

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AYDINLATMADA ENERJİ DEĞERLENDİRMESİ YAPAN PROGRAMLARIN
İNCELENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ**

ARZU CİLASUN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
YAPI FİZİĞİ PROGRAMI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. LEYLA DOKUZER ÖZTÜRK**

İSTANBUL, 2011

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AYDINLATMADA ENERJİ DEĞERLENDİRMESİ YAPAN PROGRAMLARIN
İNCELENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Arzu CİLASUN tarafından hazırlanan tez çalışması 14.10.2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Fiziği Programı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Leyla Dokuzer ÖZTÜRK
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Leyla Dokuzer ÖZTÜRK
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Seda TÖNÜK
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. İpek FİTÖZ
Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi

ÖNSÖZ

Öncelikle çalışmalarım boyunca bana yol gösteren ve büyük bir özveri ile desteğini hiç eksik etmeyen çok değerli hocam Prof. Dr. Leyla Dokuzer Öztürk'e içtenlikle teşekkür ederim.

Ayrıca yaşam kaynağım, güzeller güzeli canım anneme hep yanımda olduğu için minnettarım.

Ağustos, 2011

Arzu CİLASUN

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	x
ÖZET	xi
ABSTRACT.....	xiii
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	1
1.3 Hipotez	2
BÖLÜM 2	
GENEL BİLGİLER ve TANIMLAR.....	3
2.1 Aydınlatma Enerjisinin Değerlendirilmesinde Kullanılan Standartlar	3
2.1.1 EN 15193	5
2.1.2 DIN 18599-4	7
2.2 Programlarda Kullanılan Terimlerin Tanımları.....	8
BÖLÜM 3	
DIALux ile ENERJİ DEĞERLENDİRMESİ.....	15
3.1 Enerji Değerlendirme Projesinin Yaratılması	15
3.2 DIALux Projesi İçindeki Bir Hacme Bağlı ve Bağlı Olmayan Enerji Değerlendirme Hacimleri	21
3.3 Değişkenlerin Ele Alınması	22
3.3.1 EN 15193 Standardına Göre Değişkenler	25
3.3.1.1 Hesaplama	25
3.3.1.2 Güç	26
3.3.1.3 Süreler	26

3.3.1.4	Denetim	27
3.3.1.5	Varlık	27
3.3.1.6	Günlüğü.....	29
3.3.1.7	Yapı Yüzü	29
3.3.2	DIN 18599 Standardına Göre Değişkenler	30
3.3.2.1	Lamba Işığı	31
3.3.2.2	Güneş/Kamaşma Kontrolü.....	32
3.4	Hesaplama ve Sonuçlar	33
3.5	Enerji Değerlendirmesinin Belgelenmesi.....	35

BÖLÜM 4

ReluxEnergy ile ENERJİ DEĞERLENDİRMESİ.....	37
4.1 Enerji Değerlendirme Projesinin Yaratılması	39
4.2 Değişkenlerin Ele Alınması	41
4.2.1 EN 15193 Standardına Göre Değişkenler	43
4.2.1.1 Enerji Değerlendirmesi	43
4.2.1.2 Kullanım Bölgesi.....	44
4.2.1.3 Hacim	45
4.2.1.4 Günlüğü Alan Bölüm	46
4.2.1.5 Pencere	48
4.2.1.6 Günlüğü Almayan Bölüm	50
4.2.2 DIN 18599 Standardına Göre Değişkenler	51
4.2.2.1 Enerji Değerlendirmesi	51
4.2.2.2 Kullanım Bölgesi.....	51
4.2.2.3 Hacim	52
4.2.2.4 Günlüğü Alan Bölüm	52
4.2.2.5 Pencere	53
4.2.2.6 Günlüğü Almayan Bölüm	53
4.3 Hesaplama ve Sonuçlar	54
4.4 Enerji Değerlendirmesinin Belgelenmesi.....	54

BÖLÜM 5

ecoCALC ile ENERJİ DEĞERLENDİRMESİ.....	56
5.1 ecoCALC’de Enerji Değerlendirme Projesinin Yaratılması	57
5.2 Değişkenlerin Ele Alınması	58
5.2.1 Hedefler	58
5.2.2 Proje Sekmesi.....	62
5.2.3 Genel Bilgiler Sekmesi.....	63
5.2.4 Aydınlatma Düzeni	66
5.2.5 Sonuçlar	72
5.2.6 Çıktı	73

BÖLÜM 6

VIVALDI ile ENERJİ DEĞERLENDİRMESİ.....	75
6.1 Enerji Değerlendirme Projesinin Yaratılması	76
6.2 Proje Ağacı	78

6.2.1	Proje	79
6.2.2	Hacim	79
6.2.3	Yapay Aydınlatma	81
6.2.4	Güneşiği.....	85
6.2.5	Statik Sahne	86
6.2.6	Dinamik Sahne	88
6.3	Sahne	89
6.4	Denetim	90
6.4.1	Kontrol Paneli.....	90
6.4.2	Enerji Gereksinim Göstergesi ve Grafiği	90
6.5	Kullanım	91
6.5.1	Zaman Çizelgesi Editörü.....	91
6.5.2	ELI-LENI- Ergonomik Aydınlatma Göstergesi ve Aydınlatma Enerjisi Sayısal Göstergesi	92
6.6	Öngörülen Enerji Gereksinimi.....	93
BÖLÜM 7		
PROGRAMLARIN ENERJİ DEĞERLENDİRME ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI		95
7.1	Programlara Veri Girişinin Karşılaştırılması	97
7.2	Programlarda Veri İşlenişinin Karşılaştırılması.....	102
7.3	Standartların Karşılaştırılması	104
7.4	Programlarda Alınan Sonuçlardaki Kapsamın Karşılaştırılması	105
BÖLÜM 8		
UYGULAMA ÖRNEKLERİ.....		108
BÖLÜM 9		
SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI ve DEĞERLENDİRİLMESİ		113
9.1	Yapay Aydınlatma Düzenlerine Ait Sonuçlar ve Değerlendirme	115
9.2	Bütünleşik Aydınlatma Düzenlerine Ait Sonuçlar ve Değerlendirme	119
9.3	Aydınlatma Düzenlerinin Farklı Koşullar Altındaki Enerji Tüketim Sonuçlarının Karşılaştırılması	122
BÖLÜM 10		
SONUÇ		126
KAYNAKLAR.....		130
ÖZGEÇMİŞ.....		132

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	ABD'deki yapılar ve konutlardaki enerji tüketiminin işlevlere göre dağılımı.	4
Şekil 2.2	Avrupa'daki ticari yapılar ve konutlardaki enerji tüketiminin işleve göre dağılımı (EC 2007)	4
Şekil 2.3	Enerji kullanımının belirlenmesinde izlenebilecek yolları gösteren akış diyagramı (6)	6
Şekil 2.4	DIN 18599 Standardının içerdiği bölümler	7
Şekil 3.1	Proje ağacı üzerinden enerji değerlendirmesi ekleme	16
Şekil 3.2	Ekle menüsü üzerinden enerji değerlendirmesi ekleme	16
Şekil 3.3	Kılavuz penceresi üzerinden enerji değerlendirmesi ekleme	17
Şekil 3.4	Projedeki tüm DIALux hacimlerinin enerji değerlendirmesini kapsamına alınması	18
Şekil 3.5	Projedeki belli bir DIALux hacminin enerji değerlendirmesi kapsamına alınması	19
Şekil 3.6	Enerji değerlendirme projesinde bir enerji değerlendirme hacminin kaç kez dikkate alındığının gösterilmesi	19
Şekil 3.7	Bir enerji değerlendirme hacmi ve sürüklenebileceği başka bölgeler.....	20
Şekil 3.8	Bir enerji değerlendirme hacmindeki farklı değerlendirme bölgelerinin 3D görünümü.....	20
Şekil 3.9	Bir DIALux hacme bağlı olan enerji değerlendirme hacminin yaratılması...	21
Şekil 3.10	Herhangi bir hacme bağlı olmayan enerji değerlendirme hacmi	22
Şekil 3.11	Enerji Değerlendirmesinin yapılacağı standardın seçimi	22
Şekil 3.12	Hesaplama sekmesindeki seçenekler	25
Şekil 3.13	Güç sekmesinde girilmesi istenen bilgiler.....	26
Şekil 3.14	Süreler sekmesinde girilmesi istenen bilgiler	26
Şekil 3.15	Denetim sekmesinde girilmesi istenen bilgiler	27
Şekil 3.16	Yokluk çarpanının işleve göre seçilmesi	28
Şekil 3.17	Varlık kontrolü çarpanının aydınlatma kontrol sistemine göre seçilmesi ...	28
Şekil 3.18	Güneş ışığı sekmesinde girilmesi istenen bilgiler	29
Şekil 3.19	Yapı yüzü sekmesinde girilmesi istenen bilgiler.....	30
Şekil 3.20	DIN 18599'a göre bir kullanım bölgesinin kullanım profili	31
Şekil 3.21	Lamba ışığı kontrol sistemi seçimi	32
Şekil 3.22	Güneş ve/ya da kamaşmaya karşı koruma sistemi ile ilgili sorgular.....	33
Şekil 3.23	Çıktılar menüsü üzerinden enerji değerlendirmesi başlatma.....	33

Şekil 3.24	Kısayol işareti üzerinden enerji değerlendirmesi başlatma.....	33
Şekil 3.25	Kılavuz penceresi üzerinden enerji değerlendirmesi başlatma	34
Şekil 3.26	Enerji değerlendirme projesinin çıktısına örnek.....	35
Şekil 3.27	Çıktılar için istenen ayrıntıların belirtilmesine örnek.....	36
Şekil 3.28	Bir değerlendirme hacmine ait yapılan belirlemelerin izlenmesi	36
Şekil 4.1	ReluxEnergy Arayüzü (DIN 18599 standardı seçili iken)	38
Şekil 4.2	Enerji değerlendirme sekmesi	39
Şekil 4.3	Ana menüden Relux projesi eklemek	39
Şekil 4.4	Proje Ağacı üzerinden Relux projesinin aktarılması.....	40
Şekil 4.5	ReluxPro'dan ReluxEnergy'ye proje aktarılması	40
Şekil 4.6	EN 15193 standardına göre enerji değerlendirmesine ait ek seçeneklerin tanımlanması.....	44
Şekil 4.7	Kullanım bölgesine ait genel bilgiler sekmesi	44
Şekil 4.8	Bir hacmi başka bir kullanım bölgesine aktarma	44
Şekil 4.9	Hacim ile ilgili sorgular	45
Şekil 4.10	Hacim ile ilgili ek ayarlar sekmesi	46
Şekil 4.11	Güneş ışığı alan bölüm ile ilgili genel bilgiler.....	46
Şekil 4.12	Güneş ışığı alan bölüm ile ilgili kontrol sistemlerinin sorgusu	47
Şekil 4.13	Güneş ışığı alan bölümdeki döşeli güce ilişkin sorgular	47
Şekil 4.14	Pencereye ait özellikler	48
Şekil 4.15	Güneş ışığı alan bölümdeki pencereye ait özellikler	49
Şekil 4.16	Engel özelliklerinin tanımı	49
Şekil 4.17	Güneş almayan bölüm ile ilgili sorgular	50
Şekil 4.18	Güneş ışığı almayan bölümdeki döşeli güce ilişkin sorgular	50
Şekil 4.19	Kullanım Profilinin belirlenmesi	52
Şekil 4.20	Varlık kontrolüne ilişkin sorgu	53
Şekil 4.21	Güneşine bağlı lamba ışığı kontrol sistemine ilişkin sorgu.....	53
Şekil 4.22	Güneş ışınları/Kamaşmaya karşı koruma sistemine ilişkin sorgu	53
Şekil 4.23	ReluxEnergy'de sonuçların izlenmesi.....	54
Şekil 4.24	ReluxEnergy enerji değerlendirme projesinin detaylı çıktısına örnek	55
Şekil 5.1	ecoCALC aşamalarının arayüzleri	57
Şekil 5.2	ecoCALC'de proje oluşturulması	58
Şekil 5.3	Hedefler Sekmesinin Arayüzü	59
Şekil 5.4	Hızlı seçim tercihi	59
Şekil 5.5	Veri Yapılanması.....	60
Şekil 5.6	Değerlendirme ölçütlerinin belirlenişi	61
Şekil 5.7	Maliyet ölçütlerinin belirlenişi	61
Şekil 5.8	Sürdürülebilirlik ölçütlerinin belirlenişi.....	61
Şekil 5.9	Ayrıntılı incelenmesi istenen ölçütlerin belirlenişi.....	62
Şekil 5.10	Sonuçların Sunumu	62
Şekil 5.11	Proje sekmesi arayüzü	63
Şekil 5.12	Hacmin özelliklerinin belirlenmesi.....	63
Şekil 5.13	Aydınlık düzeyindeki değer düşme çarpanının saptanması.....	64
Şekil 5.14	Aydınlatma döşeminin ömrüne ilişkin sorgu	64
Şekil 5.15	Montaj sırasındaki maliyete ilişkin sorgular	64
Şekil 5.16	İşletmeye saatine ilişkin sorgular	65
Şekil 5.17	Bakım ile ilgili bilgilerin girilmesi	65

Şekil 5.18	Sermaye ile ilişkili sorgular	66
Şekil 5.19	Sürdürülebilirlik ile ilgili sorgular	66
Şekil 5.20	Aydınlatma düzeni sekmesi	67
Şekil 5.21	İşletme sorgusu	68
Şekil 5.22	Aydınlatma biçiminin tanımlanması	68
Şekil 5.23	Kullanım sorgusu	70
Şekil 5.24	Sürdürülebilirlik sorgusu	70
Şekil 5.25	Yatırım	70
Şekil 5.26	Sermaye sorgusu	71
Şekil 5.27	Bakım sorgusu	71
Şekil 5.28	Diğer özelliklere ilişkin sorgu	72
Şekil 5.29	Sonuçların görüntüsü	73
Şekil 5.30	Sonuçların grafiksel gösterimi	73
Şekil 5.31	Çıktıların Alınması	74
Şekil 6.1	VIVALDI Arayüzü	76
Şekil 6.2	VIVALDI'de önceden hazırlanmış bir projenin açılması	77
Şekil 6.3	Vivaldi arayüzündeki ana bölümler	78
Şekil 6.4	Proje Ağacı'na ait dört sekme	79
Şekil 6.5	Hacim ile ilgili genel bilgiler	80
Şekil 6.6	Hacim ile ilgili tasarım detayları	80
Şekil 6.7	LUXMATE sorgusu	81
Şekil 6.8	ELI-LENI sorgusu	81
Şekil 6.9	DIALux'de kamera açısının sabitlenmesi	82
Şekil 6.10	ReluxPro'da kamera açısının sabitlenmesi	83
Şekil 6.11	VIVALDI'de yapma aydınlatma aygıtı eklemek	84
Şekil 6.12	Yapay aydınlatma aygıtları ile ilgili sorgular	85
Şekil 6.13	Güneşiği düzenlemesi	86
Şekil 6.14	Güneşiği sahnesinin saat bilgisinin girişi	86
Şekil 6.15	Hacme statik sahne eklemek	87
Şekil 6.16	Statik sahnedeki güneşiği değerlerinden seçim yapılması	88
Şekil 6.17	Dinamik sahneye güneşiği verilerinin aktarımı	89
Şekil 6.18	Video başlatmak	89
Şekil 6.19	Kontrol paneli	90
Şekil 6.20	Enerji gereksinim göstergesi ve grafiği	91
Şekil 6.21	Zaman çizelgesi editörü	91
Şekil 6.22	Zaman çizelgesi editöründe düzenleme yapılması	92
Şekil 6.23	ELI-LENI	93
Şekil 6.24	Öngörülen enerji gereksinimi	94
Şekil 8.1	Flüoresan lambalı aydınlatma aygıtları ile oluşturulmuş A düzeni	109
Şekil 8.2	Flüoresan lamba+ LED içeren (Hibrit) aydınlatma aygıtları ile oluşturulmuş B düzeni	109
Şekil 8.3	LED'li aygıtlar ile oluşturulmuş C düzeni	110
Şekil 9.1	Yıllık ortalama enerji tüketimi açısından yapılan karşılaştırma	117
Şekil 9.2	Aydınlatma düzeninin ömrü boyunca toplam giderler: %40	117
Şekil 9.3	Aydınlatma düzeninin ömrü boyunca toplam CO ₂ salımı: %10	118

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1	F _{OC} değerleri 10
Çizelge 2.2	Aydınlatma kontrol sistemi ve günışığı girişine bağlı F _{D,C,n} değerleri 12
Çizelge 2.3	Günışığı çarpanına bağlı olarak hacme günışığı girişi (7) 12
Çizelge 2.4	Yapı yüzünde kullanılan elemanlara bağlı olarak belirlenmiş günışığı tedarik çarpanları (7)..... 13
Çizelge 2.5	Güneş ışınlamaları ve/ya da kamaşmaya karşı koruma sisteminin çalıştığı ve çalışmadığı bağlı sürenin yönleri göre değişimi (7) 13
Çizelge 3.1	DIALux programında EN15193 ve DIN 18599 Standartlarına göre ele alınan değişkenler 23
Çizelge 3.2	Sorguların kullanılan standarda göre gösterdiği farklılık 24
Çizelge 4.1	ReluxEnergy'de sorguların standartlara göre gösterdiği değişkenlik..... 42
Çizelge 7.1	Program verilerinin karşılaştırılması 96
Çizelge 7.2	Programlardaki dış çevre ve bakıma ilişkin sorguların karşılaştırılması.. 98
Çizelge 7.3	Programlardaki aydınlatma döşemi ve denetime ilişkin sorguların karşılaştırılması..... 100
Çizelge 7.4	Programlardaki aydınlatma döşemi ve denetime ilişkin sorguların karşılaştırılması..... 101
Çizelge 7.5	Yapay aydınlatma kontrol çarpanının standartlara göre farklılığı(5) 104
Çizelge 7.6	Varlığa bağlı çarpanın standartlara göre gösterdiği farklılık (6 s. 55) (7 s. 47)..... 105
Çizelge 8.1	Hacimde kullanılan lamba ve aydınlatma aygıtlarının özellikleri..... 110
Çizelge 8.2	Gün ve saatlere göre enerji tarifi (TL) (17) 112
Çizelge 8.3	Değişkenler için kullanılan ortak değerler..... 113
Çizelge 9.1	Enerji değerlendirmesinin yapıldığı düzenler..... 115
Çizelge 9.2	Denetim sisteminin bulunmadığı yapay aydınlatmaya ilişkin sonuçlar 116
Çizelge 9.3	Denetim sisteminin kullanıldığı yapay aydınlatmaya ilişkin sonuçlar ... 116
Çizelge 9.4	ecoCALC programında, seçilen ölçütler için yapılan enerji değerlendirmesi 118
Çizelge 9.5	Flüoresan lamba kullanılan A düzenine ilişkin bütünleşik aydınlatma sonuçları 120
Çizelge 9.6	Flüoresan lamba ve LED kullanılan B düzenine ilişkin bütünleşik aydınlatma sonuçları 120
Çizelge 9.7	LED kullanılan C düzenine ilişkin bütünleşik aydınlatma sonuçları..... 121
Çizelge 9.8	A Düzenine ilişkin enerji değerlendirme sonuçları..... 123
Çizelge 9.9	B Düzenine ilişkin enerji değerlendirme sonuçları..... 124
Çizelge 9.10	C Düzenine ilişkin enerji değerlendirme sonuçları..... 125

**AYDINLATMADA ENERJİ DEĞERLENDİRMESİ YAPAN PROGRAMLARIN
İNCELENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Arzu CİLASUN

Mimarlık Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Leyla Dokuzer ÖZTÜRK

Lamba ışığı ile aydınlatmada tüketilen enerji çeşitli standartlar uyarınca değerlendirilebilmektedir. Aydınlatma enerjisinin değerlendirilmesi, bu standartlara uygun hesaplama yapan bilgisayar programları aracılığı ile kısa sürede ve kolayca gerçekleştirilebilmektedir. Bu çalışmada, dört bilgisayar programının enerji değerlendirme özellikleri ele alınmıştır. Farklı programlar ile ulaşılan sonuçların birbiri ile karşılaştırılması, üç ayrı aydınlatma düzeninin kurulduğu örnek bir büro hacmi aracılığı ile yapılmıştır. Çalışma genel olarak;

- aydınlatma programlarında enerji değerlendirmesi yaparken kullanılan standartları tanıtmak, genel tanımlara değinmek,
- 'DIALux 4.9', 'ReluxEnergy 2010.2.6', 'ecoCALC 1.0.01' ve 'VIVALDI 1.5.03' programlarının aydınlatma enerjisi değerlendirmesine yönelik özelliklerini aktarmak,
- söz konusu programların enerji değerlendirme yöntemlerini birbirleri ile karşılaştırmak,
- bir örnek büro hacminde yalnızca yapay (lamba ışığı ile) aydınlatmanın ve günışığı destekli yapay aydınlatmanın (bütünleşik aydınlatma) yapıldığı koşullarda, farklı program/standart/denetim sistemi/aydınlatma aygıtı türü kullanıldığı durumlara ait sonuçları sunmak

olmak üzere dört ana bölümde toplanabilir.

