11		-	4p
	PL-C	-	110/127	16,22,28	-	*	2p
				10,13,18,2		-	4p
	PL-L	-	110/127, 220/240	18,24,36 40,55	-	*	4p
	PLC-E*	-	220/240	9,11,15 20,23	*	*	E27 E14

EK 1.2. FLÜORİŞİL LAMBALI AYDINLATMA AYGITLARI

Aydınlatma aygıtları, aydınlatma düzeninin bir parçası olan elemanlardır. Bunların çeşitli kullanım amaçları aşağıdaki gibi sıralanabilir (Sirel, Ş., Aydınlatma Terimleri, 1984):

- Bir lambadan çıkan ışığın uzaysal dağılımını değiştirerek (yani, çeşitli gereçlerden yapılmış değişik biçimli yansıtıcı, yayıcı yüzey ve parçalarla ışığı, amaca göre toplayarak, yönlendirerek ya da dağıtarak), nicelik ve niteliğini değiştirerek (yani, süzgeçler aracılığı ile azaltarak ya da tayfsal bileşimini -rengini- değiştirerek), amaca uygun bir aydınlık elde edilmesini sağlamak.
- Lambayı gözden gizlemek ya da görünen ışıklılığını azaltmak.
- Lambayı dış etkilerden (toz, su, buhar, çarpma vb.) korumak.
- Görünen biçimi çevre düzenine, mimari düzene vb. gereklere uydurmak.
- Lambanın elektrik bağlantısını sağlamak.

Aydınlatma aygıtlarının bir parçası olan ve yukarıda sıralanan amaçlar için kullanılan ışık denetim elemanları ise,

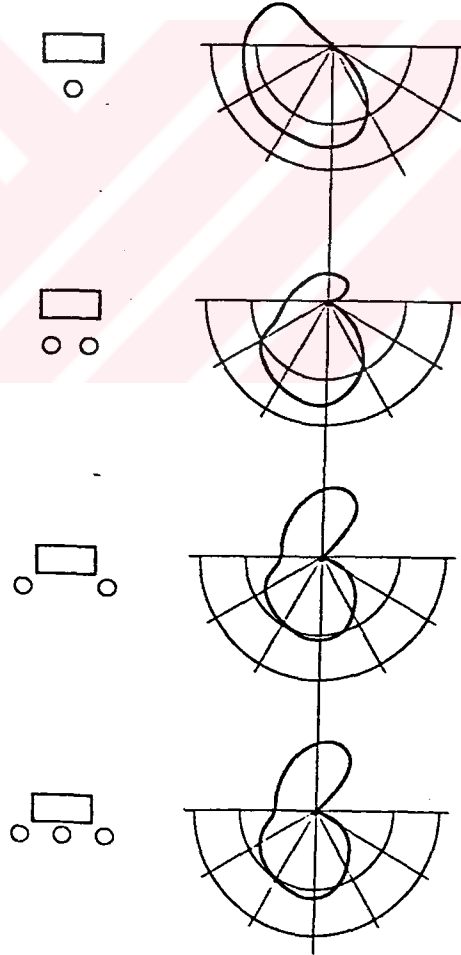
- yansıtıcılar (reflectors),
- mercekler ve kırıcılar (lenses and refractors),
- yayıcılar (diffusers),
- ızgara, palet vb. elemanlar (screening devices),
- süzgeçler (filters) 'dir.

Aygıtlar, yapısal özelliklerine, tesbit biçimlerine, ışık dağılımlarına, bakım özelliklerine, çalışma düzlemi üzerinde sağladıkları aydınlığa, neden olabilecekleri kamaşma derecesine ve iç mekandaki konum, iç mimariye uyum vb. özelliklerine göre çeşitlilik gösterir.

CIBSE, 70'den fazla sayıdaki değişik aygıt türlerini, benzer özelliklerdeki 21 grupta toplamıştır. Bu çalışmada, 21 grup içinden büro aydınlatmasında kullanılacak aygıt türleri incelenmiştir. Bu aygıtların türleri ve ışık yeğinlik diyagramları, aşağıdaki şekillerde verilmiştir.

1) Çıplak Aygıtlar

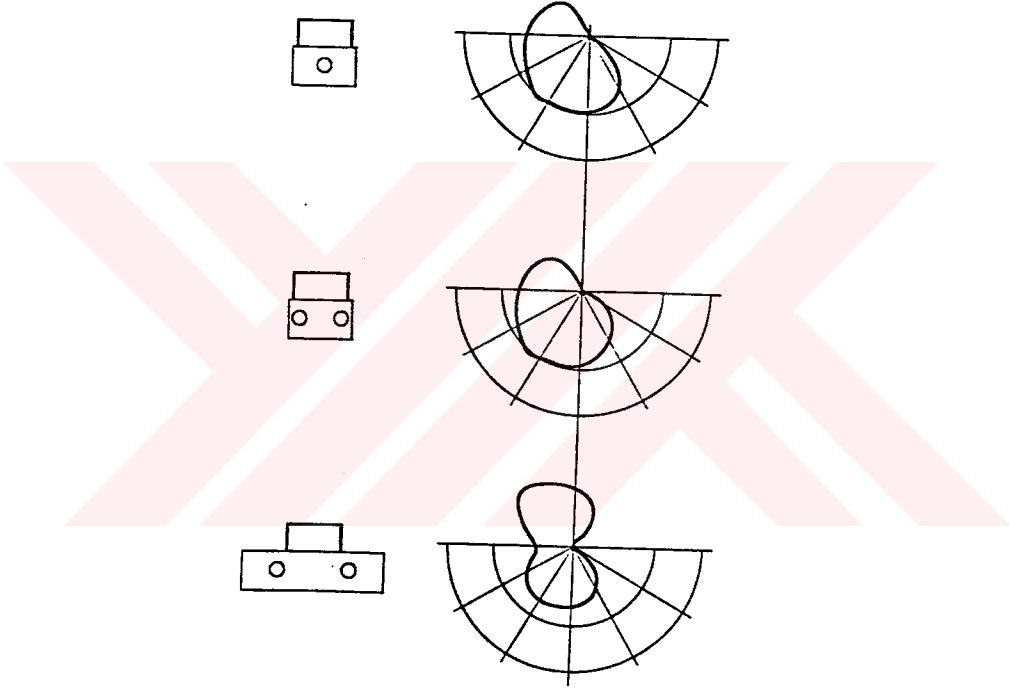
Çıplak aygıtlar, elektrik bağlantısını sağlamak için yapılmış minimum parçadan oluşan aygıtlardır. Bu tür aygıtlar, hacimde düzgün yayılmış genel aydınlatma sağlamak için kullanılırlar; ancak, ışığın hacim içindeki dağılımını denetlemezler. Aygıtın geriverimi, iç yüzeylerin, özellikle tavanların yansıtma çarpanlarının yüksek olmasına bağlıdır.