Programların tanıtımı bölümünde, DIALux 4.9, ReluxEnergy - 2010.2.6, ecoCALC 1.0.01. ve VIVALDI 1.5.03 programlarının enerji değerlendirme özellikleri ayrı ayrı tanıtılmıştır.

Programların karşılaştırılması bölümünde, söz konusu dört programın enerji değerlendirmesi yaparken izledikleri yol, kullandıkları veriler ve sonuç olarak verdikleri çıktılar karşılaştırmalı olarak incelenmiştir

Örnek büro hacminde yalnızca yapay aydınlatmanın kullanıldığı koşullarda, aydınlatma kontrolünün uygulandığı ve uygulanmadığı durumlar için enerji değerlendirmesi ayrı ayrı yapılmıştır. Güneş ışığı aydınlığının dikkate alındığı koşul için aydınlatma kontrolünün uygulandığı durum için işlem yapılmıştır. Farklı standart, program ve veri kullanımının enerji değerlendirme sonuçlarına nasıl yansıdığı irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Enerji Değerlendirmesi, DIALux, ReluxEnergy, ecoCALC, VIVALDI

**EXAMINATION AND EVALUATION OF LIGHTING ENERGY EVALUATING
PROGRAMS**

Arzu CİLASUN

Department of Architecture

MSc. Thesis

Advisor: Prof. Dr. Leyla Dokuzer ÖZTÜRK

In this study, the features of the lighting programs which are used in energy evaluation are tested with a group of lighting solutions. Besides artificial lighting, daylight and control system parameters are taken into consideration. This study basically consist of 4 main sections, such as;

- Introduction of the energy standards and general terms which are used for energy evaluation.
- Introduction of Programmes
- Comparision of Programmes
- Energy evaluation results analysis.

In the Introduction of energy standards and general terms section, the information needed for energy evaluation are given.

In the Introduction of Programmes section, the features of DIALux 4.9, ReluxEnergy - 2010.2.6, ecoCALC 1.0.01. and VIVALDI 1.5.03 are introduced and the abilities of programmes are shown.

In the Comparision of Programmes section, input, output and the evaluation methods are described, examples are given.

In the energy evaluation Results Analysis section, group of energy evaluations on various lighting scenes are made by using different energy standards and lighting programmes. The variation of results are analyzed.

Keywords: Energy Evaluation, DIALux, ReluxEnergy, ecoCALC, VIVALDI

1.1 Literatür Özeti

Son yıllarda enerji maliyetinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi, çevrenin korunması, enerji kaynaklarının kullanımında verimliliğin artırılması konuları giderek daha çok önemsenmeye başlanmıştır. Enerji tüketiminde israfı önlemek ve CO₂ salımını azaltmak için çeşitli stratejiler geliştirilmektedir. Bu stratejiler, ticari yapılardaki enerji tüketiminin yaklaşık yarısını oluşturan aydınlatma için harcanan enerjiyi de kapsamaktadır. Enerji korunumunu arttırmak için hazırlanan enerji performans yönetmeliğine uyum pek çok ülkede zorunlu tutulmaktadır. EN 15193 (1) ve DIN 18599 (2) yaygın olarak bilinen ve kullanılan enerji performans yönetmeliklerindendir. Hem mevcut hem de yeni yapılacak olan yapıları kapsayan bu yönetmeliklere uyulması beklenmektedir. Aydınlatma için tüketilen enerjinin binalarda enerji performansı yönetmeliğine uygunluğunu belirlemek amacıyla gerekli hesapları yapmak aydınlatma tasarımcısının yükümlülüğündedir. Aydınlatmaya yönelik enerji değerlendirmesi yaparken tasarımcının kullanabileceği bilgisayar programları arasında DIALux (3), ReluxEnergy (4), ecoCALC (5) ve VIVALDI (6) bulunmaktadır.

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmada aydınlatma enerjisinin değerlendirilmesinde yararlanılabilecek bilgisayar programlarından DIALux, ReluxEnergy, ecoCALC ve VIVALDI'nin özellik ve olanaklarının tanıtılması ve belirtilen dört program kullanılarak ulaşılan sonuçların uygulama örnekleri aracılığı ile karşılaştırılması hedeflenmiştir.

1.3 Hipotez

Çalışmanın hipotezi, enerji değerlendirmesi yapan bilgisayar programlarının öne çıkan özelliklerini ve kullanım olanaklarını tanıtmak ve böylece kullanıcıya bu programlar arasından amacına uygun olanı / olanları seçmesinde yol gösterecek verilerin ortaya konmasıdır.

Buna bağlı olarak, DIALux, ReluxEnergy, ecoCALC ve VIVALDI programlarının veri girişi, işleyişi, sonuçların çıktıları ayrı ayrı anlatılacaktır ve programların söz konusu özellikleri örnek uygulamalar eşliğinde karşılaştırılacaktır.

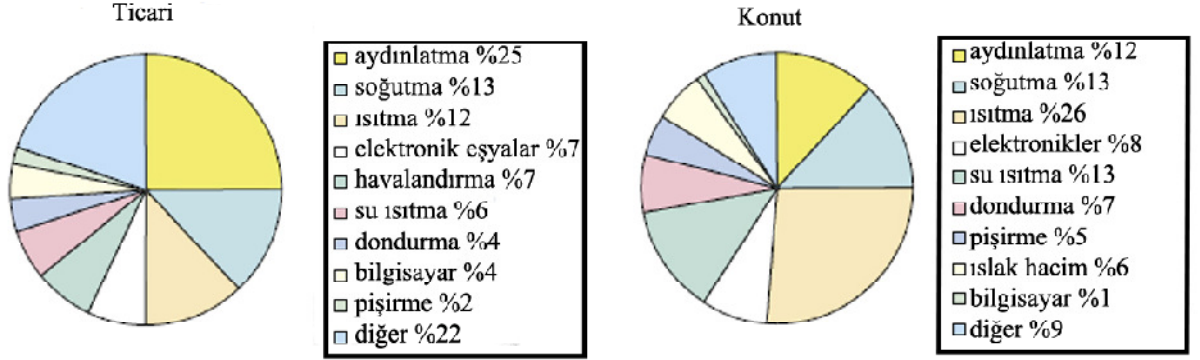
GENEL BİLGİLER ve TANIMLAR

Bu bölümde, çalışma boyunca kullanılacak olan aydınlatma enerjisi değerlendirilmesinde kullanılan standartlara ve genel tanımlara değinilecektir.

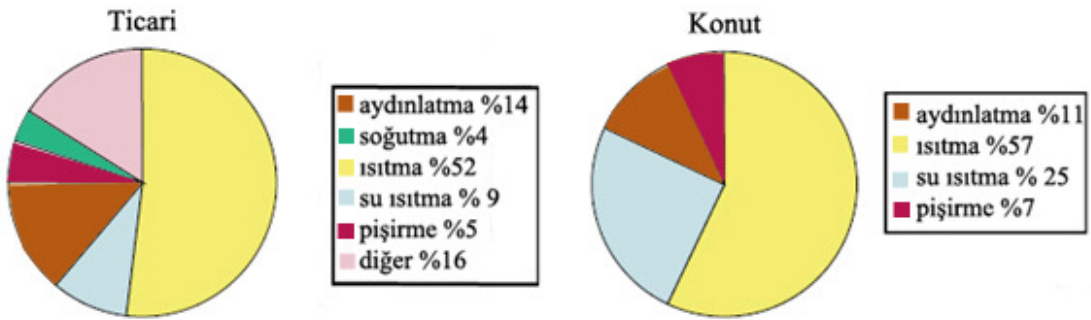
2.1 Aydınlatma Enerjisinin Değerlendirilmesinde Kullanılan Standartlar

Sanayileşmenin hız kazanmasıyla enerji tüketimi artış göstermiş ve çevreye verilen zarar, en önemli küresel sorunlardan biri haline gelmiştir. Sera gazlarının atmosfere salımı nedeniyle, dünya yarım dereceden fazla ısınmış ve önümüzdeki yıllarda bu ısınmanın devam edeceği öngörülmektedir (7). Çevreye verilen zararı azaltmak için, enerjinin verimli kullanımı öne çıkan çözüm yollarından biridir. Bu yol ile hem enerji tüketimi, hem de sera gazı salımı azaltılabilir.

Küresel enerji tüketiminde yapı sektörü, enerji tüketiminin en fazla olduğu sektördür. Yapı sektöründeki enerji; ısınma, havalandırma, aydınlatma, soğutma, pişirme gibi farklı işlevler için harcanırken, aydınlatma bu dağılımda önemli bir paya sahiptir. Şekil 2.1’de ABD ve Avrupa’daki ticari yapılar ile konutlarda aydınlatma için tüketilen enerjinin yüzdeleri görülmektedir.



Şekil 2.1 ABD'deki yapılar ve konutlardaki enerji tüketiminin işlevlere göre dağılımı



Şekil 2.2 Avrupa'daki ticari yapılar ve konutlardaki enerji tüketiminin işleve göre dağılımı (EC 2007)

Günümüzde dünyada 33 milyardan fazla lamba, yıllık 2650 TWh enerji tüketmektedir ki bu da toplam enerji tüketiminin %19'unu oluşturmaktadır (8). Bürolarda ise bu oranın %30- %40'larda olduğu ve metrekare başına düşen yıllık enerji tüketiminin 20 ile 50 kWh/m² arasında değiştiği bilinmektedir (9). Avrupa'daki büro yapılarında, aydınlatma için harcanan elektrik enerjisi toplam enerji tüketiminin %50'sini oluşturmaktadır (10). Bu kadar yüksek yüzdeler söz konusu olduğu için, tüketilen enerjiyi belirlenen sınırlar içinde tutmayı hedefleyen yönetmelikler ve standartlar hazırlanmıştır. Bu yönetmelik ve standartlar rehber alınarak, aydınlatma için harcanan enerji değerlendirmeden geçirilmektedir.

Bir aydınlatma düzenine ilişkin enerji değerlendirmesini yapmak, aydınlatma tasarımcısının sorumluluğundadır. Bunu yaparken kullanabileceği çeşitli enerji değerlendirme programları bulunmaktadır. Bu çalışmada, aydınlatma tasarımcısının enerji değerlendirmesi yaparken kullanabileceği DIALux, ReluxEnergy, ecoCALC ve VIVALDI programları ele alınmıştır.

DIALux programı, içerdği enerji değerlendirme modülü ile enerji değerlendirmesinde kullanılabilecek programlardan biridir. DIALux, EN 15193 ya da DIN 18599 standardını kullanarak enerji değerlendirmesi yapmaktadır. ReluxSuite paketinde bulunan ReluxEnergy programı, aynı paketteki aydınlatma hesaplama programı olan ReluxPro'da oluşturulan hacimlerde enerji değerlendirmesi yapmaktadır. ReluxEnergy, enerji değerlendirmesini EN 15193 ya da DIN 18599 standardına göre gerçekleştirmektedir. ecoCALC programı EN 15193 standardından kısmen yararlanmaktadır. EN 15193 standardındaki bazı çarpan ve denklemlerden faydalanan VIVALDI'de ise doğrudan hiçbir standart kullanılmamaktadır.

EN 15193 ve DIN 18599 standartlarının her ikisi de yalnızca iç mekanlara ilişkin denklem ve kabulleri kapsamaktadır. Dolayısıyla kullanılan dört programda da, sadece iç mekana ilişkin enerji değerlendirmesi yapılmaktadır. Enerji değerlendirmesi yaparken kullanılan veriler, bu verilerin soruluş biçimi/sırası ve sonuç olarak elde edilen çıktılar kullanılan standarda ve programa göre farklılık göstermektedir. Verilerin ve çıktılarının programa göre gösterdiği değişkenlik çalışmanın ilgili bölümlerinde detaylı olarak incelenmiştir.

2.1.1 EN 15193

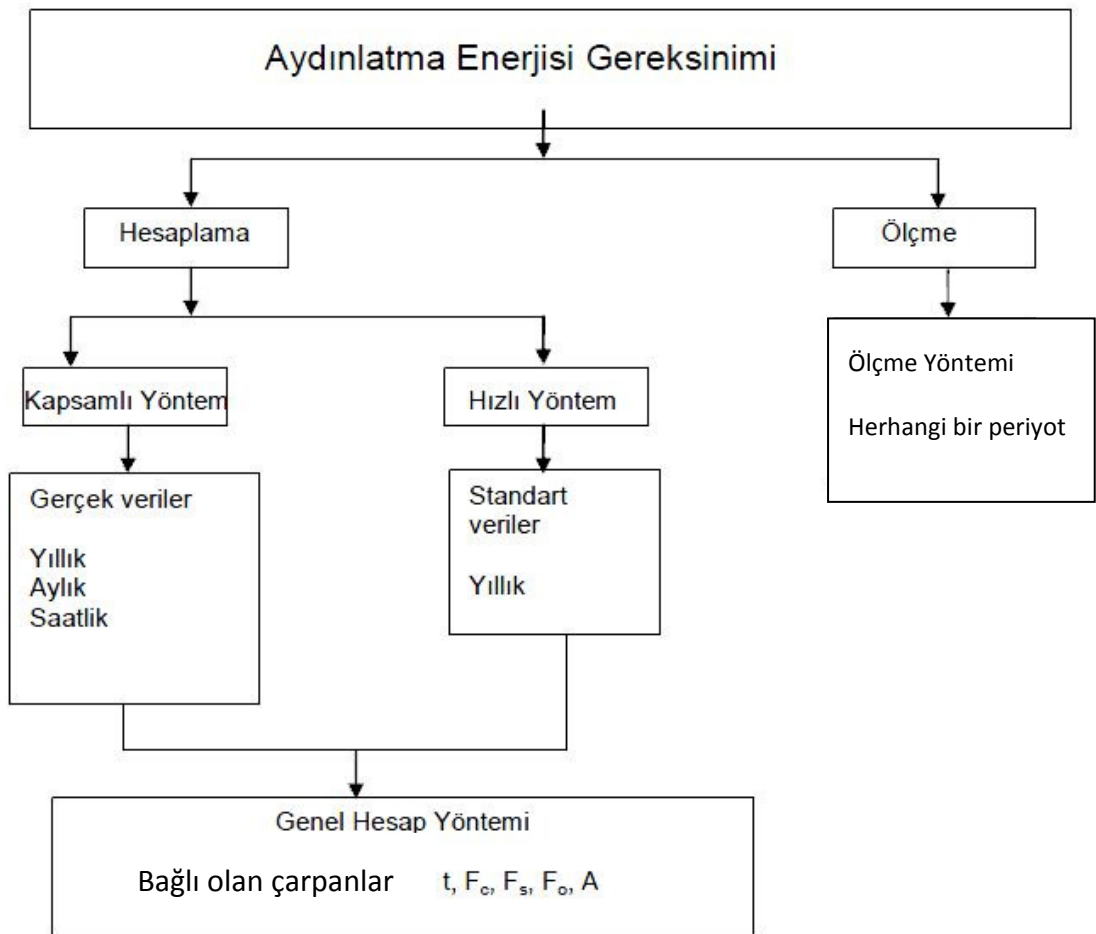
Standardizasyon için Avrupa Komitesi (CEN; European Committee for Standardization) tarafından hazırlanan EN 15193 standardında yapılarda aydınlatma amaçlı tüketilen enerji gereksiniminin tahminine ilişkin ölçme ve hesaplama yöntemleri belirtilmiştir. Standardın enerji değerlendirmesindeki genel yaklaşımı, yapı içindeki aydınlatma için yapay aydınlatma sisteminin kullanım süresine bağlı olarak toplam enerji tüketimini hesaplamak ve aydınlatma enerjisi gereksinimine ilişkin sayısal bir gösterge oluşturmaktır.

Bu standart hem mevcut yapılara hem de yeni yapılara uygulanabilmektedir. Standartta yapı türleri, bürolar, eğitim yapıları, hastaneler, oteller, lokantalar, spor tesisleri, toptan ve perakende satış servisleri ve üretim fabrikaları olarak sınıflandırılmıştır.

Yapı yüzü, açık otopark alanı, bahçe aydınlatması gibi yapı dışındaki aydınlatmaların yapı içi aydınlatma tesisatından beslenmesi durumunda, bu aydınlatmalar için tüketilen enerji aydınlatma enerjisi sayısal göstergesine dahil edilmemektedir.

Genel olarak bu standart, başlıca konulara değinirken yerel özelliklere ilişkin veri girişine izin veren detaylı yöntemler içermektedir (11).

Standartta enerji değerlendirmesi için izlenen yol Şekil 2.'te görülmektedir.



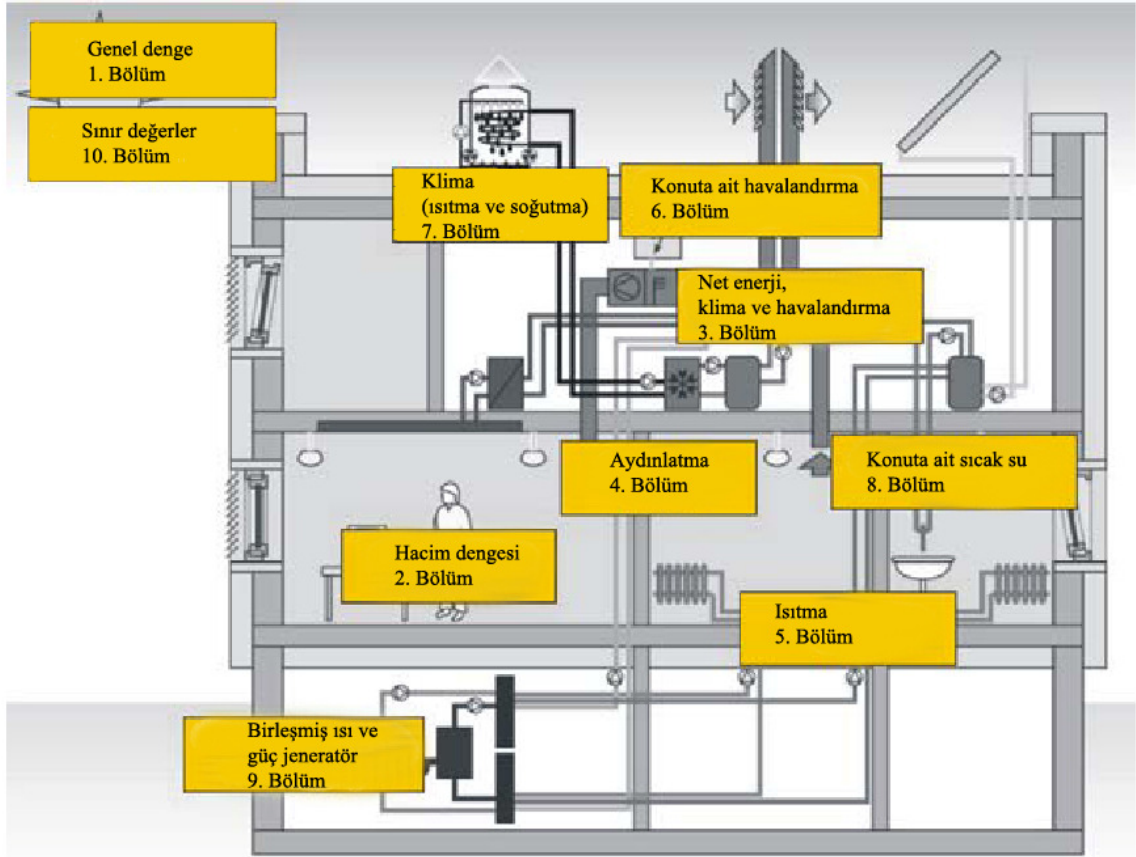
Şekil 2.3 Enerji kullanımının belirlenmesinde izlenebilecek yolları gösteren akış diyagramı (1)

Standartın enerji değerlendirmesindeki genel yaklaşımı, yapay aydınlatma sisteminin kullanım süresine bağlı olarak toplam enerji tüketimini hesaplamak ve aydınlatma enerjisine ilişkin sayısal gösterge oluşturmaktır (11).

2.1.2 DIN 18599-4

DIN V 18599, standardizasyon için Alman Enstitüsü (2) kapsamında NA 005-56-20 GA komitesi tarafından hem mevcut hem de yeni yapılarda, ısıtma, havalandırma, klima, sıcak su ve aydınlatmaya ilişkin enerji tüketimini değerlendirme amaçlı hazırlanmıştır. Şekil 2.'te görüldüğü gibi, DIN 18599'de enerji tüketimi farklı bölümler altında incelenmektedir.

Standart, dördüncü bölümünde (DIN 18599-4) aydınlatma için tüketilen enerjiyi hem aylık hem de yıllık olarak belirleyen yöntemler içermektedir. Hacim farklı bölümlere ayrılarak, gereksinim duyulan yapay aydınlatma, günışığından yararlanma ve kontrol sistemlerinin etkinliği belirlenir (2). DIN 18599'da, farklı yapı türleri için hazırlanmış sınır değerleri de kapsayan kullanım profili bulunmaktadır.