Şekil E.1.2

2) Opal Yayıcılı Aygıtlar

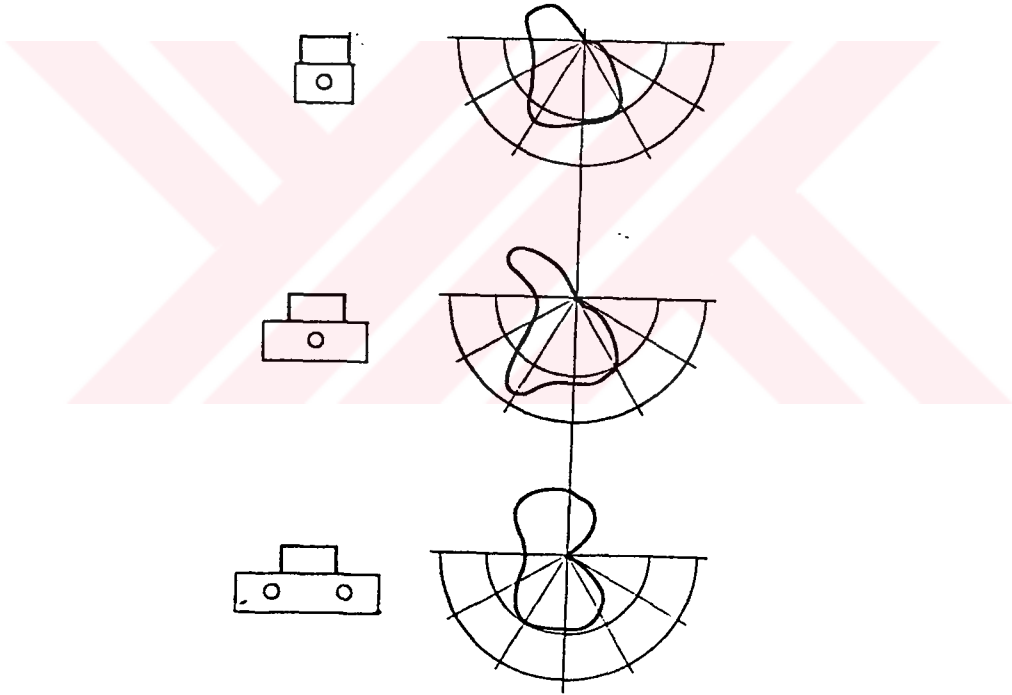
Bu tür aygıtlar, l'deki çıplak aygıtlara izotrop yayıncı geçme yapan ek parçaların eklenmesi ile oluşur. Eklenen opal yayıcı, çıplak biçimde kullanılan aygıtın ışık dağılımını önemli ölçüde değiştirmez; ancak, yüzeyin ışıklılığını belli oranda azaltır. Bu aygıtlarda geriverim, çıplak aygıtlardan daha düşük olmasına karşın, kamaşma oranı iyileştirilmiştir.



Şekil E.1.3

3. Prizmatik Denetleyicili Aygıtlar

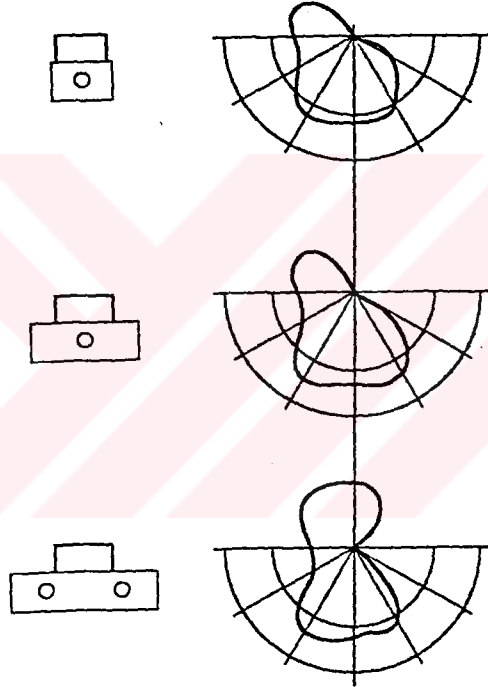
Prizmatik denetleyici, lambadan çıkan ışığı belli bir doğrultuya yönlendirmek amacıyla kullanılır. Aygıtta eklenen bu gereç, lambanın hemen altına yerleştirilen düşey yan paneller (kimi zaman) ve yatay plastik bir panelden oluşur. Panelin üst yüzeyi düz olup, alt yüzeyinde, piramit ya da koni biçiminde prizmalar bulunur.



Şekil E.1.4

4. Opal Yan Yüzeyle ve Prizmatik Tabanlı Aygıtlar

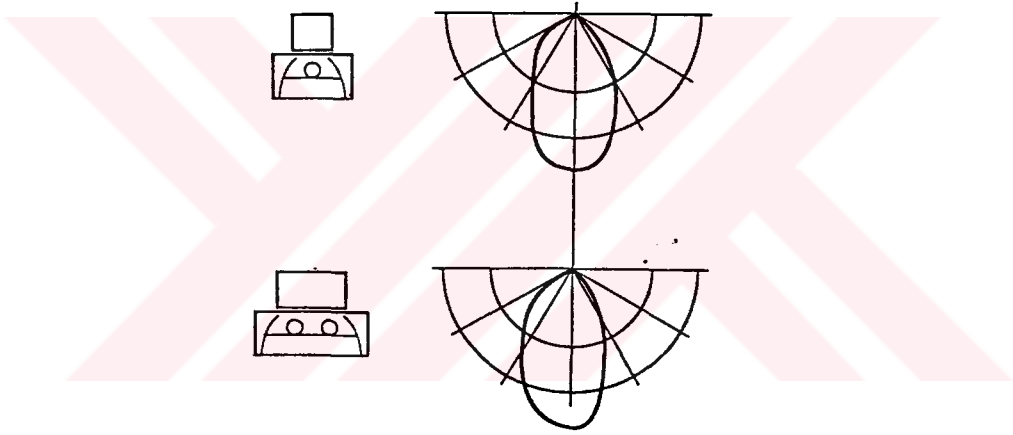
Bu aygıtlar, prizmatik denetleyicili aygıtlarla hemen hemen aynı özelliktedir. Yan yüzeyleri saydam prizma yerine opal plastikten yapılmıştır. Bu durum, aygıt geriveriminde küçük bir düşmeye neden olmasına karşın, aygıtın görünürliğünde iyileşme olmasını sağlar.



Şekil E.1.5

5. VDT (Video Display Terminal) Yansıtıcı Aygıtlar

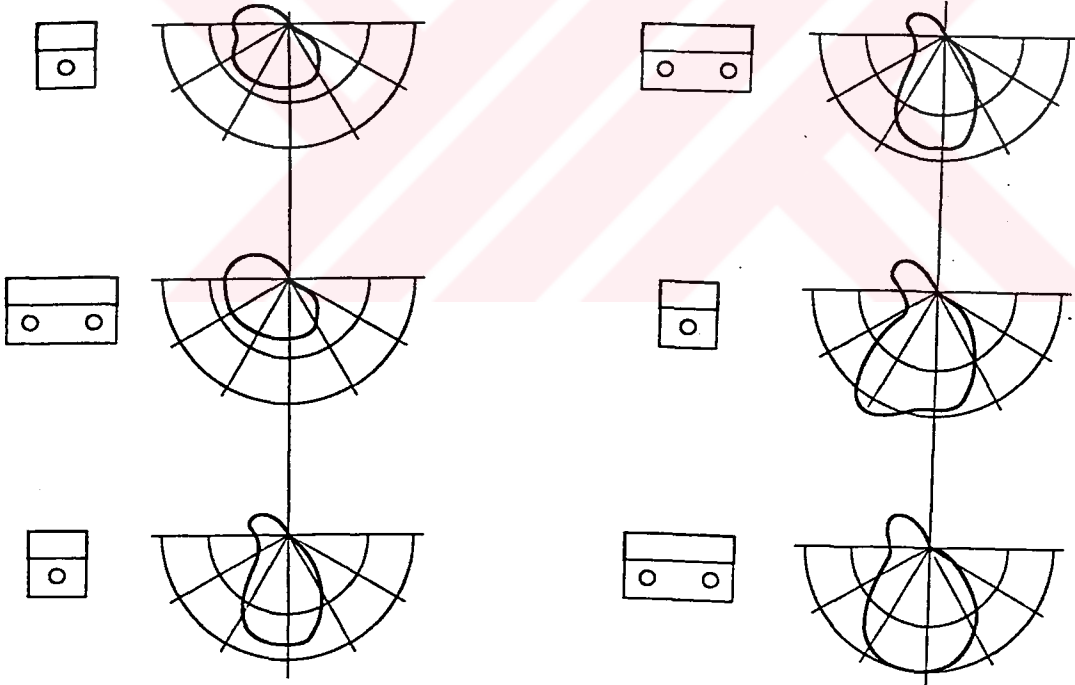
VDT ile çalışılan büro hacimlerinde, bu tür aygıtlar kullanılır. Aygıtta eklenen VDT yansıtıcı parçaları, ekran üzerinde oluşabilecek yansımaları önlemek amacıyla tasarlanır. (Bu önleme, yansımaların olabileceği açılarda ışık akısını denetleyerek sağlanır.) VDT yansıtıcıların eklenmesi ile aygıt geriveriminin büyük ölçüde azalmasına karşın, kamaşma oranının düşmesi sonucu, VDT kullanımı için uygun görsel konfor koşulları sağlanabilir.



Şekil E.1.6

6. Yüzey Modüler Aygıtlar

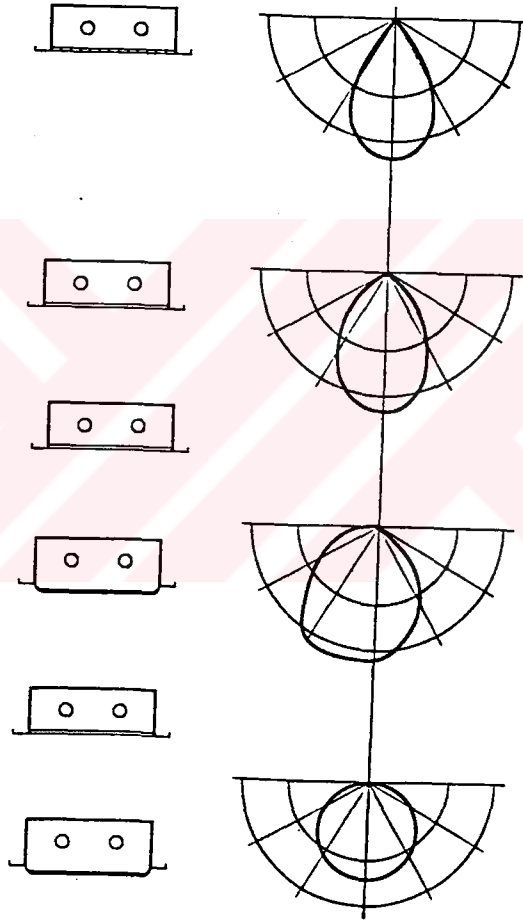
Yüzey modüler aygıtlar, tavan yüzeyine tesbit edilmiş biçimde (S-surface mounted) ya da tavana asılı olarak (P-pendant mounted) kullanılırlar. Bu tür aygıtlar, opal yayıcılı (2), prizmatik denetleyicili (3) ve opal yan yüzeyli, prizmatik tabanlı (4) olabilir.



Şekil E.1.7

7. Gömülü Modüler Aygıtlar

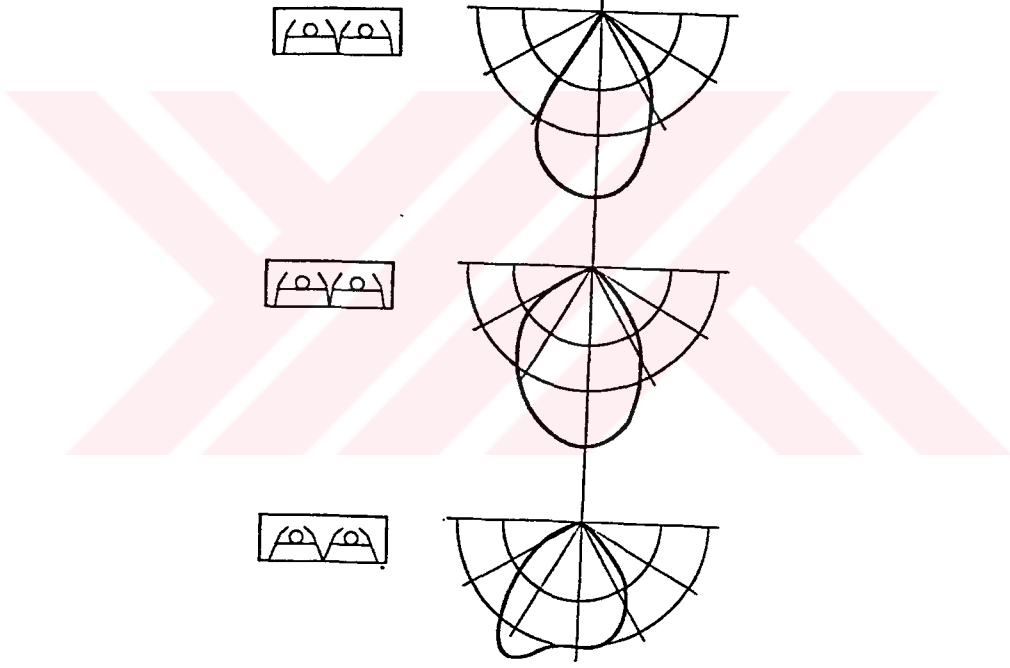
Gömülü modüler aygıtlar, parlak ızgaralı, beyaz ızgaralı, düz ya da eğimli bükey, prizmatik ya da opal panelli olabilir. Bu sıralamaya göre, parlak ızgaralıdan opal panelli aygıtı gidildikçe, ışık yeğnlik diyagramı genişler ve bu durumda, kamaşma oranı yükselirken, aygıt geriverimi iyileşir.



Şekil E.1.8

8. Modüler VDT (Video Display Terminal) Aygıtlar

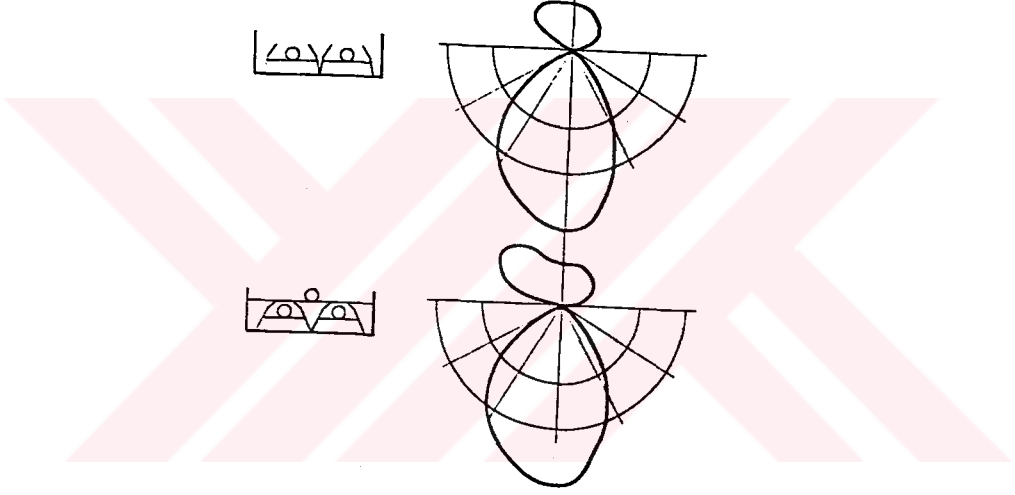
Modüler VDT aygıtlar, tavana tesbit edilmiş biçimde (S-surface mounted) ya da gömülü olarak (R-Recessed) kullanılabilir. VDT kullanımlarında, uygun aydınlatmayı sağlamak için, çeşitli biçimlerde yansıtıcılardan yararlanır. Bu ve 9 numaralı aygıt türlerinde, yansıtıcı tasarımındaki çeşitlilik, geniş bir yeğinlik diyagramı seçeneğini olanaklı kılar.