Şekil 2.4 DIN 18599 Standardının içerdiği bölümler (7)

2.2 Programlarda Kullanılan Terimlerin Tanımları

Bu bölümde, çalışmada ele alınan bilgisayar programları ile enerji değerlendirmesi yaparken karşılaşılan terimler ve bu terimlerin tanımlarına yer verilmiştir.

Aydınlatma aygıtı gücü (P_i) (*Luminaire power*):

Aydınlatma aygıtı gücü, tüm lamba, durultucu (balast) ve aygıt içindeki ya da aygıtla bağlantılı öteki bileşenlerin tükettiği watt cinsinden büyüklüktür. Bu değer, aygıt çalışır durumda iken söz konusu olan parazitik güçleri kapsar. Yani, tam verimle çalışma durumunda (dimmerleme var ise maksimum verimle çalışma durumu) tüm lamba, durultucu (balast) ve öteki bileşenlerdeki kayıpları içerir (1).

Lambalar sönmük iken aydınlatma aygıtının parazitik gücü (P_{pi}) (*Luminaire parasitic power*):

Bu değer, lambalar sönmük (stand-by durumunda) iken aygıttaki otomatik aydınlatma kontrolü ile acil durum aydınlatma aygıtlarının şarjı için tüketilen watt cinsinden büyüklüktür (1).

$$P_{pi} = P_{ci} + P_{ei} \text{ (W)}$$

Lambalar sönmük iken aydınlatma kontrolünün parazitik gücü (P_{ci}) (*Parasitic power of the controls only during the time with the lamps off*):

Bu değer, lambalar sönmük (stand-by durumunda) iken aygıttaki otomatik aydınlatma kontrolü için tüketilen watt cinsinden büyüklüktür (1).

Acil durum aydınlatması şarj gücü (P_{ei}) (*Emergency lighting charging power*):

Bu değer, acil durum aydınlatma aygıtlarının şarjı için tüketilen watt cinsinden büyüklüktür (1).

Yıllık çalıştırılma süresi (t_o) (*Annual operating time*):

Yıllık çalıştırılma süresi, lambalar yakılı durumda iken lamba ve aydınlatma aygıtlarının yıllık çalıştırılma saatidir (1).

$$t_o = t_D + t_N \text{ (h)} \quad \text{Not: Bu süre yapının kullanımına bağlı belirlenir.}$$

Gündüz kullanım süresi (t_D) (*Daylight time usage*):

Gündüz boyunca saat olarak ölçülen çalıştırılma süresidir (1).

Gece kullanım süresi (t_N) (Non-daylight time usage):

Gece boyunca saat olarak ölçülen çalıştırılma süresidir (1).

Acil durum aydınlatması şarj süresi (t_e) (Emergency lighting charge time):

Acil durum aydınlatma pillerinin saat olarak ölçülen şarj edilme süresidir (1).

Sabit aydınlık çarpanı (F_c) (Constant illuminance factor):

Değer düşme çarpanı (M_F), aydınlık düzeyi bakım değeri (*maintained illuminance*) ile aydınlık düzeyi başlangıç değeri (*initial illuminance*) arasındaki orandır ve işleve göre aydınlık düzeyi belirlemesi aydınlık düzeyi bakım değerine göre yapılır. Dimmerlemenin yapılabildiği aydınlatma düzenlerinde, aydınlatma aygıtının başlangıçtaki (aydınlatma düzeni yeni iken) yüksek olan ışık akısını, kullanım süresi boyunca gerekli aydınlık düzeyi bakım değerini sağlamak üzere otomatik olarak azaltmak olanaklıdır. Bu ayarlama işi, ‘kontrollü sabit aydınlık’ olarak bilinmektedir ve enerji gereksinimi hesaplarına “sabit aydınlık çarpanı” ile dahil edilmektedir (1).

Sabit aydınlık çarpanı, bir aygıta belli bir süre boyunca verilen gücün ortalamasının o aygıta başlangıçta aydınlatma düzeni yeni iken verilmesi planlanan güce oranıdır. Belli bir süre olarak normalde, bir bakım periyodu için ayrılmış zaman aralığı alınır.

$$F_c = (1+MF) / 2$$

M_F : Değer düşme çarpanı (*Maintenance factor, light loss factor*)

Yokluk çarpanı (F_A) (Absence factor):

Yokluk çarpanı, kullanıcıların hacimde bulunmama periyoduna bağlı çarpandır. Hacimde bulunulmayan sürenin çalışma süresine oranı olan yokluk çarpanı, işleve göre değişen değerler alır (1).

Varlık kontrolü çarpanı ya da Varlık kontrolü verimliliği için çarpan (F_{oc}) (Occupancy control factor):

Varlık kontrolü çarpanı, aydınlatma kontrol sisteminin bir fonksiyonu olarak tanımlanmış ve altı ayrı aydınlatma kontrolü için sabit sayılar ile belirtilmiştir (Çizelge 2.1) (1).

Çizelge 2.1 F_{OC} değerleri

Otomatik varlık ya da yokluk algılaması olmayan sistemler	F_{OC}
Anahtarı elle açıp / elle kapatma	1.00
Anahtarı elle açıp / elle kapatma + otomatik söndürme sinyali	0.95
Otomatik varlık ve / ya da yokluk algılaması olan sistemler	F_{OC}
Otomatik açıp / dimmerleme	0.95
Otomatik açıp / otomatik kapatma	0.90
Elle açıp / dimmerleme	0.90
Elle açıp / otomatik kapatma	0.80

Anahtarı elle açıp / elle kapatma: Aydınlatma aygıtları hacimdeki anahtar ile elle açıp kapatılır.

Anahtarı elle açıp / elle kapatma + otomatik söndürme sinyali: Aydınlatma aygıtları hacimdeki anahtar ile elle açıp kapatılır. Buna ilaveten otomatik bir sinyal aygıtları günde en az bir kez, genellikle akşamları söndürür.

Otomatik açıp / dimmerleme: Varlık algılaması olduğunda aygıtlar otomatik olarak yakılır. Aygıtlar aydınlatılan alandaki son varlık algılamasından en çok 5 dakika sonra otomatik olarak (normal çalışma durumunun en fazla %20 altına dimmerlenir). Buna ek olarak, hacmin bütünündeki son varlık algılamasından en çok 5 dakika sonra aygıtlar otomatik olarak söndürülür.

Otomatik açıp / otomatik kapatma: Aydınlatılan alanda varlık algılaması olduğunda aygıtlar otomatik olarak yakılır. Aygıtlar aydınlatılan alandaki son varlık algılamasından en fazla 15 dakika sonra otomatik olarak söndürülür.

Elle açıp / dimmerleme: Aydınlatma aygıtları hacimdeki anahtar ile elle açılır. Aygıtlar, eğer el ile kapatılmamışlarsa, aydınlatılan alandaki son varlık algılamasından en fazla 15 dakika sonra otomatik olarak (normal durumun en fazla %20 altına) dimmerlenir. Buna ek olarak, hacmin bütünündeki son varlık algılamasından en çok 5 dakika sonra aygıtlar otomatik olarak söndürülür.

Elle açıp / otomatik kapatma: Aydınlatma aygıtları hacimdeki anahtar ile elle açılır. Aygıtlar, eğer el ile kapatılmamışlarsa, aydınlatılan alandaki son varlık algılamasından en fazla 15 dakika sonra otomatik olarak söndürülür.

Varlığa bağlı çarpan (F_o) (Occupancy dependency factor):

Varlığa bağlı çarpan, hacimde bulunma periyoduna bağlı olarak döşeli toplam gücün kullanımı ile ilgili çarpandır ve 'yokluk çarpanı' ile 'varlık kontrolü çarpanı' dikkate alınarak hesaplanır. Hesaplama, yokluk çarpanının büyüklüğü ve uygulanan aydınlatma kontrol sistemine göre farklı eşitliklerden yararlanılır (1).

Günişliğine bağlı çarpan ($F_{D,n}$) (Daylight dependency factor):

Günişliğine bağlı çarpan, hacimde günişliğinden yararlanmaya bağlı olarak döşeli toplam gücün kullanımı ile ilgili çarpandır. Günişliğine bağlı çarpan, günişliği tedarik çarpanı ($F_{D,S,n}$; *daylight supply factor*) ve günişliğine bağlı lamba ışığı kontrol çarpanı ($F_{D,C,n}$; *daylight control factor*) aracılığı ile hesaplanır (1).

$$F_{D,n} = 1 - (F_{D,S,n} \times F_{D,C,n})$$

Günişliği tedarik çarpanı (EN 15193) ($F_{D,S,n}$) (Daylight supply factor):

Lokal iklim, aydınlık düzeyi bakım değeri ve günişliği çarpanına bağlı olarak belirlenen günişliği tedarik çarpanının hesaplanmasında izlenecek yol EN 15193 standardında yer almaktadır. Düşey cepheler için, enlemin (γ_{Site}) bir fonksiyonu olarak günişliği tedarik çarpanı, 38^0 - 60^0 kuzey enlemleri için aşağıdaki eşitlik ile kabaca belirlenebilir (1).

$$F_{D,S} = a + b \gamma_{\text{Site}}$$

Gerek aydınlık düzeyi bakım değeri ve günişliği girişi sınıflandırmasına göre a ve b katsayıları, gerekse kimi kentler için hesaplanmış günişliği tedarik çarpanları EN 15193 standardında bulunmaktadır. Aynı standartta tepe pencerelerine ilişkin de kimi kentler için yön, eğim, enlem, aydınlık düzeyi bakım değeri ve günişliği girişi sınıflandırmasına göre saptanmış günişliği tedarik çarpanlarına da yer verilmiştir.

Günişliğine bağlı lamba ışığı kontrol çarpanı ($F_{D,C,n}$) (Daylight control factor):

Bu çarpan, bir kontrol sisteminin verilmiş artırım potansiyelini nasıl kullandığını tanımlar. Çizelge 2.2'de günişliği girişine bağlı $F_{D,C}$ çarpanları verilmiştir (1).

Çizelge 2.2 Aydınlatma kontrol sistemi ve günışığı girişine bağlı $F_{D,C,n}$ değerleri

Aydınlatma kontrol sistemi	Günışığı girişinin fonksiyonu olarak $F_{D,C}$		
	zayıf	orta	güçlü
Elle	0.20	0.30	0.40
Otomatik, günışığına bağlı	0.75	0.77	0.85

Günışığı çarpanı (D_c) (Daylight factor):

Düşey pencereli hacimlerde hacme günışığı girişine bağlı olarak günışığı çarpanı sınıflandırması Çizelge 2.3'te gösterildiği gibi yapılmaktadır.

Çizelge 2.3 Günışığı çarpanına bağlı olarak hacme günışığı girişi (2)

Sınıflandırma - D_c	Günışığı girişi
$D_c \geq \% 6$	Güçlü
$\% 6 > D_c \geq \% 4$	Orta
$\% 4 > D_c \geq \% 2$	Zayıf
$D_c < \% 2$	Yok

Günışığı tedarik çarpanı (DIN 18599-4) ($C_{TL, Vers,j}$) (Daylight supply factor):

Günışığı tedarik çarpanı, dış çevrenin ıslıklılık koşulları, yapının yönü, yapı yüzünde kullanılan elemanların optik ve kontrol özelliğine bağlı olarak ışığın hacim içindeki dağılımı ile ilgilidir. Günışığı tedarik çarpanı, güneş ışıınımları ve/ya da kamaşmaya karşı koruma sistemlerinin çalıştırıldığı ya da çalıştırılmadığı duruma göre ayrı ayrı hesaplanmaktadır. Güneş ışıınımları ve/ya da kamaşmaya karşı koruma sistemi güneş ışıınımları doğrudan yapı yüzüne geldiğinde çalıştırılır. Söz konusu çarpan ilgili standartta verilen formüller aracılığı ile hesaplanabilir ya da bu standartta yer alan örnek koşullar için hazırlanmış tablolardan yararlanılabilir. Güneş ışıınımları ve/ya da kamaşmaya karşı koruma sistemlerinin çalıştırılmadığı durum için verilen örnek günışığı tedarik çarpanlarının hesabında yapı yüzünün baktığı yön, camın ışık geçirme çarpanı ve günışığı çarpanına bağlı hacme günışığı girişi (Zayıf: % 3, Orta: % 5, Güçlü: % 8) dikkate alınarak yapılmıştır.

Güneş ışıınımları ve/ya da kamaşmaya karşı koruma sistemlerinin çalıştırıldığı durum için ise dört örnek koşula ilişkin günışığı tedarik çarpanı belirlenmiştir (Çizelge 2.4).

Çizelge 2.4 Yapı yüzünde kullanılan elemanlara bağlı olarak belirlenmiş günüşiği tedarik çarpanları (2)

Sistem çözümü		Günüşiği tedarik çarpanı
1	Yalnız kamaşmaya karşı koruma: El ile çalıştırılan jaluzileri kapsar.	0.15
2	Günüşiği koşullarına göre otomatik olarak çalışan güneş ışınlmaları ve/ya da kamaşmaya karşı koruma sistemleri: Tam kapalı olduğu duruma göre daha fazla ışık girmesini sağlamak üzere otomatik olarak hafifçe açılan jaluzi.	0.4
3	Işık yönlendiren sistemler	0.6
4	Güneş ışınlmaları ve/ya da kamaşmaya karşı koruma yok	0.7

Güneş ışınlmaları ve/ya da kamaşmaya karşı koruma sisteminin çalıştığı (ya da çalışmadığı) sürenin sistemin toplam kullanım süresi içindeki bağıl oranının da hesaplarda dikkate alınması gerekmektedir. Söz konusu bağıl süre yönlerine göre ilgili standartta Çizelge 2.5’deki gibi belirlenmiştir.

Çizelge 2.5 Güneş ışınlmaları ve/ya da kamaşmaya karşı koruma sisteminin çalıştığı ve çalışmadığı bağıl sürenin yönlerine göre değişimi (2)

Bağıl süre	Yön		
	Güney	Doğu/Batı	Kuzey
Güneş ışınlmaları ve/ya da kamaşmaya karşı koruma sistemi çalışmıyor	0.67	0.8	1
Güneş ışınlmaları ve/ya da kamaşmaya karşı koruma sistemi çalışıyor	0.33	0.2	0

Aydınlık düzeyi bakım değeri (E_m) (Maintained illuminance) :

Bir aydınlatma döşeminin belli bir kullanma süresi sonunda yararlı düzlem üzerinde oluşturduğu ortalama aydınlık düzeyi (1).

Aydınlık düzeyi bakım değeri azalma çarpanı (Reduction factor for the visual task area): Aydınlık düzeyi bakım değerinin ne kadar azalmasına izin verildiğini tanımlayan çarpan. Bu çarpan, “çalışma bölgesinin bu bölgeyi çevreleyen çevre alanına oranına” ve “çalışma bölgesi için belirlenmiş aydınlık düzeyi bakım değerinin çevre alanı için aydınlık düzeyi bakım değeri oranına” bağlı olarak hesaplanır (2).

Değer düşme çarpanı, bakım faktörü (M_F) (Maintenance Factor)

Bir aydınlatma döşeminin, belli bir kullanma süresi sonunda yararlı düzlem üzerinde oluşturduğu ortalama aydınlık düzeyinin, bu aydınlatma döşemi yeni iken aynı

koşullarda aynı yararlı düzlem üzerinde oluşturmuş olduğu aydınlık düzeyine oranını gösteren çarpan (12).

DIALux ile ENERJİ DEĞERLENDİRMESİ

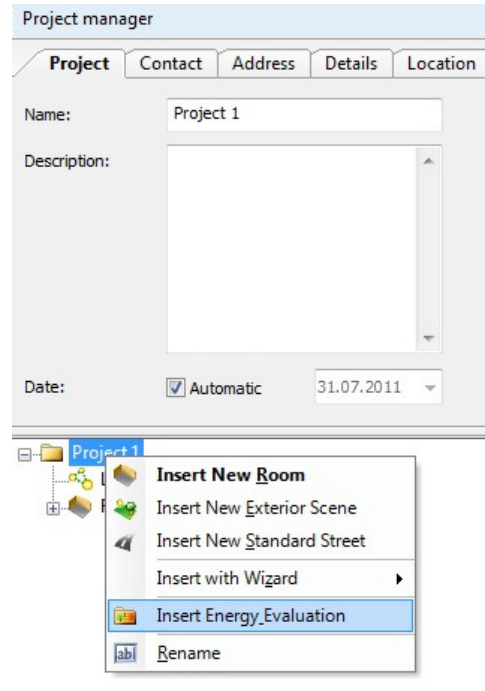
DIALux 4.9, DIAL GmbH tarafından ücretsiz olarak kullanıma sunulmuş bir aydınlatma programıdır. Türkiye’de yaygın olarak aydınlatma hesabı amacıyla kullanılan DIALux, içerdiği modül ile enerji değerlendirilmesi de yapılabilmektedir. Enerji değerlendirme modülüne DIALux programının içinden erişilmektedir. DIALux’de hazırlanan aydınlatma projesinde yapılan tüm değişiklikler otomatik olarak enerji değerlendirmesine de yansımaktadır.

DIALux programında, enerji değerlendirmesi EN 15193 ve DIN 18599 standartlarına göre yapmaktadır. Seçilen standarda göre ayrı ayrı değerlendirme yapılmaktadır.

3.1 Enerji Değerlendirme Projesinin Yaratılması

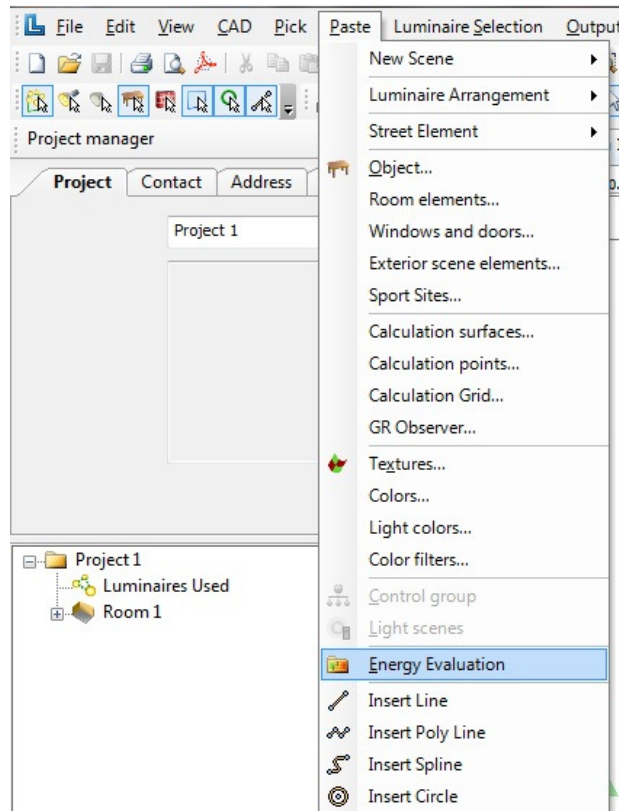
DIALux’teki bir projede enerji değerlendirmesi yapabilmek için, söz konusu projeye enerji değerlendirme eklenmelidir. Enerji değerlendirme projesi eklemek için üç yol bulunmaktadır:

a-Proje ağacında proje ismine sağ tıklanarak “Enerji Değerlendirmesi Ekle” (*Insert Energy Evaluation*) seçilebilir (Şekil 3.1).



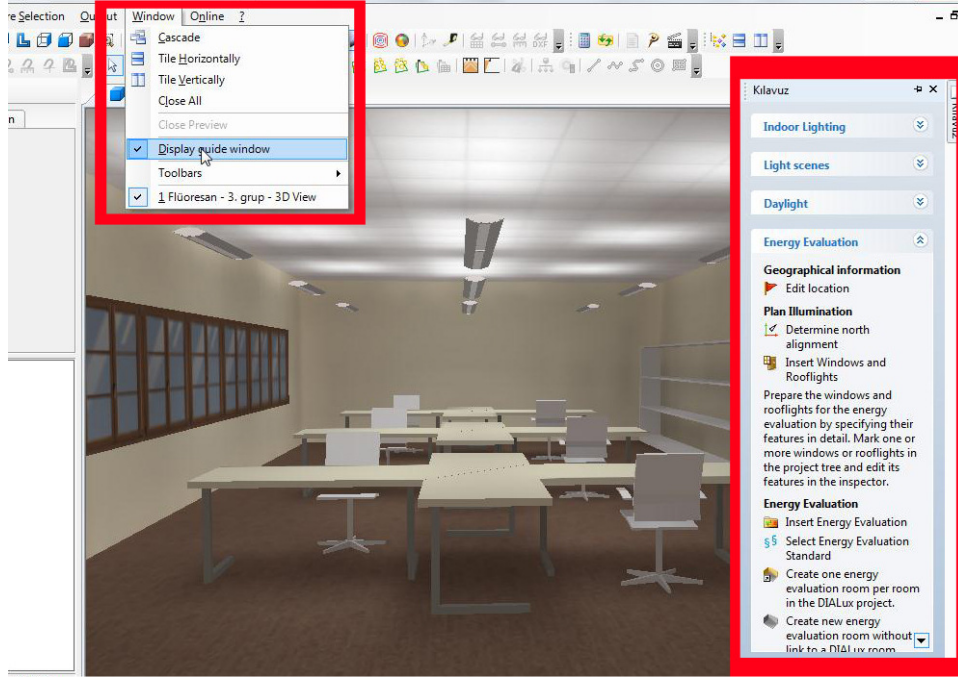
Şekil 3.1 Proje ağacı üzerinden enerji değerlendirmesi ekleme

b- Ana ekrandaki “Ekle” (Paste) sekmesinden, Enerji Değerlendirmesi” (Energy Evaluation) seçilebilir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Ekle menüsü üzerinden enerji değerlendirmesi ekleme

c- Ana menüde kılavuz penceresi Şekil 3.3’de sol çerçevede gösterildiği gibi açıldıktan sonra kılavuz penceresindeki “Enerji Değerlendirmesi” sekmesi üzerinde Enerji Değerlendirmesi Ekleme” (*Insert Energy Evaluation*) işaretlenmelidir.