Şekil E.1.9

9. Birleşik Dolaysız ve Dolaylı Aygıtlar

Bu aygıtlar, uygun bir yansıtıcı sistem ile dolaysız aydınlık oluştururken, aynı ya da ek bir ışık kaynağı ile de dolaylı aydınlık sağlar. Bu tür aygıtlar, ayaklı ya da asılı biçimde kullanılabilir. Kimi tasarımlarda, aynı lamba ile yukarı ve aşağı doğru aydınlık sağlanabilirken, kimilerinde ise, ayrı ayrı lambalardan yararlanılır.



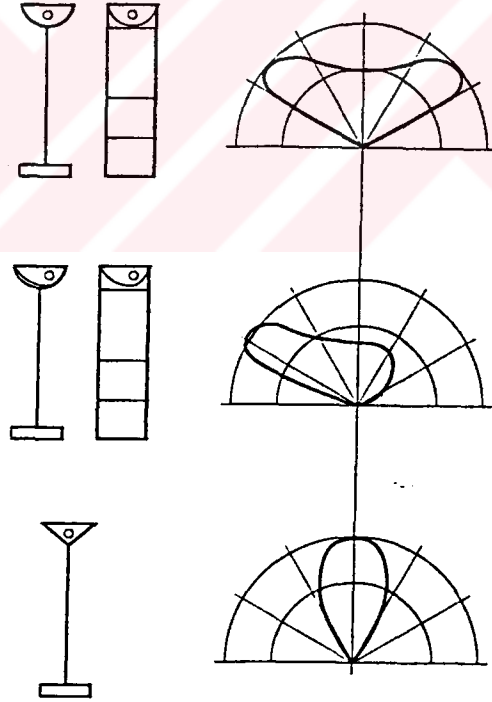
Şekil E.1.10

10. Ayaklı Aygıtlar (Uplighters)

Ayaklı aygıtlar, özellikle küçük, hücresel bürolarda kullanılan, lambadan çıkan ışığı dolaysız olarak tavan boşluğuna yönlendiren aygıtlardır. Başlıca özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Tavan yansıtma çarpanına bağlı olarak verim yüksektir.
- Kamaşma denetimi çok iyidir.
- Tavan ışıklılığına bağlı olarak, VDT kullanımı için uygundur.

Bu tür aygıtların geriverimi yansıtıcılarının tasarımına bağlıdır. Bütün yansıtıcılar, benzer özelliklere sahip olmalarına karşın, farklı dış görünüşlerde olabilirler. Bu aygıtlar, döşeme üzerinde ayaklı, duvara tesbit edilmiş ya da mobilya ile bütünleştirilmiş biçimde tasarlanabilir.



Şekil E.1.11

EK 2. GÜNIŞIĞI AYDINLIK DÜZEYİ HESAP YÖNTEMİ

2.1. Günişığı Çarpanı ve Bileşenleri

1955 yılında yapılan CIE (Uluslararası Aydınlatma Komisyonu) Zürih Kongresi'nde, ışıklılık dağılımı tekdüze olmayan kapalı gök, "CIE Ölçün Kapalı Göğü" olarak kabul edilmiş ve doğal aydınlatma hesaplarında, bu göğün ışık kaynağı olarak alınması önerilmiş ve evrenselleştirilmiştir (Hopkinson, R. G., Architectural Physics: Lighting, 1963; Küçükdoğu, M. Ş., İklimsel Konfor ve Aydınlik Seviyesine Bağlı Görsel Konfor Gereksinimleri Açısından, Pencerelemler Tasarlanmasında Kullanılabilecek Bir Yöntem, 1976). Bu göğün, hacim içinde ve dışında oluşturduğu aydınlık düzeylerinin ilişkisi ise "GÜNIŞIĞI ÇARPANI" kavramı ile kurulmuştur.

Günişığı Çarpanı : Verilmiş bir düzlemin bir noktasında, ışıklılık dağılımı bilinen (ya da varsayılan) bir gökten, dolaylı ya da dolaysız gelen ışığın yaptığı doğal aydınlığın (E_i), bu göğün engellenmemiş yarımküresinin yatay düzlem üzerinde yaptığı aydınlığa (E_d) oranı olup, dolaysız güneş ışığı, yukarıda sözü geçen her iki aydınlıkta da hesaba katılmaz (CIE International Lighting Vocabulary, 1970; Sirel, Ş., Aydınlatma Terimleri, İDMMA Yayınları, 1973; Sirel, Ş., Aydınlatma Terimleri Sözlüğü, TDK Yayınları, 1973).

$$G.Ç. \text{ (günişığı çarpanı)} = \frac{E_i \text{ (iç aydınlık)}}{E_d \text{ (dış yatay aydınlık)}} \times \%100 \quad (E.1)$$

Günişığı çarpanı, gök bileşeni, dış yansıma bileşeni ve iç yansıma bileşeni olmak üzere üç bileşenden oluşmaktadır.

Gök Bileşeni (G.B.): Verilmiş bir düzlemin bir noktasında, ışıklılık dağılımı bilinen (ya da varsayılan) bir gökten, dolaysız olarak gelen ışığın yaptığı doğal aydınlık bölümünün, bu göğün engellenmemiş yarımküresinin yatay düzlem üzerinde yaptığı aydınlığa oranı olup, dolaysız güneş ışığı her iki aydınlıkta da hesaba katılmaz.

Dış Yansımaya Bileşeni (D.Y.B): Verilmiş bir düzlemin bir noktasına, ışıklılık dağılımı bilinen (ya da varsayılan) bir göğün dolaysız ya da dolaylı olarak aydınlattığı dış yüzeylerden yansıyan ışığın, doğrudan doğruya yaptığı doğal aydınlık bölümünün, bu göğün engellenmemiş yarımküresinin yatay bir düzlem üzerinde yaptığı aydınlığa oranı olup, dolaysız güneş ışığının, dış yansıtıcı yüzeylerin ışıklılıklarına ve ölçüştürme düzlemi üzerindeki aydınlığa katkısı hesaba katılmaz.

İç Yansımaya Bileşeni (İ.Y.B): Verilmiş bir düzlemin bir noktasında, ışıklılık dağılımı bilinen (ya da varsayılan) bir göğün, iç yüzeylere yansıtılan ışığının yaptığı doğal aydınlık bölümünün, bu göğün engellenmemiş yarımküresinin yatay bir düzlem üzerinde yaptığı aydınlığa oranı olup, dolaysız güneş ışığının, iç yansıtıcı yüzeylerin ışıklılıklarına ve ölçüştürme düzlemi üzerindeki aydınlığa katkısı hesaba katılmaz.