Şekil 3.3 Kılavuz penceresi üzerinden enerji değerlendirme ekleme

Enerji değerlendirme için gerekli olan hacme ait bilgiler, eğer öncesinde tasarımcı tarafından programa girilmediyse, bu aşamada sorulmaktadır. DIALux içinde ilgili hacmin aydınlatma projesi oluşturulmuş ise, projelendirme aşamasında söz konusu bilgiler tanımlanmış olacağından enerji değerlendirme aşamasında ayrıca bilgi girişine gerek kalmamaktadır. Söz konusu bilgiler aşağıdaki başlıklar altında toplanmaktadır:

- Yer (*Location*)
- Yön (*Alignment*)
- Bakım planı yöntemi (*Maintenance plan method*)
- Hacim iç yüzeylerinin özellikleri (*Room surfaces properties*)
- Düşey pencereler ve tepe pencereleri (*Windows and rooflights*)
- Engel (*Obstruction*)

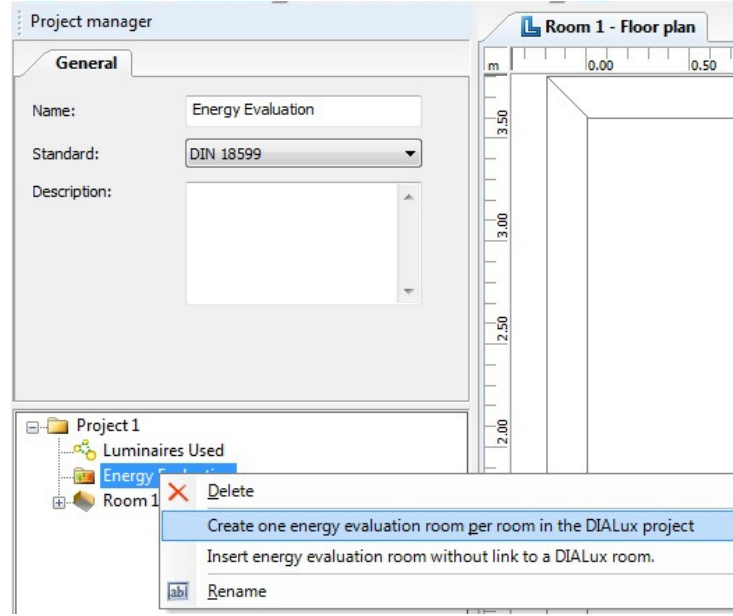
Enerji değerlendirmek için, enerji değerlendirme projesine, enerji değerlendirme hacimlerinin eklenmesi gerekir. Bu işlem,

1) Proje ağacındaki “enerji değerlendirme” butonuna tıklanarak (Şekil 3.4) ya da

2) Proje ağacı üzerindeki “hacim” butonuna tıklanarak (Şekil 3.5)

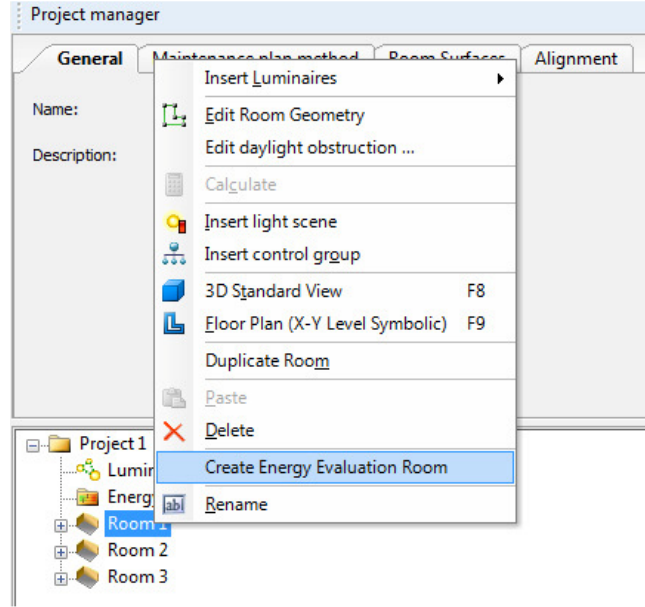
olmak üzere iki ayrı yöntemle yapılabilir.

Birinci yol ile bir DIALux projedeki tüm hacimlerin enerji değerlendirmesinde dikkate alınması sağlanır. Bu yol ile ayrıca DIALux projesi içindeki herhangi bir hacim ile bağlantısı olmayan enerji değerlendirme hacmi eklemek de olanaklıdır. Yani, bir hacmin aydınlatma planını yapmadan enerji gereksinimini değerlendirme olanağı vardır.



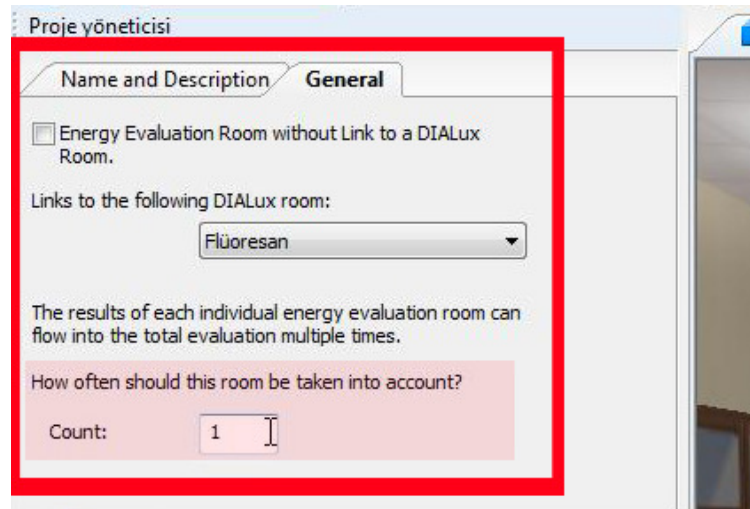
Şekil 3.4 Projedeki tüm DIALux hacimlerinin enerji değerlendirmesini kapsamına alınması

İkinci yöntem ile DIALux projesindeki tüm hacimlerin değil, istenen sayıdaki hacmin enerji değerlendirmesi kapsamına alınması sağlanabilir.



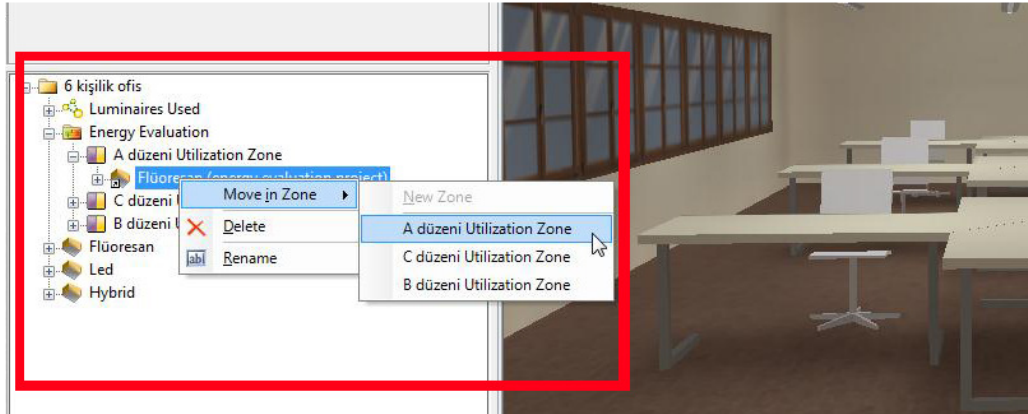
Şekil 3.5 Projedeki belli bir DIALux hacminin enerji değerlendirmesi kapsamına alınması

Her DIALux hacmi, yalnızca bir enerji değerlendirme hacmi ile bağlantılı olabilir. Fakat birden fazla hacim aynı enerji değerlendirmesinde hesaplanabilir. Örneğin ofis ya da eğitim yapılarında sıklıkla görülen, eş koşullara sahip hacimlerin olduğu durumlarda, hacimlerin her biri için ayrı ayrı işlem yapmaya gerek yoktur. Bu durumda, bir hacim için elde edilen hesaplama sonuçları hacim sayısı ile çarpılarak toplam sonuca yansıtılır. Bunun için yapılması gereken, Şekil 3.6’da görülen kutucuğa söz konusu hacimden kaç adet olduğunun yazılmasıdır.



Şekil 3.6 Enerji değerlendirme projesinde bir enerji değerlendirme hacminin kaç kez dikkate alındığının gösterilmesi

Her enerji değerlendirme hacmi bir “kullanım bölgesi”(utilisation zone) içinde yaratılır, ancak daha sonra isteğe göre başka bölgelere sürüklenebilir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 Bir enerji değerlendirme hacmi ve sürüklenebileceği başka bölgeler

Kullanım bölgeleri yalnızca enerji değerlendirme hacimleri eklendiğinde yaratılabilmektedir. Aynı kullanım koşullarının geçerli olduğu hacimleri bir genel kullanım profili (*utilisation profile*) altında toplamak ve enerji değerlendirme hacimlerini gruplayabilmek açısından önem taşımaktadır.

Her enerji değerlendirme hacmi, bir ya da daha çok sayıda “değerlendirme bölgesi” (*assessment zone*) içerir (Şekil 3.8). Değerlendirme bölgeleri, hacmin geometrik özellikleri ve günışığına bağlı koşullara göre otomatik olarak oluşturulur, silinemez ya da değiştirilemez (13). Değerlendirme bölgeleri birbiri üzerine binmez ve hepsinin toplamı hacmin döşeme alanını kapsar. Günışığı alıp almamaları durumuna göre farklı renklendirilen bölgeler, hacmin hem plan (2D) hem de perspektif (3D) görünümünde izlenebilir.



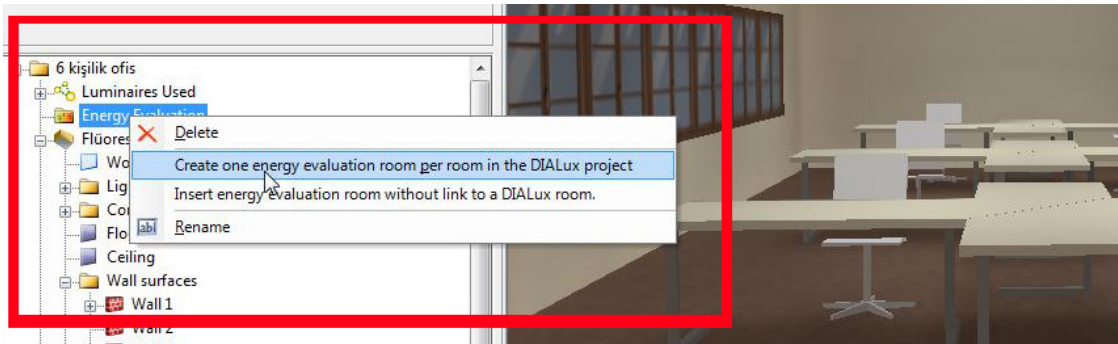
Şekil 3.8 Bir enerji değerlendirme hacmindeki farklı değerlendirme bölgelerinin 3D görünümü

Enerji değerlendirmesi, temelde değerlendirme bölgelerinde yapılır ve enerji gereksinimi bu bölgeler için hesaplanır. Enerji değerlendirme hacimleri, kullanım

bölgeleri ya da tüm enerji değerlendirme projesine ilişkin sonuçlar hep kapsadığı alt bölümlere ait sonuçların toplamından oluşmaktadır.

3.2 DIALux Projesi İçindeki Bir Hacme Bağlı ve Bağlı Olmayan Enerji Değerlendirme Hacimleri

3 bölümünde değinildiği gibi, enerji değerlendirme hacimleri, bir DIALux hacme bağlı ya da herhangi bir DIALux hacme bağlı olmadan da yaratılabilir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 Bir DIALux hacme bağlı olan enerji değerlendirme hacminin yaratılması

Enerji değerlendirme hacminin bir DIALux hacme bağlı olarak yaratılmasının birçok olumlu yanı vardır. Değerlendirme bir hacme bağlı olduğunda, DIALux hacmin geometrik özellikleri, kullanılan lamba/aydınlatma aygıtlarının özellikleri ve günışığından yararlanma koşulları enerji değerlendirme projesinde tanımlanmaktadır. Ayrıca, aydınlatma tasarımındaki olası değişiklikler, enerji değerlendirmesine otomatik olarak yansımaktadır. Bununla birlikte, DIALux hacmine enerji değerlendirme hacmi eklemeden önce projeye ilişkin tüm bilgilerin olabildiğince kesinleştirilmesi önerilmektedir. Böylece, enerji değerlendirmesinin ardından projede yapılan değişikliklere bağlı oluşacak yeni değerlendirme bölgelerinin kontrol edilmesi ve gerekli düzenlemelerin yapılması için ek zaman harcamaya gerek kalmayacaktır.

Bir DIALux hacmine bağlı olmayan enerji değerlendirme hacmi yaratıldığında, hacim geometrisi, aydınlatma düzeni, günışığından yararlanma koşullarına ilişkin dikkate alınacak hiçbir bilgi bulunmadığından, gerekli tüm bu veriler kullanıcı tarafından tanımlanmalıdır. Bunun için izlenebilecek yollardan bir tanesi programa hacimlerin enerji gereksinimi doğrudan girmektir. Diğer yol ise programın enerji gereksiniminin hesaplanabilmesi için gerekli tüm değişkenlere ilişkin belirlemelerin kullanıcı tarafından yapılmasıdır (Şekil 3.10).

Project manager

on Calculate **Results** Power Times Control Occupan

Ground area: 20.00 m²

☒ Direct input of energy demands, ignore all parameters.

Energy demands

Lighting:	0.00	kWh/a
Parasitic (Standby):	0.00	kWh/a
Parasitic (Emergency):	0.00	kWh/a
Total:	0.00	kWh/a

Şekil 3.10 Herhangi bir hacme bağlı olmayan enerji değerlendirme hacmi

Herhangi bir hacme bağlı olmayan enerji değerlendirme hacmi yaratmanın temel amacı, aydınlatma tasarımı yapılmayacak olan ve başka kaynaklardan enerji gereksinimleri bilinen hacimleri toplam enerji değerlendirmesi altında bütünleştirmektir.

3.3 Değişkenlerin Ele Alınması

Her değerlendirme bölgesi için, o bölgenin enerji hesaplarını etkileyen bir dizi değişkene ilişkin ayarlamaların yapılması gerekmektedir.

DIALux, EN 15193 ve DIN 18599 standartlarından hangisi seçilirse enerji değerlendirmesini ona dayanarak yapmaktadır (Şekil 3.11).

Proje yöneticisi

General

Name: Energy Evaluation

Standard: EN 15193

Description:

Şekil 3.11 Enerji Değerlendirmesinin yapılacağı standardın seçimi

İki standarttaki değişkenlerin program tarafından ele alınışı kısmen farklılık göstermektedir. 7. bölümde detaylı olarak anlatılacak olan bu farklılıklar, yalnızca bölüm farklılıklarını gösterme amaçlı hazırlanan Çizelge 3.1’de ve sorgu başlıklarındaki farklılıkları gösteren Çizelge 3.2’de olduğu gibi özetlenebilir.

Çizelge 3.1 DIALux programında EN15193 ve DIN 18599 Standartlarına göre ele alınan değişkenler

EN 15193		DIN 18599	
Günlüğü alan bölge	Günlüğü almayan bölge	Günlüğü alan bölge	Günlüğü almayan bölge
Hesaplama	Hesaplama	Hesaplama	Hesaplama
Güç	Güç	Güç	Güç
Süreler	Süre	Süreler	Süre
Denetim	Denetim	Denetim	Denetim
Varlık	Varlık	Varlık	Varlık
Günlüğü	-	Günlüğü	-
Yapı yüzü	-	Yapı yüzü	-
-	-	Lamba ışığı	-
-	-	Kamaşma kontrolü	-

Çizelge 3.2 Sorguların kullanılan standarda göre gösterdiği farklılık

DIALux		EN15193		DIN 18599	
		Günişiğı alan bölge	Günişiğı almayan bölge	Günişiğı alan bölge	Günişiğı almayan bölge
GÜÇ	Aydınlatma aygıtlarının toplam gücü	•	•	•	•
	Öngörülen çalışma süresine ilişkin azalma çarpanı	-	-	•	•
	Lambalar sönmük iken aydınlatma kontrolünün parazitik gücü	•	•	-	-
	Acil durum aydınlatması şarj gücü	•	•	-	-
SÜRELER	Yıllık gündüz kullanım süresi (h)	•	•	•	•
	Yıllık gece kullanım süresi (h)	•	•	•	•
	Acil durum aydınlatması şarj süresi	•	•	-	-
DENETİM	Sabit aydınlık düzeyi çarpanı	•	•	•	•
	Değer düşme çarpanı	•	•	•	•
VARLIK	Varlığa bağlı çarpan	•	•	•	•
	Yokluk çarpanı	•	•	•	•
	Varlık kontrolü çarpanı	•	•	•	•
GÜNIŞIĞI	Günişiğına bağlı çarpan	•	•	•	-
	Günişiğı tedarik çarpanı	•	-	•	-
	Günişiğına bağlı lamba ışığı kontrol çarpanı	•	-	•	-
	Günişiğına bağlı lamba ışığı kontrol sistemi varlığı	•	-	•	-
LAMBA IŞIĞI	Günişiğına bağlı lamba ışığı aydınlatma kontrol sistemi	-	-	•	-
KAMAŞMA KONTROLÜ	Güneş/Kamaşma Kontrolü çalışmazken ki günişiğı tedarik çarpanı	-	-	•	-
	Güneş/Kamaşma Kontrolü çalışırken ki günişiğı tedarik çarpanı	-	-	•	-
	Güneş/Kamaşma Kontrolünün çalıştığı sürenin toplam çalışma süresine oranı	-	-	•	-
	Güneş/Kamaşma Kontrolü Türü	-	-	•	-
YAPI YÜZÜ	Düşey yapı yüzü için günişiğı girişinin sınıflandırılması	•	-	•	-
	Bakım faktörü	•	-	•	-

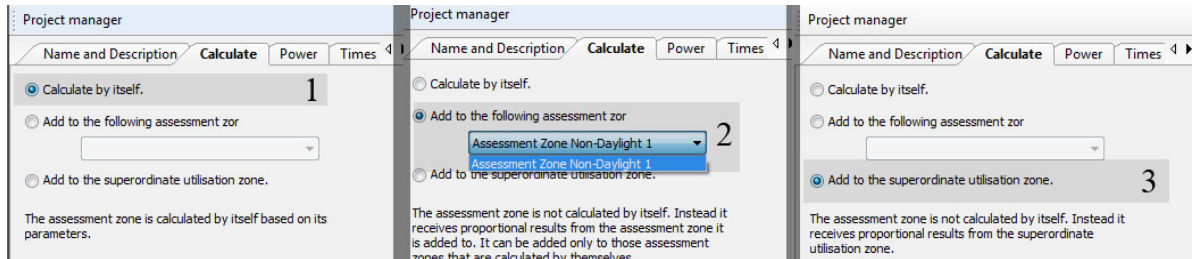
3.3.1 EN 15193 Standardına Göre Değişkenler

EN 15193 Standardında kullanılan değişkenlerin sorgusu farklı bölümler altında yapılmaktadır.

3.3.1.1 Hesaplama

Değerlendirme bölgelerinden biri (günüşiği alan/almayan bölgeler) tıklandığında proje yöneticisindeki 'hesaplama' (*calculate*) sekmesi içinde üç ayrı seçenek çıkmaktadır (Şekil 3.12):

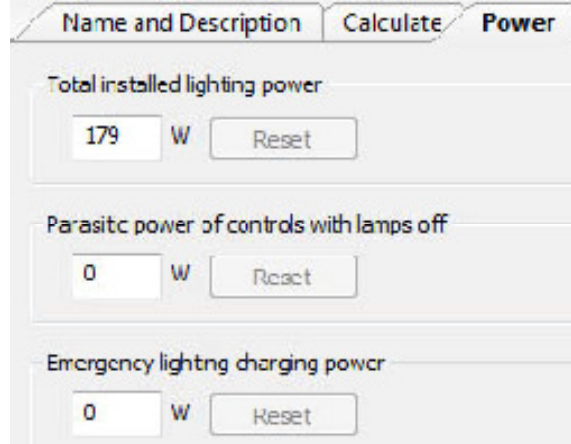
- Kendi başına hesaplama (*calculate by itself*): Seçilen bölge, ait olduğu kullanım bölgesi içinde değerlendirilir. Seçilen enerji değerlendirmesi standardına ait sınırlamalar dikkate alınmamaktadır. Enerji değerlendirmesi seçilen kullanım bölgesine ait değerlerle yapıldığı için, bu çalışmada bu seçenek kullanılarak hesaplar yürütülmüştür.
- Belirtilen bölgenin değerlendirmesine ekleme (*add to the following assesment zone*): Bölge kendi kullanım profilinde değil, eklendiği kullanım bölgesine ait değerlerle hesaplanır. Eklenen bölgenin sonuçları orantılı olarak bu bölgeye aktarılır (3). Bir bölge, yalnızca 'kendi başına hesaplanan başka bölgelere eklenebilir.
- Üst kullanım bölgesine ekleme (*add to the superordinate utilisation zone*): Bölge kendi başına hesaplanmaz. Bunun yerine üst kullanım bölgesinin sonuçları orantılı olarak bu bölge için geçerli olur (13).



Şekil 3.12 Hesaplama sekmesindeki seçenekler

3.3.1.2 Güç

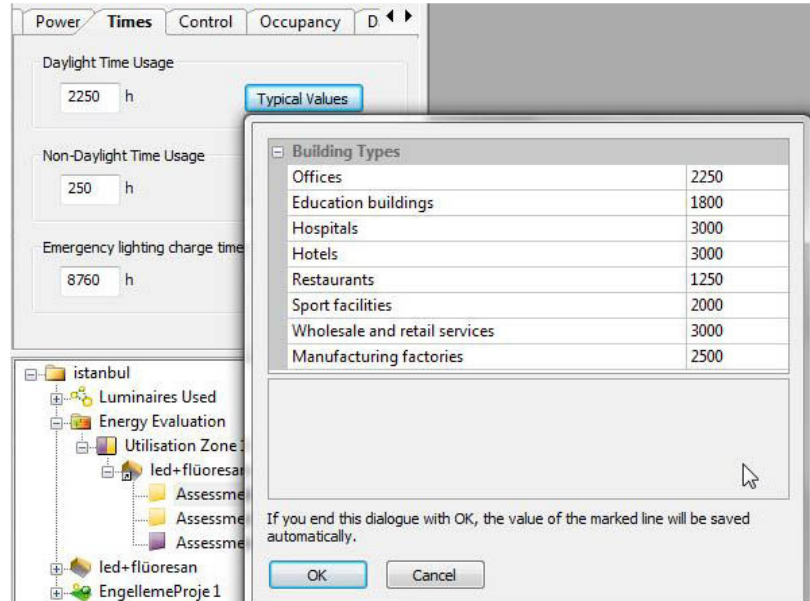
Güç (*power*) sekmesinde girilmesi gereken bilgiler, aydınlatma kontrolünün toplam gücü, lambalar sönmüş iken aydınlatma kontrolünün parazitik gücü ve acil durum aydınlatması şarj gücüdür (Şekil 3.13).



Şekil 3.13 Güç sekmesinde girilmesi istenen bilgiler

3.3.1.3 Süreler

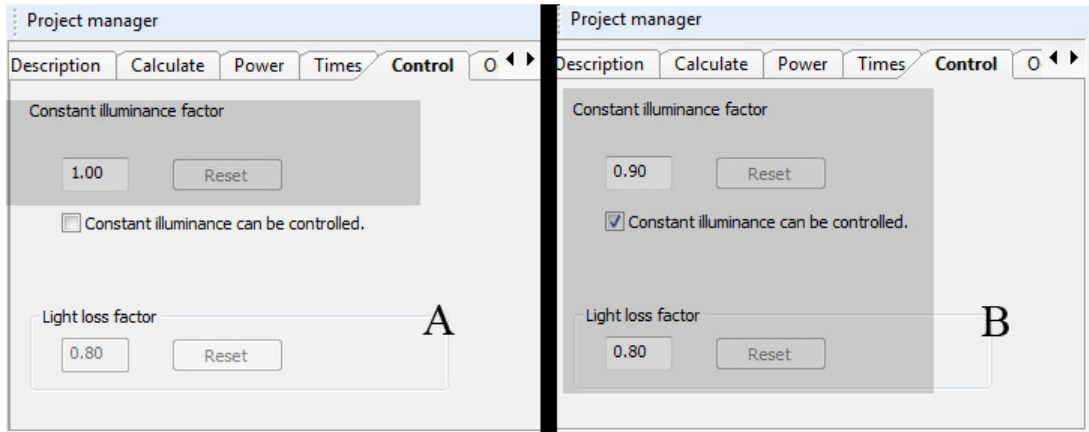
Süreler (*times*) sekmesinde saat cinsinden yıllık, gündüz kullanım süresi, yıllık gece kullanım süresi, acil durum aydınlatması şarj süresinin girilmesi gerekmektedir. İstenirse standartta belirtilen işlevlerden biri seçilerek, ilgili işleve ait kabul edilmiş değerler kullanılabilir (Şekil 3.14).



Şekil 3.14 Süreler sekmesinde girilmesi istenen bilgiler

3.3.1.4 Denetim

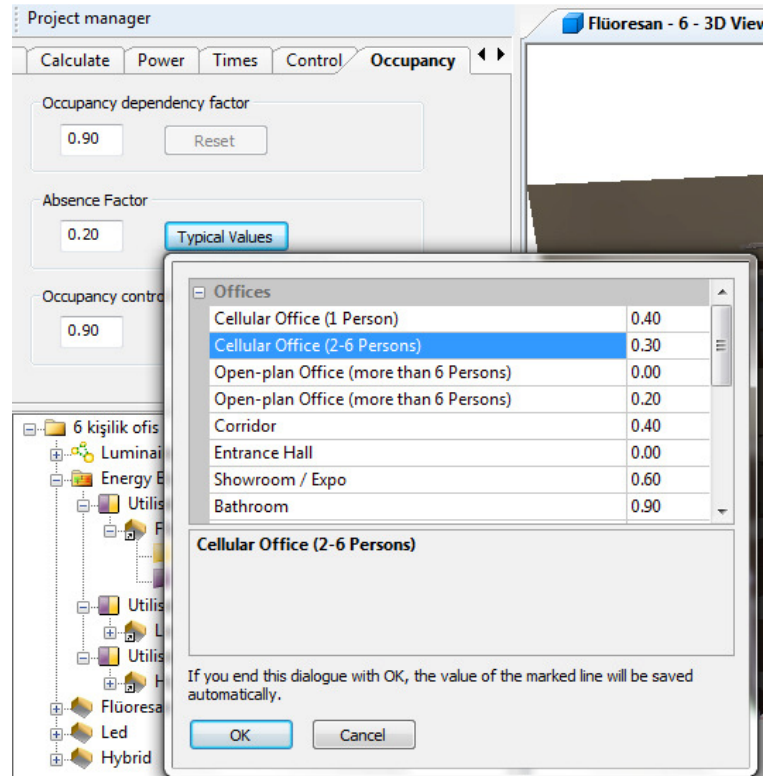
DIALux projede aydınlatma projesi oluşturulurken veri olarak girilmiş olan değer düşme çarpanı otomatik olarak denetim (*control*) sekmesinde görünmektedir. Dimmerlemenin yapılabildiği bir aydınlatma düzeninde kontrollü sabit aydınlık isteniyor ise bu sekmedeki 'sabit aydınlık kontrol edilebilir' kutucuğu işaretlenmelidir. Bu durumda, tanımlanmış değer düşme çarpanı dikkate alınarak sabit aydınlık çarpanı (*constant illuminance factor*) otomatik olarak hesaplanmaktadır. Dimmerleme yapılmıyor ise bu sekmede herhangi bir işlem yapılması zorunlu değildir (Şekil 3.15).



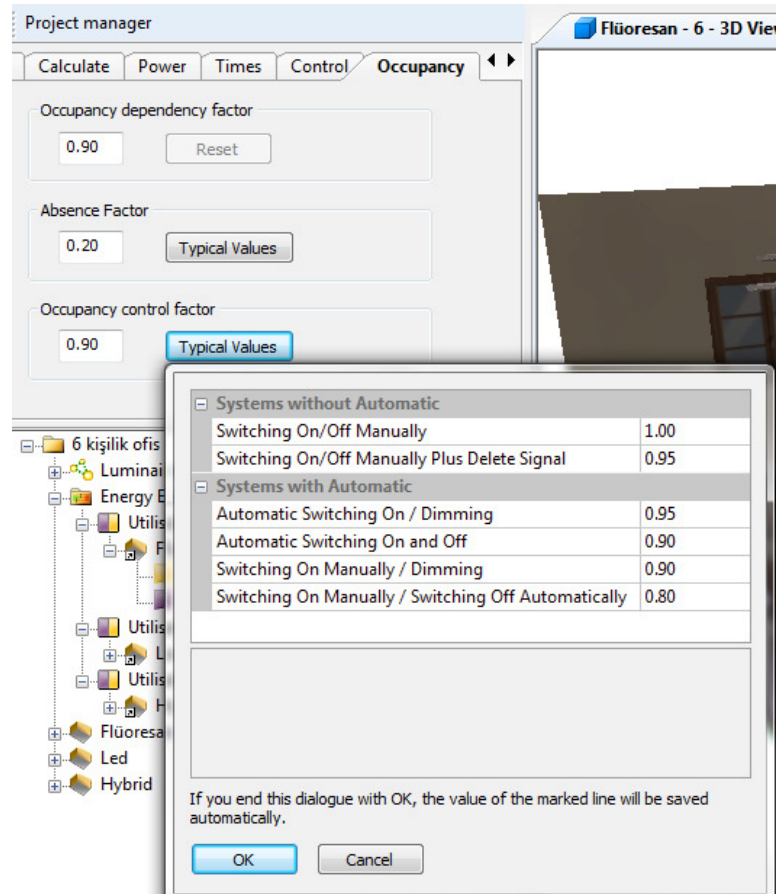
Şekil 3.15 Denetim sekmesinde girilmesi istenen bilgiler

3.3.1.5 Varlık

Varlık (*occupancy*) sekmesinde, varlığa bağlı çarpan (*occupancy dependency factor*), yokluk çarpanı (*absence factor*) ve varlık kontrolü çarpanı (*occupancy control factor*) bilgilerinin işlenmesi gereklidir. Varlığa bağlı çarpan, çeşitli koşullar için geliştirilmiş olan ve EN 15193 standardında yer alan eşitlikler ile doğrudan doğruya hesaplanabilir ya da yokluk çarpanı ve varlık kontrolü çarpanına yönelik yapılan seçimlere göre otomatik olarak program tarafından hesaplanır (Şekil 3.16-3.17).



Şekil 3.16 Yokluk çarpanının işleve göre seçilmesi



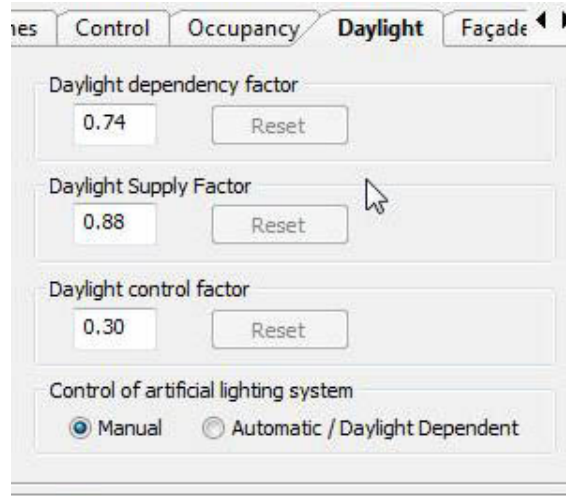
Şekil 3.17 Varlık kontrolü çarpanının aydınlatma kontrol sistemine göre seçilmesi

3.3.1.6 Günişığı

Günişığı (*daylight*) sekmesinde işlenmesi istenen bilgiler şunlardır:

- günişığına bağlı çarpan (*daylight dependency factor*)
- günişığı tedarik çarpanı (*daylight supply factor*)
- günişığına bağlı lamba ışığı kontrol çarpanı (*daylight control factor*)

Günişığı tedarik çarpanına ilişkin, varsa projenin bulunduğu ile ait belirlenmiş değer girilir, yoksa programın proje yerine ilişkin bilgileri kullanarak otomatik olarak hesapladığı değer kabul edilir. Günişığına bağlı lamba ışığı kontrol çarpanı da yine program tarafından hacme ait tanımlanmış verilere dayanarak otomatik olarak hesaplanmaktadır. Bunun için, aydınlatma kontrolünün elle ya da otomatik olarak yapıldığına ilişkin sunulan iki seçenektan birinin seçilmesi gerekmektedir. Program, günişığı tedarik çarpanı ve günişığına bağlı lamba ışığı kontrol çarpanı için kullanıcı tarafından tanımlanan iki veriyi kullanarak sekmedeki üçüncü veri olan 'günişığına bağlı çarpan'ı otomatik olarak hesaplamaktadır (Şekil 3.18).



Şekil 3.18 Günişığı sekmesinde girilmesi istenen bilgiler

3.3.1.7 Yapı Yüzü

Yapı yüzü (*facades*) sekmesinde, düşey pencereli hacimlerde hacme günişığı girişine bağlı olarak yapılmış sınıflandırmadaki seçeneklerden hacme ait olan veri ve aydınlık düzeyi bakım değeri açısından hacimde sağlanması hedeflenmiş olan değer program tarafından seçilmiş olarak görünmektedir. Ancak, isteniyor ise enerji değerlendirmesi aşamasında bu verilerin değiştirilmesine olanak tanınmaktadır (Şekil 3.19).

Project manager

Times Control Occupancy Daylight Façades

Classification of daylight penetration for vertical façades:

Good (DC >= 6%) Reset

Daylight factor, building shell opening (approximation acc. norm): 7.2 %

Effective light transmission factor: 0.52

Maintenance 300 lx Reset

Latitude: 41.00° (from location of the project)

Şekil 3.19 Yapı yüzü sekmesinde girilmesi istenen bilgiler

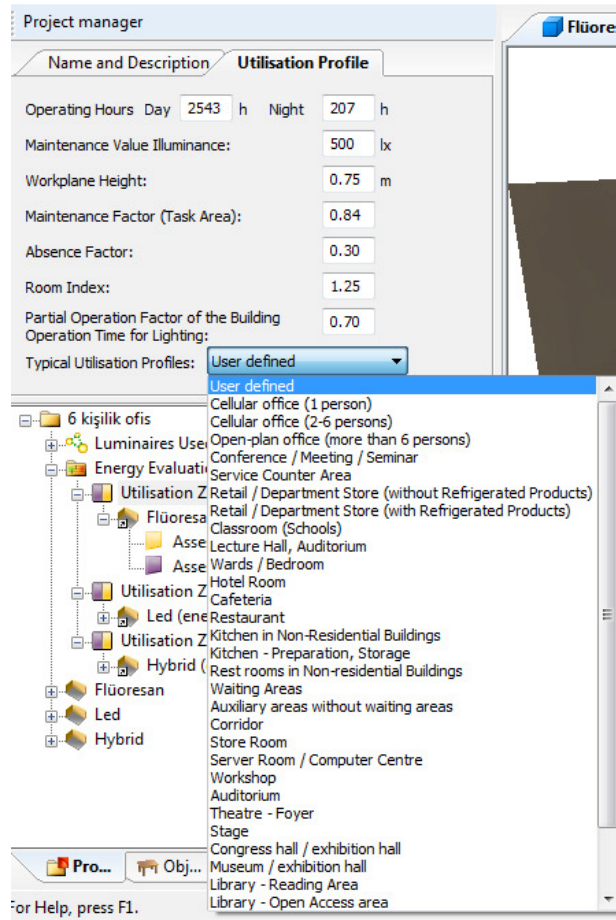
3.3.2 DIN 18599 Standardına Göre Değişkenler

DIN 18599 standardına göre enerji değerlendirmesi yapılırken EN 15193 standardında olduğu gibi hacme ilişkin aydınlatma tasarımında girilen değerler kullanılır. DIN 18599 standardında, EN15193 standardından farklı olarak işleve bağlı belirlenmiş olan çalışma saatleri, yokluk çarpanı gibi değişkenlerin bulunduğu “kullanım profili” vardır. Enerji değerlendirmeye yönelik veriler tanımlanırken, kullanım profilinde söz konusu işlev için önerilmiş olan değerler kullanılabildiği gibi, bunlardan farklı, kullanıcı tarafından tanımlanmış olan değerlerin girilmesi de olanaklıdır (Şekil 3.20).

Kullanım profili içinde girilmesi istenen bilgiler şunlardır:

- Hacmin kullanım süresi (gündüz/gece)
- Sağlanması hedeflenmiş aydınlık düzeyi
- Çalışma düzlemi yüksekliği
- Değer düşme çarpanı
- Yokluk çarpanı
- Yer indisi
- Öngörülen çalışma süresine ilişkin azalma çarpanı

Bu bilgilere, programın farklı sekmelerinde karşılaşılmakta ancak ilgili sekmede herhangi bir değişiklik yapılmasına izin verilmemektedir. Değişiklikler ancak kullanım profili üzerinde yapılabilir.



Şekil 3.20 DIN 18599'a göre bir kullanım bölgesinin kullanım profili

Bu standarda göre belirlenecek değişkenlerden “Hesaplama”, “Denetim” ve “Yapı Yüzü” sekmelerinde izlenmesi gereken yol, EN 15193 standardında açıklanan yol ile aynıdır. “Güç”, “Süreler”, “Varlık” ve “Güneşliği” sekmelerindeki değerler doğrudan doğruya kullanım profilinden otomatik olarak aktarılarak gelmektedir. Bu değişkenlere yönelik yapılması istenen değişiklikler var ise, bu işlemin kullanım profili üzerinden yapılması gerekmektedir.

EN 15193 standardında olmayan ve kullanım profilindeki değerlerle belirlenmemiş iki sekme olan “Lamba Işığı” ve “Kamaşma Kontrolü” sekmeleri aşağıda anlatılmıştır.

3.3.2.1 Lamba Işığı

Hacimde var olan lamba ışığı (*artificial light*) kontrolü ile ilgili olarak;

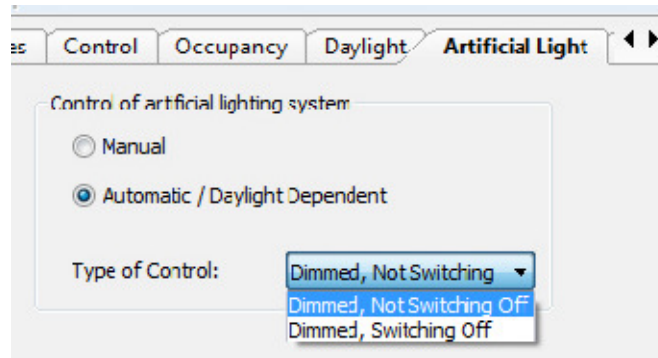
- el ile kontrol
- güneşliğine bağlı olarak otomatik kontrol

olmak üzere iki seçenekten biri seçilmelidir.

Eğer günışığına bağlı olarak otomatik kontrol seçeneği seçilirse, günışığının varlığına bağlı olarak lamba ışığı ile oluşan aydınlığın;

- dimmerlenerek en alt düzeye değin düşürülmesi, ancak lambaların kapatılmaması (stand-by durumu) ya da
- dimmerlenerek en alt düzeye değin düşürülmesi ve peşinden lambaların otomatik olarak kapatılması

seçeneklerinden biri tercih edilmelidir (Şekil 3.21). Stand-by durumunda söz konusu olan elektrik enerjisi tüketimi nedeniyle enerji kayıpları olacağı açıktır.