Gök bileşeni, dış yansımaya bileşeni ve iç yansımaya bileşeninin toplamı günışığı çarpanı değerini verir.

$$G.Ç. = G.B. + D.Y.B. + İ.Y.B. \quad (E.2)$$

Bu çalışmada, bina dışında engel olmadığı varsayılarak; hacim içindeki herhangi bir gözleme noktasında oluşan günışığı aydınlık düzeyi değeri, gök bileşeni ve iç yansımaya bileşeninin katkısı olarak oluşan aydınlık düzeyleri toplanarak hesaplanmıştır.

2.2. Gök Bileşeninin Katkısı İle Oluşan Aydınlık Düzeyinin Hesaplanması :

Hacim içindeki, herhangi bir gözleme noktasındaki günışığı aydınlık düzeyine gök ışığının katkısı, **DED** adlı bilgisayar programı ile hesaplanmıştır.

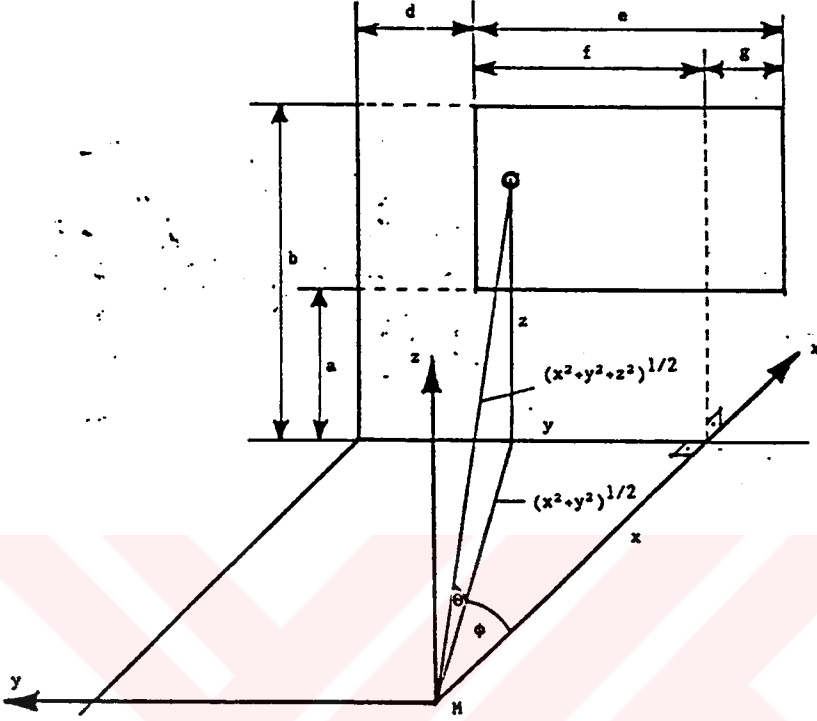
DED programı, kapalı gök koşuluna göre, belirli bir gün ve saat için, belirli bir enlem ve boylamda, hacim içindeki gök ışığı aydınlık düzeyi dağılımını ve belirli bir iç ortalama aydınlık düzeyine göre, o anda yapay aydınlatma tarafından tamamlanması gereken aydınlık düzeyi değerlerini ve yerlerini verir (Enarun, D., Bina Tasarımı Aşamasında Hacim İçindeki Doğal Işık Dağılımını Belirlemek İçin Bir Model, 1987).

Bu bilgisayar programında kullanılan formüller, aşağıda verilmiştir:

$$\begin{aligned}
 1) E_i/L_z = \% \frac{100}{3} & \left\{ \left[\frac{2}{3} \operatorname{atg} \frac{b}{x} \frac{f}{(x^2+f^2+b^2)^{1/2}} - \right. \right. \\
 & - \frac{1}{2} \frac{x}{(x^2+b^2)^{1/2}} \operatorname{atg} \frac{f}{(x^2+b^2)^{1/2}} - \\
 & - \left. \frac{2}{3} \frac{x \cdot b}{(x^2+b^2)} \frac{f}{(x^2+f^2+b^2)^{1/2}} \right] - \\
 & + \left[\frac{2}{3} \operatorname{atg} \frac{a}{x} \frac{f}{(x^2+f^2+a^2)^{1/2}} - \right. \\
 & - \frac{1}{2} \frac{x}{(x^2+a^2)^{1/2}} \operatorname{atg} \frac{f}{(x^2+a^2)^{1/2}} - \\
 & - \left. \frac{2}{3} \frac{x \cdot a}{(x^2+a^2)} \frac{f}{(x^2+f^2+a^2)^{1/2}} \right] - \\
 & - \left[\frac{2}{3} \operatorname{atg} \frac{b}{x} \frac{g}{(x^2+g^2+b^2)^{1/2}} - \right. \\
 & - \frac{1}{2} \frac{x}{(x^2+b^2)^{1/2}} \operatorname{atg} \frac{g}{(x^2+b^2)^{1/2}} - \\
 & - \left. \frac{2}{3} \frac{x \cdot b}{(x^2+b^2)} \frac{g}{(x^2+g^2+b^2)^{1/2}} \right] + \\
 & + \left[\frac{2}{3} \operatorname{atg} \frac{a}{x} \frac{g}{(x^2+g^2+a^2)^{1/2}} - \right. \\
 & - \frac{1}{2} \frac{x}{(x^2+a^2)^{1/2}} \operatorname{atg} \frac{g}{(x^2+a^2)^{1/2}} - \\
 & - \left. \frac{2}{3} \frac{x \cdot a}{(x^2+a^2)} \frac{g}{(x^2+g^2+a^2)^{1/2}} \right] \}
 \end{aligned}
 \tag{E.3} \text{ (Enarun, D., 1987)}$$

(E_i: Hacim içindeki aydınlık düzeyi, L_z: o andaki zenit ışıklılığı)

E.3 formülünde kullanılan kartezyen koordinatlar, Şekil E.2.1'de gösterilmektedir.



Şekil E.2.1. E_i/L_z çarpanının hesabı için kullanılan kartezyen koordinatlar

$$2) L_z = 3990 \times \left(1 + \frac{3}{2} \sin \gamma \right) \times \sin \gamma$$

(E.4) (Krochmann, Seidl, 1970)

$$3) E_i = E_i/L_z \times L_z$$

(E.5)

2.3. İç Yansımaya Bileşenin Katkısı ile Oluşan Aydınlık Düzeyinin Hesaplanması

Bu çalışmada, iç yansımaya bileşeni değerleri, “B.R.S. (Building Research Station) İç Yansımaya Eşitliği” ile hesaplanmıştır.

B.R.S. İç Yansımaya Eşitliği:

İngiltere’de, B.R.S.’deki araştırmacılar, bütünleşik küre (Integrating Sphere) ilkesinden yararlanarak, ortalama iç yansımaya bileşeni değerinin bulunmasına yönelik bir matematik eşitlik geliştirmişlerdir. Ancak bu eşitlik, daha sonra Arndt ve Dresler’in önerileri doğrultusunda ve B.R.S. Akı Dağılımı (Split-flux) ilkesinin eklenmesi ile bugün kullanılan biçimine dönüşmüştür.

Düşey pencereyi bir hacimde ortalama iç yansımaya bileşeni değerinin hesaplanmasında kullanılan B.R.S. iç yansımaya eşitliği aşağıda verilmiştir (Ünver, R., Günışığının Hacim İçinde Oluşturduğu Aydınlığın Hesaplanması, 1990).

$$\% \text{ İ.Y.B.}_{\text{ort}} = \frac{0.85 \times P}{A(1 - r_{\text{ort}})} (c_1 r_{\text{fw}} + c_2 r_{\text{cw}}) \times 100 \quad (\text{E.6})$$

Burada, P : pencere alanı (m²), (gözleme noktasının yer aldığı yatay düzlemin altında kalan pencere bölümü de hesaba katılır.)
 A : iç yüzeylerin toplam alanı (m²),
 r_{ort} : iç yüzeylerin ortalama yansıtma çarpanı.

$$r_{\text{ort}} = \frac{a_t \cdot r_t + a_d \cdot r_d + a_D \cdot r_D + a_p \cdot r_p}{A} \quad (\text{E.7})$$

Burada, a_t : tavan alanı, a_D : döşeme alanı,
 r_t : tavan yansıtma çarpanı, r_D : döşeme yansıtma çarpanı,
 a_d : duvar alanı, a_p : pencere alanı,
 r_d : duvar yansıtma çarpanı, r_p : pencere yansıtma çarpanı,
 A : a_t + a_d + a_D + a_p

olarak gösterilmiştir.

r_{fw} : pencere yüksekliğinin 1/2 sinden geçen yatay düzlemin altında kalan iç yüzeylerin (pencere duvarı dışındaki) ortalama yansıtma çarpanı (%)

r_{cw} : pencere yüksekliğinin 1/2 sinden geçen yatay düzlemin üstünde kalan iç yüzeylerin (pencere duvarı dışındaki) ortalama yansıtma çarpanı (%)

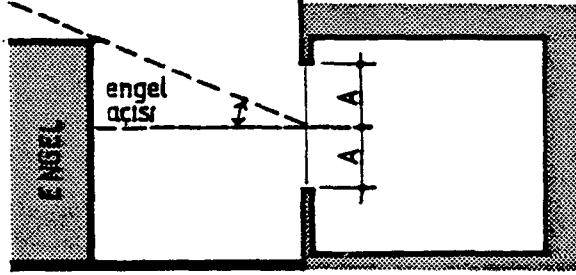
c_1 : pencere yüksekliğinin 1/2 sinden geçen yatay düzlemin üstünde kalan pencere bölümünden giren ışık akısının bir fonksiyonu (biçim çarpanı) olup, dış engellere bağlı olarak çizelgeden saptanır (Bkz. Şekil E.2.2, Tablo E.2.1).

c_2 : pencere yüksekliğinin 1/2 sinden geçen yatay düzlemin altında kalan pencere bölümünden giren ışık akısının bir fonksiyonu (biçim çarpanı) olup, yer örtüsüne bağlı olarak saptanır.

E.8 numaralı eşitlikteki (c_1) çarpanının belirlenmesinde, pencere yüksekliğinin 1/2sinden geçen yatay düzlemin üstünde kalan engel yüksekliğine ilişkin engel açısına (Bkz.Şekil E.2.2) göre, Tablo E.2.1’de verilen değerler kullanılır. Tablo E.2.1’deki değerler belirlenirken,

- göğün, CIE Ölçün Kapalı Göğü’nün özelliklerinde,
- dış engel ışıklılığının, ortalama gök ışıklılığının 1/10’u,
- engellerin, pencere düzlemine koşut ve üst kenarlarının yatay,
- pencere camının ışık geçirme çarpanının %85,

olduğu biçiminde varsayımlar yapılmıştır.



Engel Açısı	c_1
0° (engel yok)	39
10°	35
20°	31
30°	25
40°	20
50°	14
60°	10
70°	7
80°	5
90°	0

Şekil E.2.2 ve Tablo E.2.1

“ c_2 ” çarpanı değerinin belirlenmesinde ise,

- yer ve engel ışıklılığının, ortalama gök ışıklılığının 1/10’u,
- yerin pencere üzerindeki biçim çarpanınının 0.5,
- pencere camının ışık geçirme çarpanınının %85,

olduğu biçiminde varsayımlar yapılmıştır. Bu varsayımlara dayanarak, c_2 çarpanı için, 5 değeri önerilmektedir.

Yukarıda anlatılan işlemler yapıldığında, sözkonusu hacim için ortalama iç yansıtma bileşeni (İ.Y.B._{t.d.}) hesaplanmış olur. Çünkü, iç yüzeylerdeki boya ve kaplamaların zamanla kirlenmesi ile, iç yüzeylerin yansıtma çarpanları değişecek ve hesaplanan İ.Y.B._{t.d.} değerinde azalma olacaktır. Bu nedenle, İ.Y.B._{t.d.} değerlerinin Tablo E.2.2’de verilen düzeltme çarpanları ile çarpılarak, düzeltilmiş iç yansıtma bileşeni değerlerinin hesaplanması gerekir.

$$\text{İ.Y.B.}_{d.d.} = \text{İ.Y.B.}_{t.d.} \times \text{B.K.K.Ç.} \quad (\text{E.8})$$

Tablo E.2.2. İç boya ve kaplamaların eskime ve kirlenmesine ilişkin düzeltme çarpanları

Bölge tipi	İç tipi	Düzeltilme çarpanı
Temiz	Temiz	0.9
Pis	Temiz	0.8
Temiz	Pis	0.7
Pis	Pis	0.6

Bu çalışmada, B.K.K.Ç. değeri, 0.9 olarak alınmıştır.

Belirlenen hacimlerdeki gözleme noktalarında oluşan aydınlık düzeylerine, iç yansımaya bileşenin katkısı ise,

$$E_i = \%İ.Y.B. \times E_d \quad (E.9)$$

$$E_d = \frac{7}{9} \pi \times L_z \quad (E.10)$$

$$L_z = 3990 \times \left(1 + \frac{3}{2} \sin \gamma \right) \times \sin \gamma \quad (E.4)$$

formülleri ile hesaplanmıştır.

2.4. Güneşin Aydınlik Düzeyinin Hesaplanması

Her hacimde, belirlenen gözleme noktaları için, gök ışığından kaynaklanan aydınlık düzeyi değerleri ile, güneşin hacim içinde yansiyarak oluşturduğu aydınlık düzeyi değerleri, ayrı ayrı hesaplanıp, toplanarak, elde edilen toplam aydınlık düzeyi değerleri, 4. Bölüm'deki tablo ve grafiklerde verilmiştir.

EK 3. LAMBA IŞIĞI AYDINLIK DÜZEYİNİN HESAPLANMASINDA KULLANILAN LUCY PROGRAMININ TANITILMASI ve ZIJL YÖNTEMİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI

3.1. LUCY Programı

Lucy, temelde, geometrisi (dikdörtgen, daire vb.) ve boyutları verilen bir hacimde, aydınlatma ile ilgili (aydınlık düzeyi, ışıklılık vb.) hesaplamaları yapmaya yönelik bir bilgisayar programıdır.

Bu program, genel olarak, iki ayrı biçimde kullanılabilir:

- 1) Belirlenen hacim için seçilen aygıtlar, istenen düzenleme için gereken sayıda ve gerektiği biçimde, hacim içinde yerleştirilerek, aydınlık düzeyi hesapları ve öteki hesaplamalar yapılabilir.
- 2) Belirlenen hacim için gerekli minimum aydınlık düzeyi değerini sağlayacak aygıt sayısı hesaplanarak; bu sayıdaki aygıtlar, hacimde istenen aydınlık düzeyi dağılımına göre program tarafından yerleştirilir. Bu aşamada, oluşturulmak istenen aydınlatma düzenine göre, aygıtların yerleşim düzeni değiştirilebilir. Kurulan yerleştirme düzeni sonucunda, oluşan aydınlık düzeyi ve öteki değerler yeniden hesaplanabilir.

Bu çalışmada, lamba ışığına ilişkin aydınlık düzeyi hesaplamaları, yukarıdaki 2. yöntemle yapılmıştır.