Şekil 3.21 Lamba ışığı kontrol sistemi seçimi

3.3.2.2 Güneş/Kamaşma Kontrolü

Bu sekmede, güneş ışınimleri ve/veya kamaşmaya karşı koruma (*glare shield*) sistemlerinin;

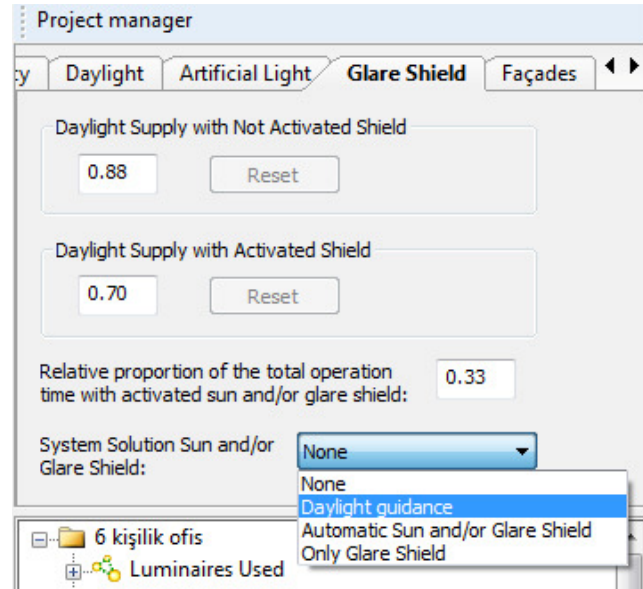
- çalıştığı (güneşin yapı yüzüne gelmesi durumu) ya da
- çalışmadığı (güneşin yapı yüzüne düşmemesi durumu)

duruma göre günışığı tedarik çarpanının belirlenmesi gerekmektedir. Söz konusu koruma sistemlerinin çalışmadığı durum için günışığı tedarik çarpanı hacme ait verilere dayanarak otomatik olarak hesaplanmaktadır. Güneş ışınimleri ve/veya kamaşmaya karşı koruma sistemlerinin çalıştığı durum için ise,

- koruma sistemi yok,
- ışık yönlendiren sistem var,
- otomatik güneş ve/ya da kamaşmaya karşı koruma var,
- yalnızca kamaşmaya karşı koruma var,

olarak verilmiş dört ayrı seçenekten birinin seçilmesi gerekmektedir.

Ayrıca, güneş ışınımları ve/ya da kamaşmaya karşı koruma sisteminin çalıştığı bağlı süre yapı yüzünün baktığı yöne göre program tarafından otomatik olarak saptanmaktadır (Şekil 3.22).

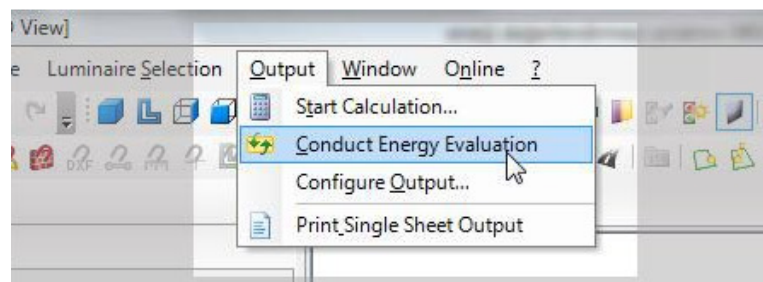


Şekil 3.22 Güneş ve/ya da kamaşmaya karşı koruma sistemi ile ilgili sorgular

3.4 Hesaplama ve Sonuçlar

Enerji değerlendirmesi hesaplarını yapmak için üç yol bulunmaktadır:

- a- Ana ekrandaki “Çıktılar” (*output*) sekmesinden “Enerji Değerlendirmesi Yap” (*conduct energy evaluation*) seçilebilir (Şekil 3.23).



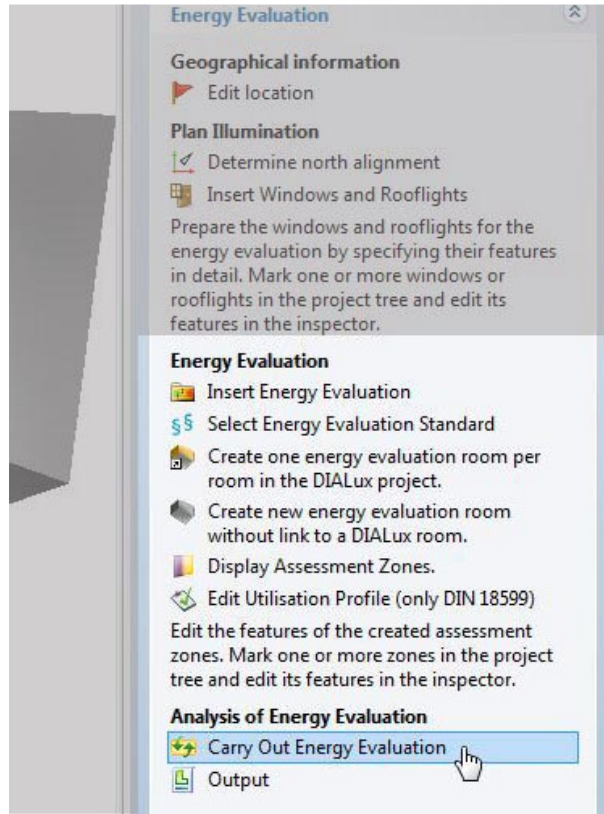
Şekil 3.23 Çıktılar menüsü üzerinden enerji değerlendirmesi başlatma

- b- Arayüzdeki ilgili kısayol işaretine tıklanabilir (Şekil 3.24).



Şekil 3.24 Kısayol işareti üzerinden enerji değerlendirmesi başlatma

- c- Kılavuz penceresinden “Enerji Değerlendirme Yap” (*carry out energy evaluation*) seçilebilir (Şekil 3.25).



Şekil 3.25 Kılavuz penceresi üzerinden enerji değerlendirmesi başlatma

3 bölümünde belirtildiği gibi, temel enerji değerlendirmesi “değerlendirme bölgesi” bazında gerçekleşmektedir. Her kullanım bölgesi için enerji gereksinimi, içerdiği enerji değerlendirme hacimlerinin sonuçlarının toplamından; her enerji değerlendirme hacminin enerji gereksinimi ise kapsadığı değerlendirme bölgelerine ilişkin sonuçların toplamından oluşur. Her durum için enerji gereksinimi yıllık olarak hesaplanır. Aylık değerler, yıllık değerlerin aylara göre belirlenmiş olan katsayılarla çarpılmasıyla elde edilir.

Başka bir ‘değerlendirme bölgesine’ ya da ‘kullanım bölgesine’ sürüklenmiş bir değerlendirme bölgesi için o bölgeye özel hesap yapılmamaktadır. Sonuçlar, ilgili değerlendirme bölgesi (ya da kullanım bölgesi) ve kendisine sürüklenen değerlendirme bölgesi arasında döşeme alanları ile orantılı olarak paylaştırılmaktadır. Bir değerlendirme bölgesinin bir başkasına sürüklenmiş olması, sürüklenen bölge ile ilgili yapılacak hesaplamalardan tasarruf edilmesini sağlamaktadır.

3.5 Enerji Değerlendirmesinin Belgelenmesi

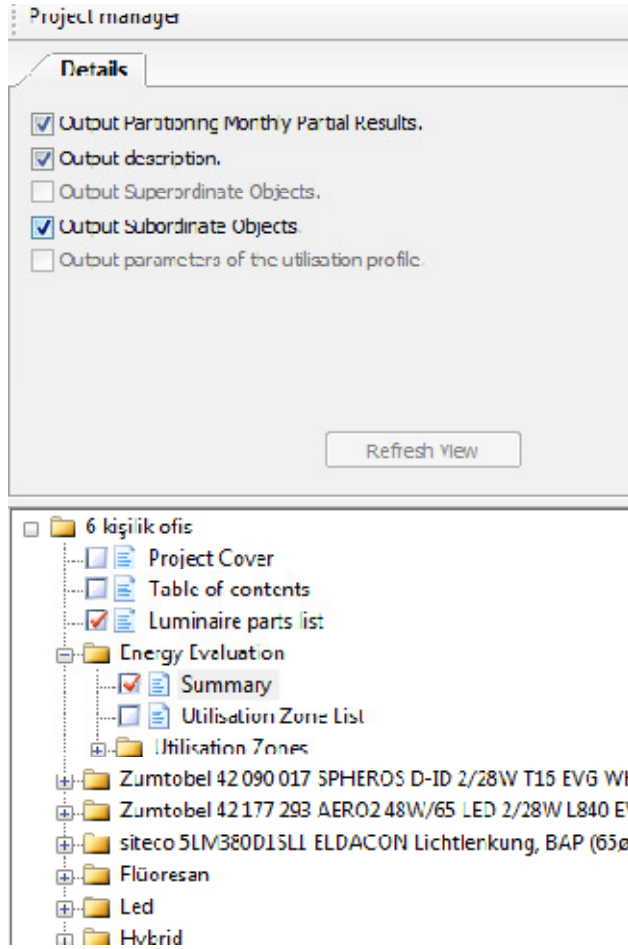
Aydınlatma için toplam enerji gereksinimi, AESG (AESG; Aydınlatma Enerjisi Sayısal Göstergesi), acil aydınlatma için harcanan güç ve parazitik güçler gibi başka büyüklükler, hem enerji değerlendirme projesi için hem de onu oluşturan alt birimler (kullanım bölgesi, enerji değerlendirme hacmi ve değerlendirme bölgesi) için de ayrı ayrı elde edilebilir. Her durum için aylık ve yıllık değerleri görmek olanaklıdır (Şekil 3.26).

Flüoresan (energy evaluation project) / Summary							
Energy Evaluation According to Following Standard: EN 15193							
Results							
Total Energy Lighting: 763.36 kWh/a							
LENI: 9.66 kWh/(a · m ²)							
Total Energy Visual Task: 724.84 kWh/a							
Total Energy Parasitic (Total): 38.52 kWh/a							
Total Energy Parasitic (Standby): 38.52 kWh/a							
Total Energy Parasitic (Loading the Emergency Lighting): 0.00 kWh/a							
Total Area: 79.06 m ²							
Monthly Results							
Month	Lighting		Visual Task		Parasitic		
	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh]	[kWh/m ²]	
Jan	74.31	0.94	71.10	0.90	3.21	0.04	
Feb	65.50	0.83	62.29	0.79	3.21	0.04	
Mar	60.47	0.76	57.26	0.72	3.21	0.04	
Apr	57.95	0.73	54.74	0.69	3.21	0.04	
May	57.32	0.73	54.11	0.68	3.21	0.04	
Jun	57.32	0.73	54.11	0.68	3.21	0.04	
Jul	57.32	0.73	54.11	0.68	3.21	0.04	
Aug	58.58	0.74	55.37	0.70	3.21	0.04	
Sep	60.47	0.76	57.26	0.72	3.21	0.04	
Oct	65.50	0.83	62.29	0.79	3.21	0.04	
Nov	71.79	0.91	68.58	0.87	3.21	0.04	
Dec	77.46	0.98	74.25	0.94	3.21	0.04	

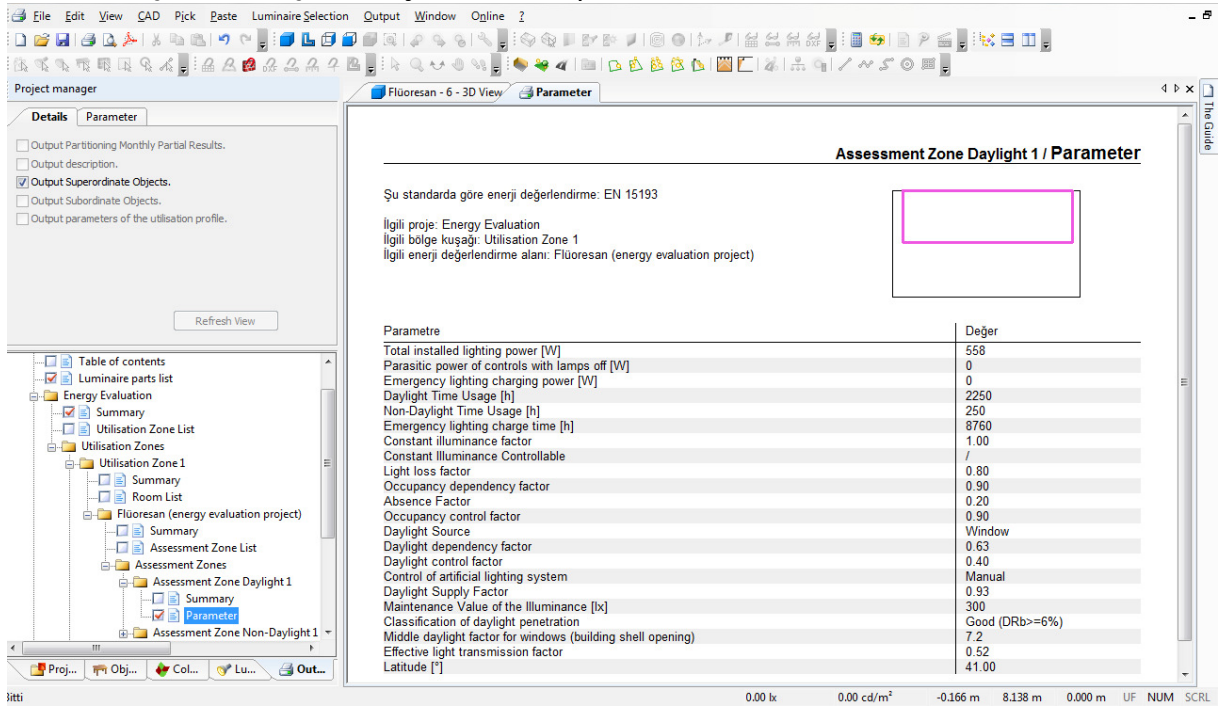
This energy evaluation room is linked to the following DIALux room: Flüoresan
Number of Instances: 1 (In the total evaluation this room is taken into account multiple times.)
Accompanying Project: Energy Evaluation
Accompanying Utilisation Zone: Flüoresan
List of the Participating Assessment Zones:
• Assessment Zone Daylight 1
• Assessment Zone Non-Daylight 1

Şekil 3.26 Enerji değerlendirme projesinin çıktısına örnek

Kullanıcının çıktılar arasında hangi detayları görmek istediğini belirleme olanağı vardır (Şekil 3.27-3.28).



Şekil 3.27 Çıktılar için istenen ayrıntıların belirtilmesine örnek



Şekil 3.28 Bir değerlendirme hacmine ait yapılan belirllemelerin izlenmesi

BÖLÜM 4

ReluxEnergy ile ENERJİ DEĞERLENDİRMESİ

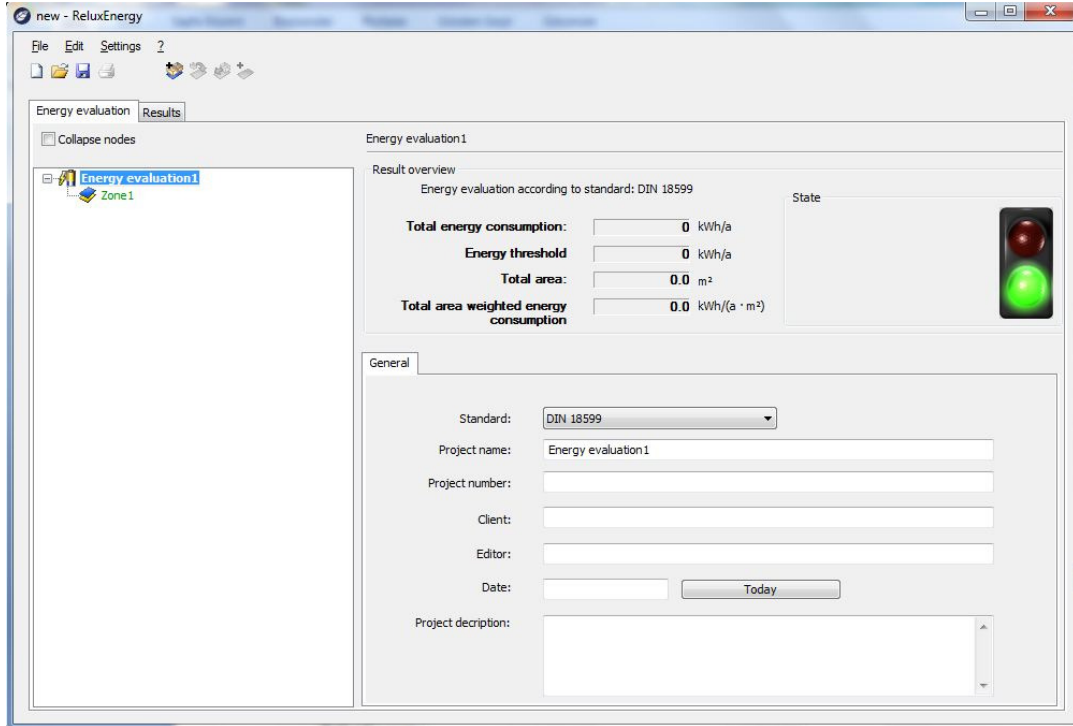
ReluxSuite; Relux Informatik AG tarafından sunulmuş, ReluxPro, Tunnel, ReluxEnergy, ReluxOffer, ReluxCAD, ReluxTools, ReluxAdmin, ReluxLum programlarını içeren bir pakettir. Enerji değerlendirmesi yapmak için aydınlatma programı olan ReluxPro ve enerji değerlendirme programı olan ReluxEnergy programları birlikte kullanılmalıdır. ReluxEnergy ile hesap yapabilmek için, ReluxPro'da oluşturulmuş aydınlatma projesine ait dosyaların ReluxEnergy'e aktarılması gerekmektedir.

Aktarma işleminin ardından, enerji değerlendirmesinde gereken enerji tüketimine ilişkin bilgilerin girilmesi gerekmektedir. RELUXPro'da yapılan tüm değişiklikler, referans dosya taşınmadığı ya da silinmediği sürece ReluxEnergy'e otomatik olarak aktarılmaktadır (14).

ReluxEnergy, EN 15193 ve DIN 18599 olmak üzere iki ayrı standarda göre hesap yapmaktadır. Kullanıcının enerji değerlendirmesi yapmak için bu iki standarttan birini seçmesi gerekmektedir.

DIN 18599 standardı kullanılarak yapılan enerji değerlendirmesinde, mevcut enerji tüketimine ek olarak söz konusu standart uyarınca işleve göre belirlenmiş olan yıllık enerji tüketiminin sınır değerini aşp aşmadığı da gözlenebilmektedir. Eğer enerji tüketimi, DIN 18599'da belirlenen sınırın üzerinde ise ReluxEnergy arayüzündeki lamba kırmızı, sınırın altında ise yeşil olarak belirlemektedir (Şekil 4.1).

EN 15193 standardında, işleve göre yıllık enerji tüketimine ilişkin aşılmaması gereken değerler tanımlanmamıştır. Bu nedenle EN 15193 standardı seçildiğinde programda bu açıdan bir uyarı bulunmamaktadır.



Şekil 4.1 ReluxEnergy Arayüzü (DIN 18599 standardı seçili iken)

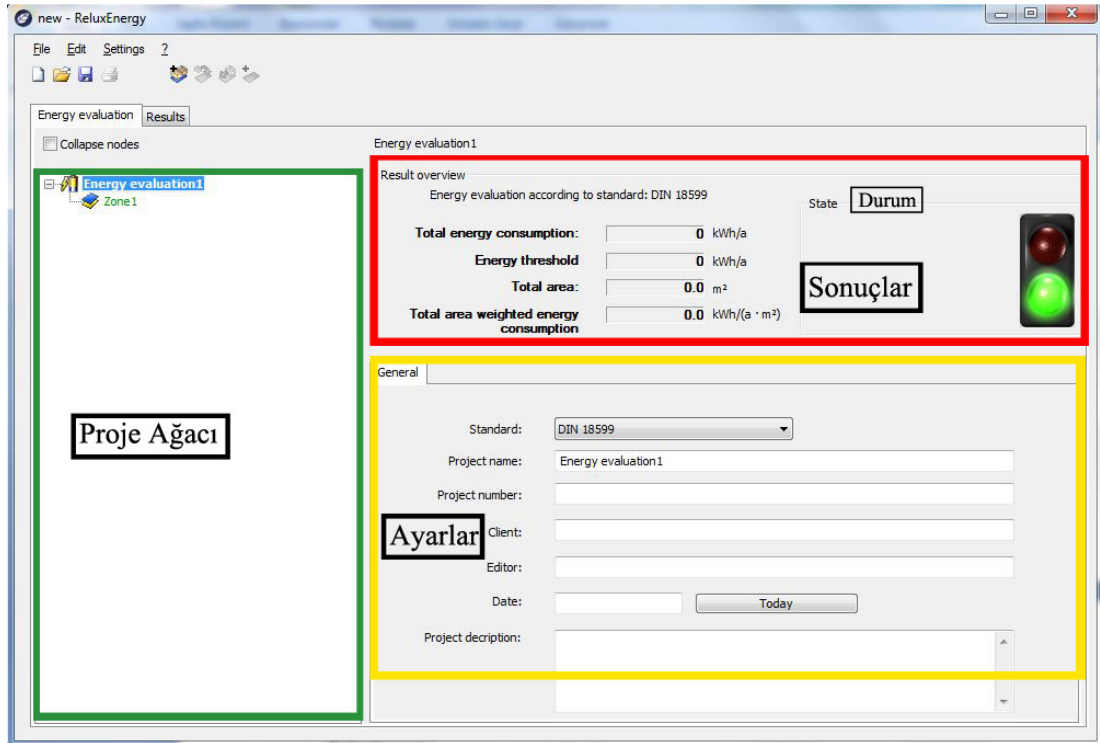
ReluxEnergy'nin;

- Enerji değerlendirmesi (*Energy Evaluation*)
- Çıktılar (*Results*)

olmak üzere iki sekmesi bulunmaktadır (Şekil 4.1).

Enerji değerlendirme penceresi ise Şekil 4.2'de görüldüğü üzere kendi içinde üç farklı bölüme ayrılmıştır;

- Proje Ağacı: Bütün hacimler ve hacimler içindeki günışığı alan ve almayan bölgeler bu bölümde gösterilmektedir (Yeşil çerçeve).
- Ayarlar: Proje ve bölgeleri ile ilgili bilgilerin girildiği bölüm (Sarı çerçeve).
- Sonuçlar: Proje, hacimler ve bölgeler ile ilgili özet sonuçların görüntülendiği bölüm (Kırmızı çerçeve).

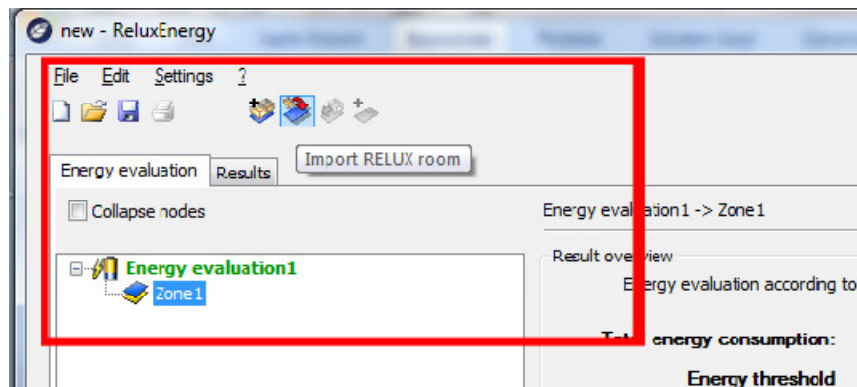


Şekil 4.2 Enerji değerlendirme sekmesi

4.1 Enerji Değerlendirme Projesinin Yaratılması

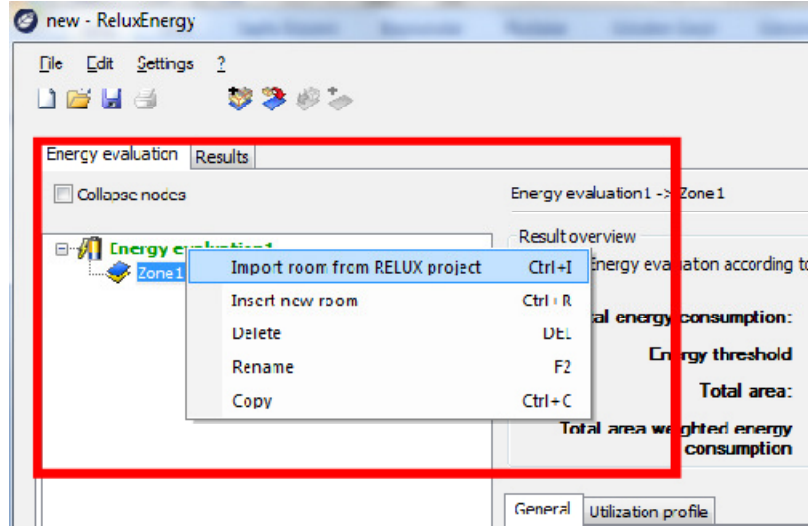
ReluxEnergy’de yeni bir proje açıldıktan sonra önceden hazırlanmış olan Relux projesi programa aktarılmalıdır. Bunun için üç ayrı yol bulunmaktadır;

- Ana menüden “Relux odası getir” (*import RELUX room*) tıklanarak mevcut proje ReluxEnergy’e aktarılabilir (Şekil 4.3).



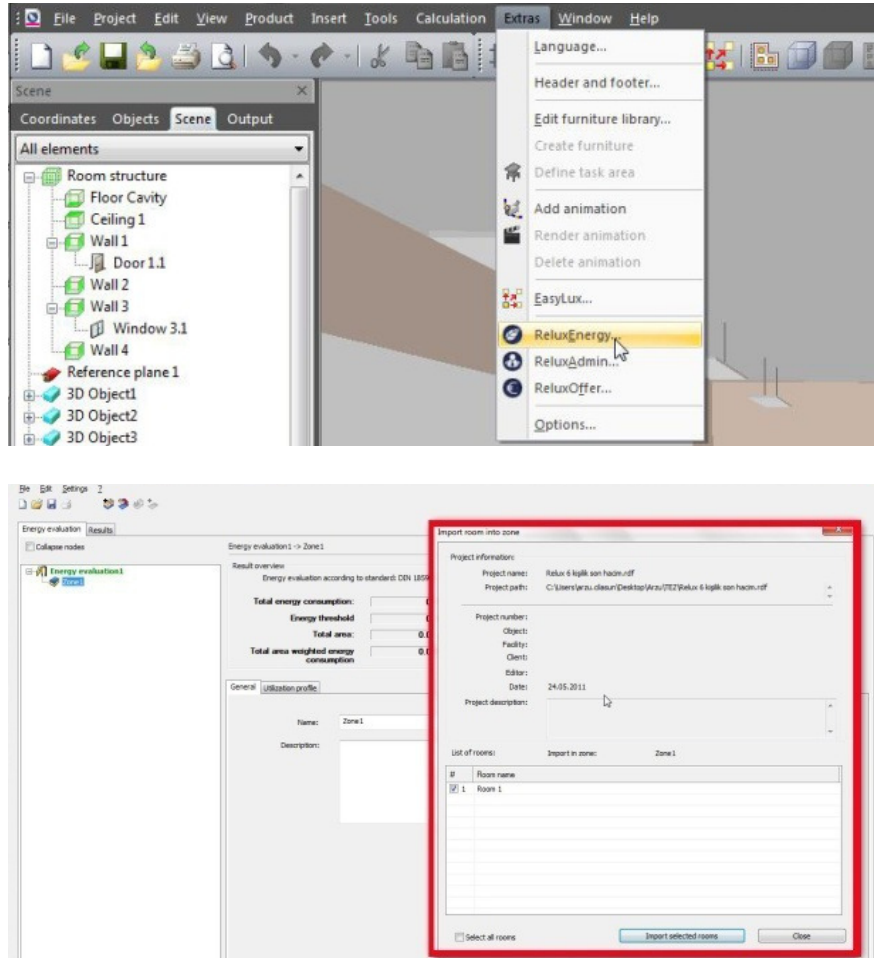
Şekil 4.3 Ana menüden Relux projesi eklemek

- Proje ağacında kullanım bölgesine (*zone*) sağ tıklanarak Relux projesi eklenebilir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 Proje Ağacı üzerinden Relux projesinin aktarılması

- c) ReluxPro'da açık olan projeyi, doğrudan ReluxEnergy'e aktarmak olanaklıdır. ReluxPro'da Ekstralar (*Extras*) menüsünden ReluxEnergy seçildiğinde otomatik olarak ReluxEnergy programı açılır (Şekil 4.5) ve ReluxPro'da oluşturulmuş belli bir hacim ya da hacimlerin tümü ReluxEnergy'ye aktarılabilir.



Şekil 4.5 ReluxPro'dan ReluxEnergy'ye proje aktarılması

4.2 Değişkenlerin Ele Alınması

ReluxPro'dan çağırılan proje ReluxEnergy'e aktarıldıktan sonra, enerji değerlendirilmesinde kullanılabilecek olan EN 15193 ya da DIN 18599 standartlarından biri seçilmelidir. Seçilen standarda göre, sorguların içeriklerinde bazı farklılıklar bulunmaktadır. Programın anlatılışında kullanılan ana başlıklar altında detaylandırılan sorgular Çizelge 4.1'de verilmiştir. Çizelge 4.1'de görüldüğü gibi, ReluxEnergy'de belli sorgular, DIN 18599 ve EN 15193 standardında farklı ana başlıklar altında bulunmaktadır.

Çizelge 4.1 ReluxEnergy'de sorguların standartlara göre gösterdiği değişkenlik

	ReluxEnergy		EN 15193	DIN 18599		
Enerji Değerlendirme si	Ek Bilgiler	Enlem	•	-		
		Şehir	•	-		
		Yapı tipi	•	-		
		Gündüz çalışma süresi	•	-		
		Gece çalışma süresi	•	-		
		Acil durum aydınlatması şarj süresi	•	-		
Kullanım bölgesi	Genel	Kullanım Bölgesi ile ilgili Genel Bilgilerin Girilmesi	•	•		
	Kullanım Profili	Yapı tipi	-	•		
		Gündüz çalışma süresi	-	•		
		Gece çalışma süresi	-	•		
		Referans düzlem yüksekliği	-	•		
		Aydınlık düzeyi bakım değeri azalma çarpanı	-	•		
		Bağıl yokluk	-	•		
		Yer indisi	-	•		
Öngörülen çalışma süresine ilişkin azalma	-	•				
Hacim	Genel	Hacim ilgili Genel Bilgilerin Girilmesi	•	•		
		Hacmin kaç kere değerlendirmeye katılmasının istendiği	•	•		
	Ek Bilgiler	Aydınlık Düzeyi bakım değeri	•	-		
		Yokluk Çarpanı	•	-		
		Sabit aydınlık düzeyi kontrolü	•	-		
		Değer Düşme Çarpanı	•	-		
Güneşliği alan Bölüm	Genel	Güneşliği alan bölüm ile ilgili Genel Bilgilerin Girilmesi	•	•		
		Varlık kontrolü	•	•		
		Güneşliğine bağlı kontrol sistemi	•	•		
		Kamaşma Kontrolü	-	•		
	Döşeli Güç	Döşeli aygıt gücü	•	-		
		Lambalar sönmük iken aydınlatma kontrolünün acil durum aydınlatması şarj gücü	•	-		
			•	-		
Pencere	Güneşliği Kaynağı	Pencere boyutları ve konumu		•	•	
		Işık geçirme çarpanı		•	•	
		Doğrama kalınlık çarpanı		•	•	
		Cam kirlilik çarpanı		•	•	
		Cam yüzeyine dik gelmeyen ışık için düzeltme çarpanı		•	•	
	Pencere Özellikleri	Avlu	Boyutlar	•	•	
			Pencere boyutları ve konumu		•	•
			Işık geçirme çarpanı		•	•
			Doğrama kalınlık çarpanı		•	•
			Cam kirlilik çarpanı		•	•
			Cam yüzeyine dik gelmeyen ışık için düzeltme çarpanı		•	•
		İç Bahçe	Boyutlar	•	•	
			Pencere boyutları ve konumu		•	•
			Işık geçirme çarpanı		•	•
			Doğrama kalınlık çarpanı		•	•
			Cam kirlilik çarpanı		•	•
			Cam yüzeyine dik gelmeyen ışık için düzeltme çarpanı		•	•
		Giydirme	Işık geçirme çarpanı		•	•
			Doğrama kalınlık çarpanı		•	•
			Cam kirlilik çarpanı		•	•
		Cephe	Cam yüzeyine dik gelmeyen ışık için düzeltme çarpanı		•	•
		Engel Özellikleri	Engel	Engel Açısı		•
	Engel yatay açısı			•	•	
	Engel düşey açısı			•	•	
	Güneşliği almayan Bölüm	Genel	Güneşliği alan bölüm ile ilgili Genel Bilgilerin Girilmesi		•	•
Varlık kontrolü			•	•		
Döşeli Güç		Döşeli aygıt gücü		•	-	
		Lambalar sönmük iken aydınlatma kontrolünün parazitik gücü		•	-	
		Acil durum aydınlatması şarj gücü		•	-	

4.2.1 EN 15193 Standardına Göre Değişkenler

EN 15193 standardında kullanılacak olan veriler program tarafından;

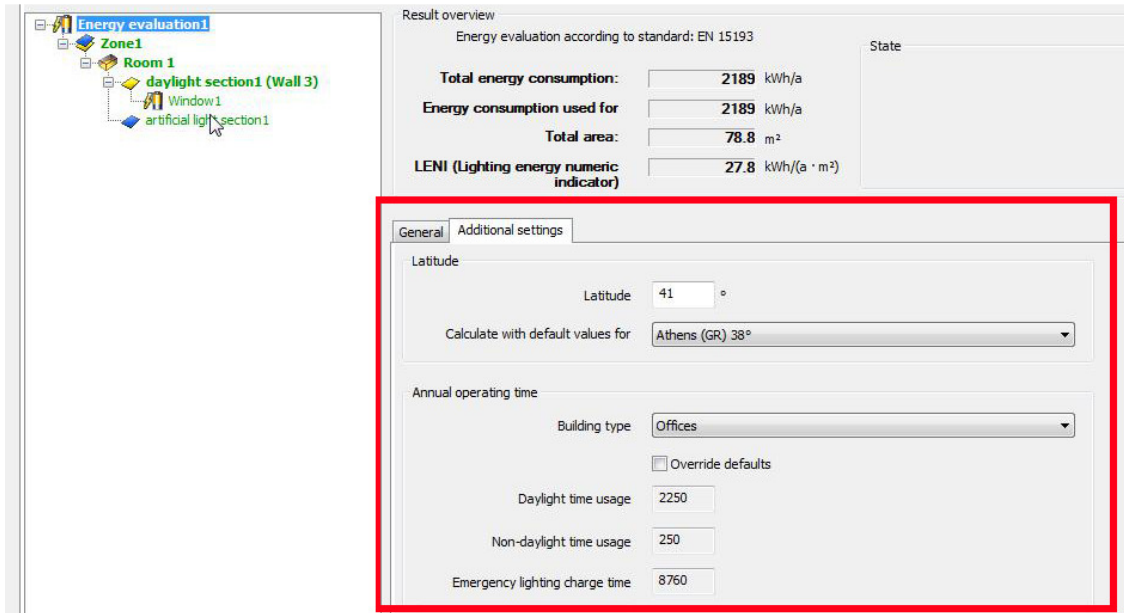
- Enerji değerlendirmesi
- Kullanım bölgesi
- Hacim
- Güneşli alan bölüm
- Pencere
- Güneşli olmayan bölüm

olarak belirlenen altı alt başlık altında sorgulanmaktadır.

4.2.1.1 Enerji Değerlendirmesi

ReluxEnergy arayüzünde, Enerji Değerlendirmesi'ne (*energy evaluation*) tıklandığında, enerji değerlendirme ile ilgili "Ek Ayarlar" (*Additional Settings*) sekmesi bulunmaktadır. Bu bölümdeki sorgular aşağıda belirtilmiştir (Şekil 4.6).

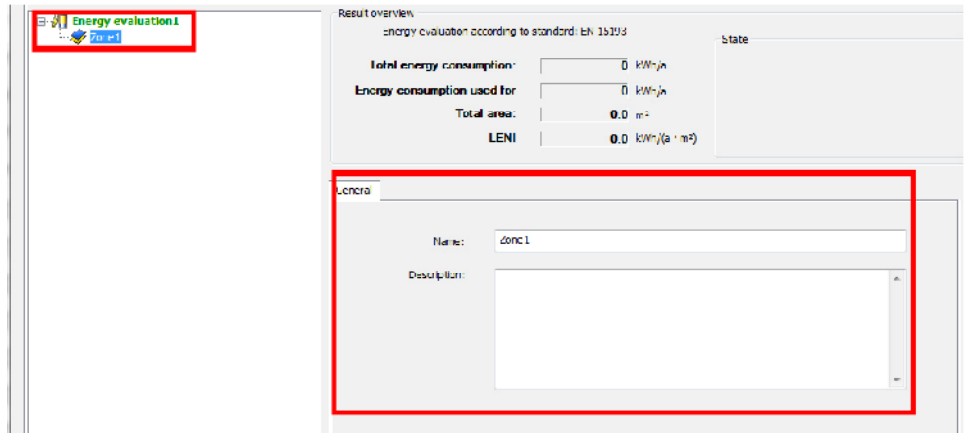
- Enlem bilgisi: Enlem, projenin bulunduğu yere göre, el ile girildikten sonra listedeki kentlerden, bu enleme en yakın olanı otomatik olarak seçilmektedir. Yani program içinde tanımlı olan kentlerden, kullanıcının girdiği enleme en yakın olanına ait veriler kullanılmaktadır.
- Yapı tipi: Yapının işlevi için verilmiş sınırlı seçeneklerden (ofis, eğitim yapısı, hastane, restoran, otel, mağaza, fabrika, spor tesisi) bir tanesinin seçilmesi beklenmektedir.
- Kullanım süreleri (gündüz/gece) ve acil durum aydınlatması şarj gücü: Yıl içinde güneşliktan yararlanma saatlerini belirten bu değer seçilen yapı türüne göre otomatik olarak oluşturulmaktadır. Ancak istenirse bu değerler "önceden tanımlı olanı değiştir" (*override defaults*) seçeneği seçilerek değiştirilebilmektedir. Acil durum aydınlatması şarj gücü ise yapının türüne göre otomatik olarak belirlenmekte olup, istenirse kullanıcı tarafından da değiştirilebilir.



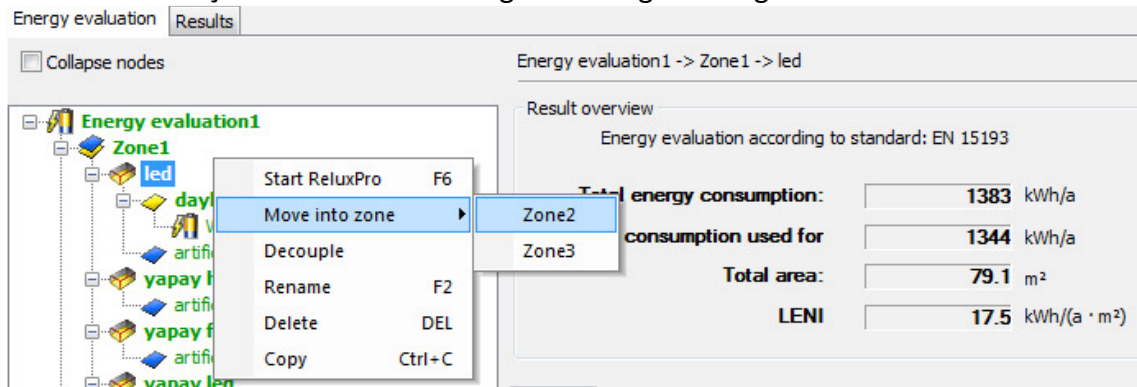
Şekil 4.6 EN 15193 standardına göre enerji değerlendirmesine ait ek seçeneklerin tanımlanması

4.2.1.2 Kullanım Bölgesi

Kullanım Bölgesine (zone) tıklanıp açılan pencereye, kullanım bölgesine ait isim ve tanım bilgilerinin girilmesi beklenmektedir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7 Kullanım bölgesine ait genel bilgiler sekmesi

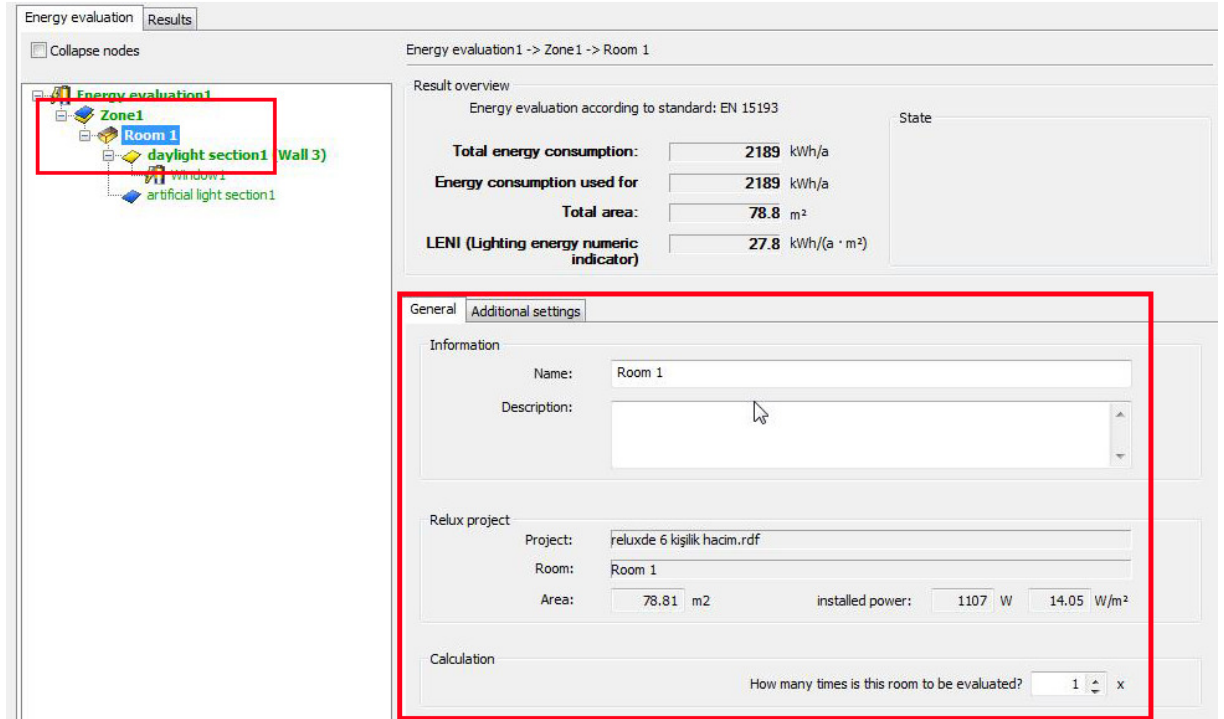


Şekil 4.8 Bir hacmi başka bir kullanım bölgesine aktarma

4.2.1.3 Hacim

Proje ağacındaki hacim (*room*) tıklandığında, hacim ile ilgili, ReluxPro’da tanımlanmış olan hacmin alanı, hacimdeki toplam yüklü güç ve metrekare başına düşen güç görülmektedir.