3.2. LUCY Programında Kullanılan Hesap Yönteminin Zijl Yöntemi İle Karşılaştırılması

Aydınlık düzeyi (E), belli büyüklükteki bir yüzey üzerine gelen ışık akısının niceliğini belirler. Aydınlık düzeyi hesapları, ışık akısının geldiği birim alanının büyüklüğüne bağlı olarak, temelde;

- söz konusu yüzey alanının geometrik anlamda bir nokta olması durumunda, **noktada aydınlık düzeyi (E_p)**,
- söz konusu yüzey alanının geometrik anlamda noktadan daha büyük olması durumunda, **ortalama aydınlık düzeyi (E_{ort})**,

olmak üzere iki ayrı biçimde yapılır (Ünver, R., Kapalı Hacimlerde Lamba Işığının Yatay Düzlemde Oluşturduğu Aydınliğin ve Aygıt Geriveriminin Hesaplanması, Y.Ü. Yayınları, İstanbul, 1991).

Yatay Düzlemde Ortalama Aydınlik Düzeyi Hesabı Açısından Lucy ve Zijl Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Yatay düzlem üzerindeki ortalama aydınlık düzeyinin hesaplanmasına ilişkin olarak, değişik yöntemler geliştirilmiştir. Bunlar, temelde,

$$E = \frac{\Phi}{S} \times \eta \quad (E.11)$$

eşitliğine dayanmaktadır.

(Bu eşitlikte, E: yatay düzlem üzerindeki ortalama aydınlık düzeyi (lm/m^2),

S: yatay düzlem alanı (m^2),

Φ : hacimdeki lambalar ya da aygıtlardan çıkan toplam ışık akısı (lm),

η : kullanma çarpanı

olarak gösterilmiştir.)

Eşitlikte yer alan kullanma çarpanı (η), yatay düzleme gelen ışık akısının (dolaysız + yansımış ışık akısının), hacimde yeralan lambalar ya da aygıtlardan çıkan ışık akısına oranını belirler. Ortalama aydınlık düzeyini hesaplamaya yönelik yöntemlerin esas ayrılıklarını, kullanma çarpanının belirlenmesi için yapılan varsayımlar ve kullanılan hesap biçimi oluşturur.

Bu bölümde, bu çalışmada kullanılan, Erco tarafından hazırlanmış olan, LUCY adlı bilgisayar programındaki yöntem ile, H.Zijl tarafından geliştirilen yöntem (Lümen Yöntemi) karşılaştırılmıştır.

1. Lucy'de, tüm iç yüzeylerin (tavan, duvarlar, döşeme) yansıtma çarpanları gözönüne alınırken, Zijl yönteminde, yalnızca, tavan ve duvarların yansıtma çarpanları hesaba katılmaktadır.

2. Bu iki yöntemin birbirinden ayrıldığı ikinci temel nokta ise, yer indisinin (k) hesaplanması ve buna bağlı olarak da kullanma çarpanının bulunmasıdır.

a) Lucy'de, yer indisi (k)

$$k = \frac{a \cdot b}{h_{et} \cdot (a + b)} \quad (E.12)$$

formülü ile hesaplanmaktadır. Burada, a : hacmin genişliği
 b : hacmin derinliği
 h_{et} : etkin yükseklik

olarak gösterilmiştir.

Bu yöntemdeki hesaplamalar için verilen değerler, $k=2.5$ ve iç yüzeylerin yansıtma çarpanlarının $r_t=0.70$, $r_{duv}=0.50$ ve $r_{döş}=0.20$ değerleri içindir. k değeri 2.5 dışında bir değer olduğunda, düzeltme çarpanı (f), iç yüzeylerin yansıtma çarpanına bağlı olarak tablolardan bulunabilir (Bkz. Şekil E.3.1).

Ceiling	0.7	0.7	0.7	0.5	0
Walls	0.7	0.5	0.2	0.2	0
Floor	0.5	0.2	0.2	0.1	0

Table 1					
k 0.6	75	55	46	45	41
k 1.0	99	76	66	64	60
k 1.5	116	90	82	79	75
k 2.5	130	100	94	89	85
k 3.0	135	104	99	93	89

Şekil E.3.1. Lucy'de kullanılan düzeltme çarpanları tablosu

b) Zijl yönteminde, yer indisi (k),

$$k = \frac{8b + 2l}{10h_{et}} \quad (E.13)$$

formülü ile hesaplanmakta olup, burada, b : hacmin genişliği

l : hacmin derinliği

olarak gösterilmiştir.

Kullanma çarpanı (η) değeri, k ve iç yüzeylerin yansıtma çarpanlarına göre tablolardan bulunur (Bkz. Şekil E.3.2).

h. Flüoresan lambalar + Izgaralı aygıt
Dolaysız aydınlatma $d = 1.55$

r tavan	70			50			30			
r duvar	50	30	10	50	30	10	50	30	10	
v z k	Kullanma çarpanı η									
0 ↑ 60 ↓ 60	1	0.24	0.21	0.18	0.24	0.20	0.18	0.24	0.20	0.18
	1.2	0.29	0.25	0.22	0.28	0.24	0.22	0.28	0.24	0.22
	1.5	0.34	0.30	0.27	0.33	0.30	0.27	0.33	0.29	0.27
	2	0.40	0.37	0.34	0.39	0.36	0.34	0.39	0.36	0.34
	2.5	0.43	0.40	0.38	0.43	0.40	0.38	0.42	0.40	0.38
	3	0.46	0.43	0.41	0.45	0.43	0.41	0.45	0.43	0.41
	4	0.49	0.47	0.45	0.49	0.47	0.45	0.48	0.46	0.45
	5	0.51	0.49	0.48	0.51	0.49	0.47	0.50	0.49	0.47
	6	0.53	0.51	0.49	0.52	0.51	0.49	0.52	0.50	0.49
	8	0.54	0.53	0.52	0.54	0.53	0.52	0.54	0.53	0.52
10	0.56	0.54	0.53	0.55	0.54	0.53	0.55	0.54	0.53	

Şekil E.3.2. Zijl yöntemindeki kullanma çarpanı tablosu

Ercö katalogundan seçilen Tip 1* aygıt kullanılarak, A1 hacmi için, Lucy ile Zijl yöntemleri karşılaştırılmıştır. Her iki yöntemde de aynı tip aygıt ve lamba kullanılmıştır.

Lamba: 36W, 1×“TL”D flüorışıl lamba

Aygıt: Izgaralı, tavan yüzeyine tesbit edilmiş

Φ : 3350 lm.

Düzeltilme tablosu: 3 (Bkz. Şekil E.3.3)

k 0.6	80	61	52	51	48
k 1.0	101	78	69	67	63
k 1.5	116	90	83	80	76
k 2.5	130	100	94	89	85
k 3.0	134	103	99	93	89

Şekil E.3.3. Düzeltme Tablosu 3

- $E_{ort} = 500 \text{ lm/m}^2$ için Lucy’de, 8 aygıt (lamba)
Zijl’de, 12 aygıt (lamba)
kullanılması gerekmektedir.

- 12 aygıt (lamba) kullanıldığında, Lucy’de, $E_{ort} = 740 \text{ lm/m}^2$,
Zijl’de, $E_{ort} = 498 \text{ lm/m}^2$
olarak hesaplanmaktadır.

Bu değerler incelendiğinde, 500 lm/m^2 ortalama aydınlık düzeyini sağlamak için, gerekli aygıt sayısının, Zijl’de, Lucy’ye göre, %50 daha fazla olduğu ve aynı sayıda aygıt (12) kullanıldığında ise, Zijl’de hesaplanan ortalama aydınlık düzeyi değerinin, Lucy’dekine göre, %33 oranında daha düşük olduğu, görülmektedir.

* Tip 1: Alca 10 (50010/50113)
Tip 2: Paratec (51000)
Tip 3: Paratec (51045)

EK 4. GÜNIŞIĞI ile LAMBA IŞIĞI BİLEŞİMİ (BÜTÜNLEŞİK AYDINLATMA)

Yapıların tasarım aşamasında, aydınlatma düzeni çözümlenirken, günışığı ve lamba ışığı ile yapılacak aydınlatma birlikte düşünülmelidir. Temelde, üç tür günışığı ile lamba ışığı bileşimi sözkonusudur:

1) Günışığının yeterli olduğu zaman:

Ev, küçük işyerleri, hücresel bürolar vb. gibi derinliği az olan hacimlerde, gün boyunca büyük oranda günışığından yararlanma söz konusudur. Hacim içinde, istenen aydınlık düzeyi düştüğü zaman; kapalı günlerde, kış aylarında ve hava karardığı zaman, lamba ışığı devreye girer.

2) Günışığı Karakterinin Hoşa Gittiği Fakat Lamba Işığının Gerekli Olduğu Zaman:

Özellikle, grup ve açık planlı bürolar gibi derinliği fazla olan hacimlerde, gündüz saatlerinde, lamba ışığına gereksinim duyulmaktadır. Bu tür hacimlerde, pencere yakınındaki bölgelerde, günışığından yeterince yararlanılmasına karşın, hacmin derinliklerine doğru gerekli aydınlık düzeyi azalmaktadır. Lamba ışığı, gerekli aydınlık düzeyini ve bu aydınlığın hacim içinde düzgün yayılmasını sağlar. Ancak, lambalar, nesnelerin rengini, günışığından farklı göstermeyecek biçimde seçilmeli, böylece, görünen renkler arasındaki ayrımlar, en aza indirilmelidir. Pencere, dış dünya ile görsel ilişkiyi ve nesneleri günışığında değerlendirmeyi sağlar. Hacmin pencereden uzak bölgelerinde, yeterli günışığının olması durumunda ise, pencere yakınındaki fazla aydınlığın doğurduğu karşıtlık nedeni ile, pencereden uzak bölgelerde, yardımcı lamba ışığına gereksinim duyulabilir.

3) Günüşığının Yetersiz Olduğu Zaman:

Çalışma düzleminde, gerekli aydınlık düzeyinin günüşığı ile sağlanamaması durumunda, lamba ışığı ile aydınlatma yapmak gerekir. Bu durumda, günüşığı, lamba ışığına yardımcı olarak kullanılmakta olup, günüşığının lamba ışığına katkısı, nicelik değil, nitelik açıısındanır.

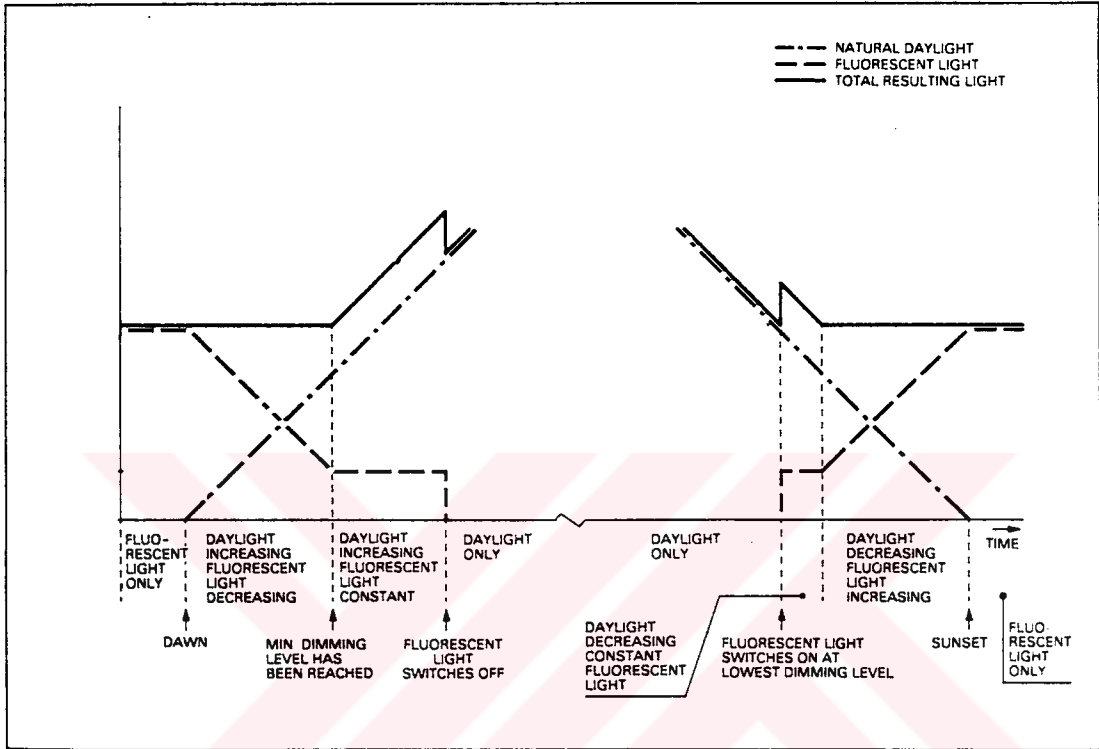
Bütünleşik Aydınlatma Düzenlerinin Kullanımı:

Bütünleşik aydınlatma düzenlerinin kullanımı temelde, yapay aydınlatma düzeninin, çeşitli sistemler yardımı ile kontrol edilmesine dayanır. Bu sistemler, anahtarlama ya da dimmerleme sistemleri olup, bu yolla, önemli oranda enerji korunumu sağlanabilmektedir.

Dimmerleme, daha kapsamlı elektronik üniteler gerektirirken, anahtarlama, basit fotosel kontrol sistemleri ile yapılabilir. Teknik açıdan incelendiğinde, otomatik anahtarlama, en basit çözüm olmasına karşın, aydınlık düzeyinde olabilecek ani ve aşırı artışlardan kaçınmak için, dimmerleme sistemlerinin kullanılması daha uygundur.

Doğal aydınlatma ile yapay aydınlatmayı, daha az rahatsızlık yaratacak ve maksimum oranda yararlanılacak biçimde bütünleştirmek için, en gelişmiş çözüm, bilgisayar ile kontrol edilen sistemler olup, bunlar, genellikle, büyük ve kompleks binalarda uygulanır.

Günüşığı niceliğine göre, aydınlatma döşeminin kontrol edilmesine bir örnek, Şekil E.4.1'de verilmiştir.



Şekil E.4.1

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi, Yeri: 1971, İstanbul.

Öğrenim : 1977-1982 Mecidiye İlkokulu
1982-1985 Mecidiyeköy Lisesi (Ortaokul Kısım)
1985-1988 Mecidiyeköy Lisesi
1988-1992 Yıldız Üniversitesi Mimarlık Fakültesi
1992-1993 Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü,
Yüksek Lisans İngilizce Hazırlık Programı
1993- Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü,
Mimarlık-Yapı Fiziği Yüksek Lisans Programı

Yabancı Dil : İngilizce

M. Tuba Bostancı, bu özgeçmişin yazıldığı tarihte Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Yapı Fiziği Bilim Dalında Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.