Ofis ya da eğitim yapılarında sıklıkla görülen, aynı işlev ve geometrik özelliklere sahip hacimler var ise, hacimlerin her biri için ayrı ayrı işlem yapmaya gerek yoktur. Bu durumda, bir hacim için elde edilen hesaplama sonuçları hacim sayısı ile çarpılarak toplam sonuca yansıtılır. Bunun için, Şekil 4.9’da ilgili alana söz konusu hacimden kaç adet olduğunun yazılması gerekmektedir.

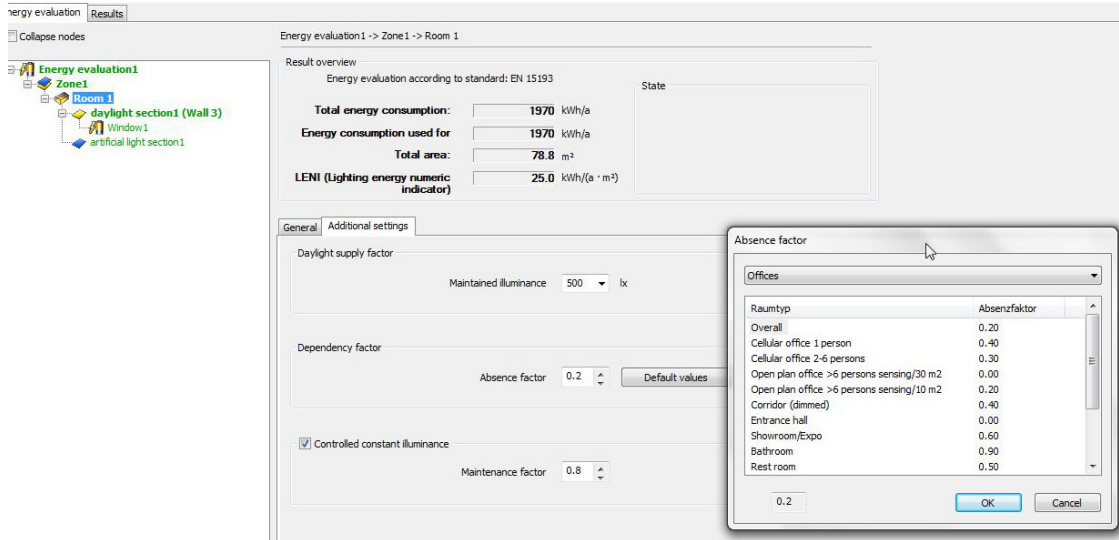


Şekil 4.9 Hacim ile ilgili sorgular

Hacim ile ilgili ek ayarlarda aydınlık düzeyi ile ilgili aşağıda belirtilen bilgiler girilmelidir:

- Aydınlık düzeyi bakım değeri (*maintained illuminance*)
- Yokluk çarpanı (*dependency factor*)- Projenin işlevi ve kullanıcı sayısına göre standartta yer alan öneri değerler kullanılabilir ya da isteğe uygun olarak değiştirilebilmektedir.
- Sabit aydınlık düzeyi kontrolü (*controlled constant illuminance*)- Hacimde sabit aydınlık düzeyi kontrolü var ise ilgili kutucuk işaretlenerek belirtilmelidir. Ayrıca

sabit aydınlık düzeyi kontrolü ile ilgili olan değer düşme çarpanına ilişkin bilginin girilmesi gerekmektedir (Şekil 4.10).



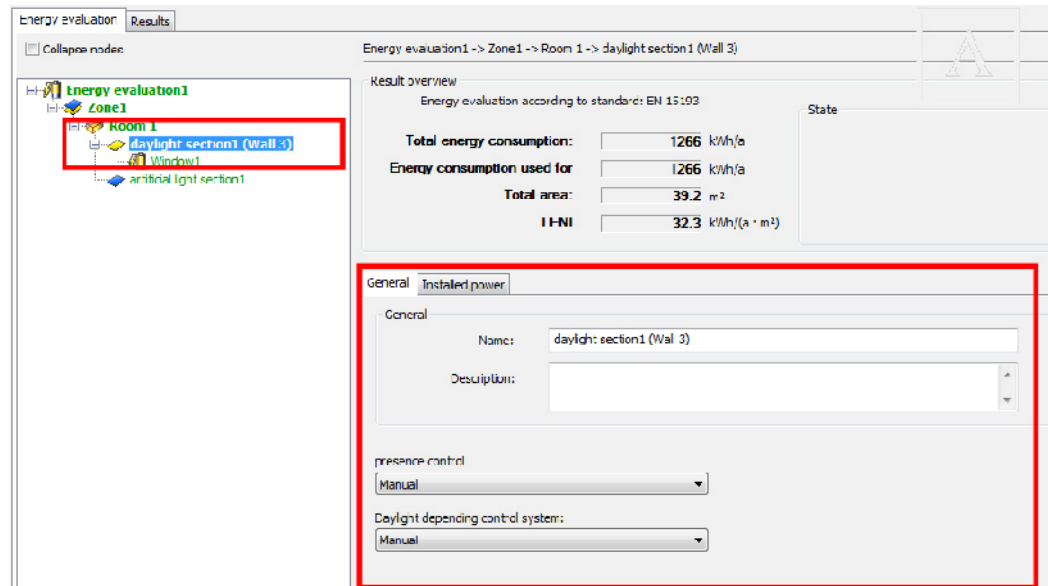
Şekil 4.10 Hacim ile ilgili ek ayarlar sekmesi

4.2.1.4 Günışığı Alan Bölüm

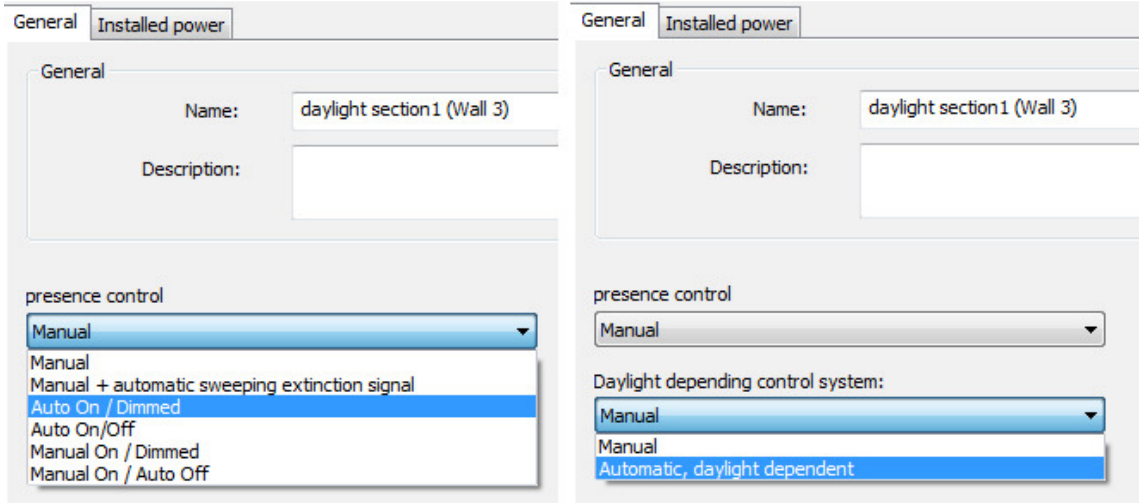
Günışığı alan bölümdeki (*daylight section*) genel bilgiler sekmesinde (Şekil 4.11);

- Varlık kontrolü
- Günışığına bağlı lamba ışığı kontrol sistemleri (Şekil 4.12)

sorgulanmaktadır.

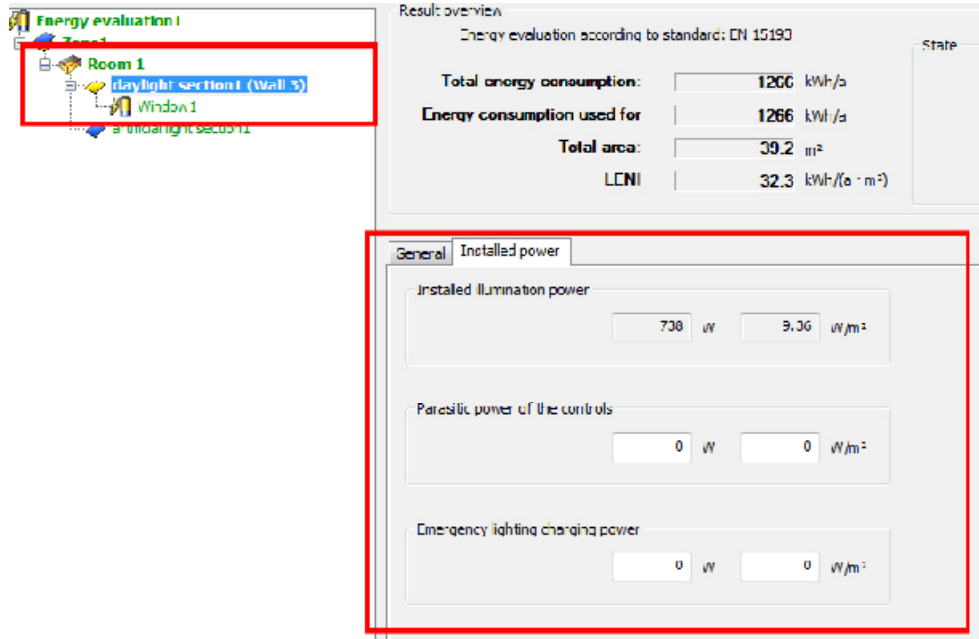


Şekil 4.11 Günışığı alan bölüm ile ilgili genel bilgiler



Şekil 4.12 Güneşli alan bölüm ile ilgili kontrol sistemlerinin sorgusu

Güneşli alan bölümdeki ikinci sekme olan aydınlatma aygıtlarının toplam gücü sekmesinde değerler ReluxPro'dan otomatik olarak gelmektedir. Lambalar sönmüş iken aydınlatma kontrolünün parazitik gücü ve acil durum aydınlatması şarj gücüne ilişkin aydınlatma aygıtı üreticisi tarafından elde edilen bulgular ise el ile girilmelidir (Şekil 4.13).

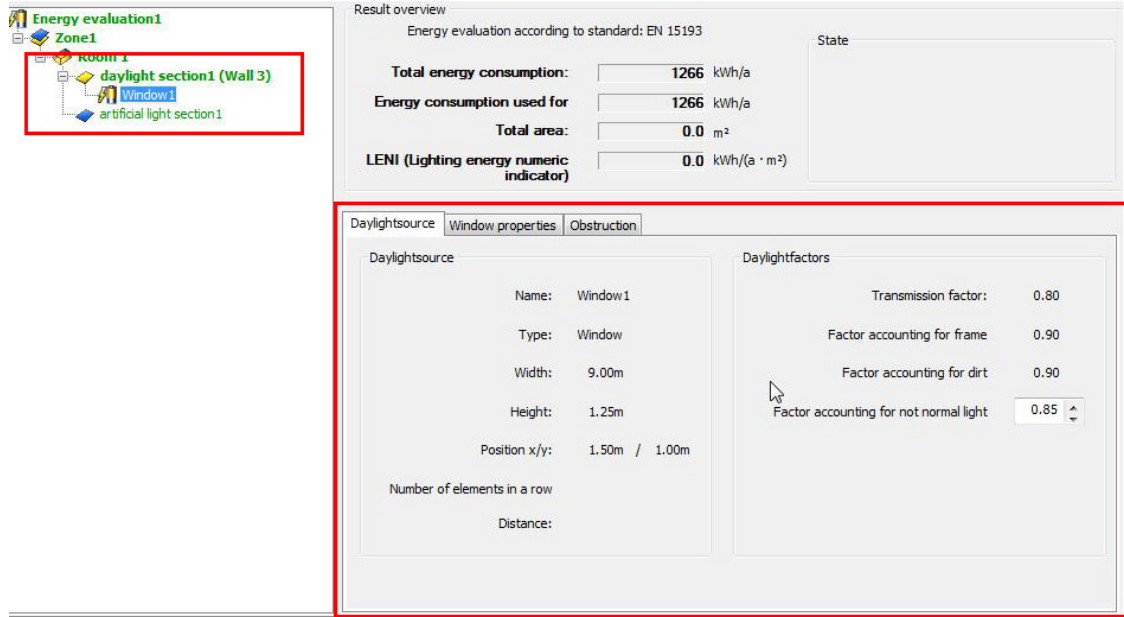


Şekil 4.13 Güneşli alan bölümdeki döşeli güce ilişkin sorgular

Güneşli alan bölümde, pencere ile ilgili olarak güneşli kaynağı, pencere özellikleri ve engel olmak üzere üç sekme bulunmaktadır. Güneşli kaynağına ilişkin olarak cam ışık geçirme çarpanı (*transmission factor*), doğrama kalınlık çarpanı (*factor accounting for frame*), cam kirlilik çarpanı (*factor accounting for dirt*), cam yüzeyine dik gelmeyen ışık

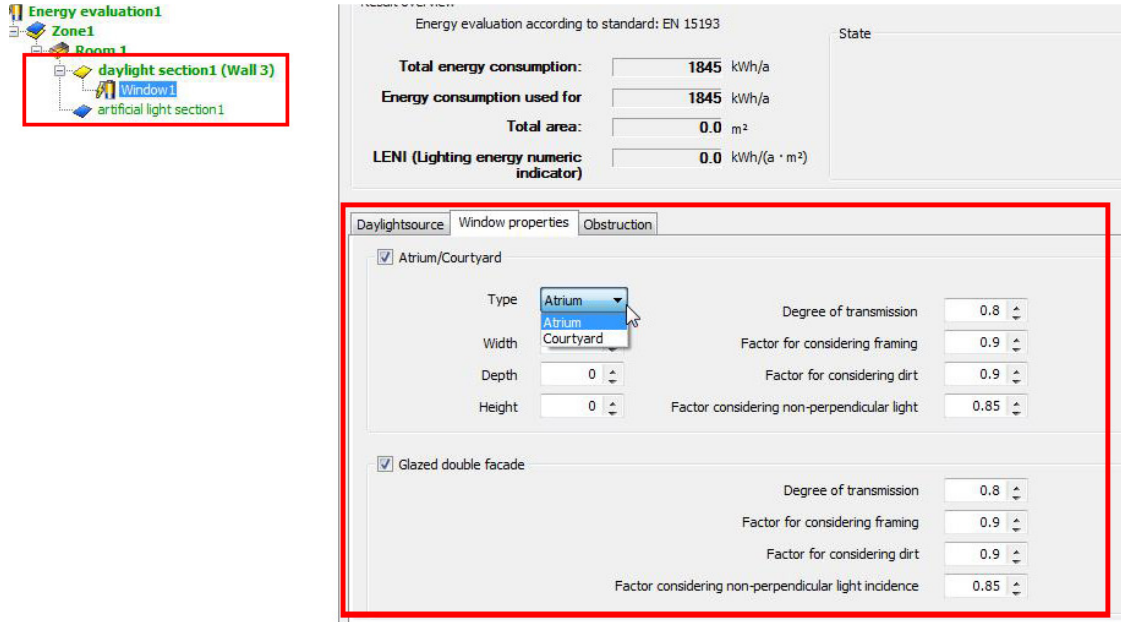
için düzeltme çarpanı (*factor accounting for not normal light*) değerleri ReluxPro'dan otomatik olarak gelmektedir (Şekil 4.14). Cam yüzeyine dik gelmeyen ışık için düzeltme çarpanı için kullanılması önerilen değer 0,85 olup, program tarafından seçili olarak gelmektedir, ancak istenirse bu çarpan kullanıcı tarafından değiştirilebilmektedir.

4.2.1.5 Pencere



Şekil 4.14 Pencereye ait özellikler

Pencere (*window*) özellikleri sekmesinde günışığından yararlanmayı sağlayan pencere eğer avlu/iç bahçeye açılıyor ise, avluya ait en/boy/yükseklik, pencere camının ışık geçirme çarpanı, cam kirlilik çarpanı, doğrama kalınlık çarpanı ve cam yüzeyine dik gelmeyen ışık için düzeltme çarpanı değerleri kullanıcı tarafından girilmelidir (Şekil 4.15). Eğer çift cam cephe ise, pencereye ait, aynı sorgular kullanıcı tarafından doldurulmalıdır.



Şekil 4.15 Güneş ışığı alan bölümdeki pencereye ait özellikler

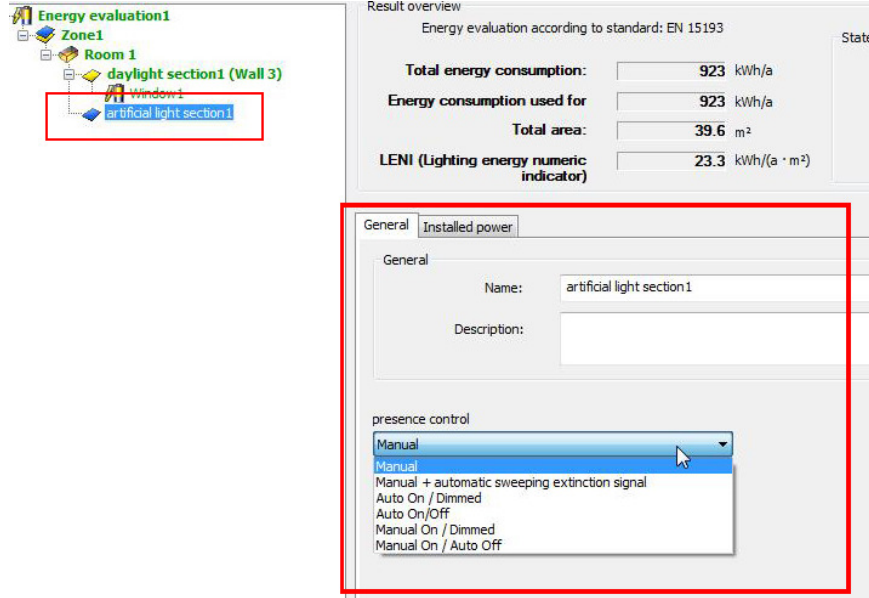
Pencerenin önünde bir engel var ise, engelle ilişkin engel açısı, pencere yakınında yatay ya da dikey çıkma var ise ona ait yatay ya da dikey açılar belirtilmelidir (Şekil 4.16).



Şekil 4.16 Engel özelliklerinin tanımı

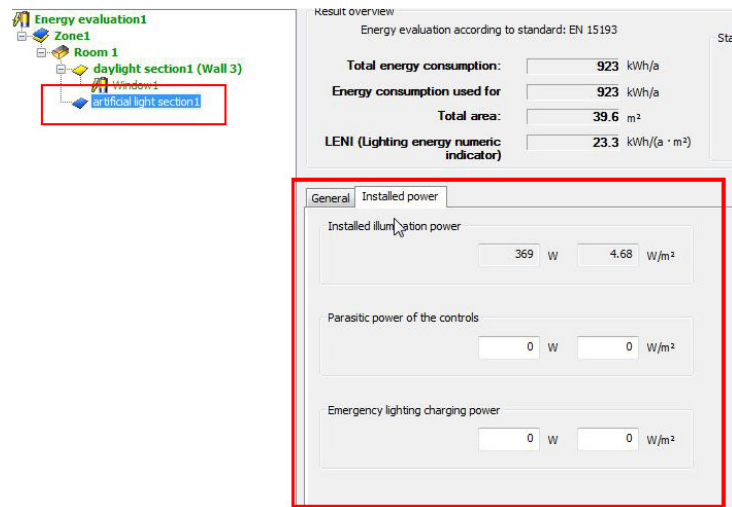
4.2.1.6 Güneşli Almayan Bölüm

Güneşli almayan bölümde, varlık kontrol sistemi bulunuyor ise, ilgili sistem türünün seçilmesi beklenmektedir. Varlık kontrolü yok ise “el ile” (*manual*) seçeneği seçilmelidir (Şekil 4.17).



Şekil 4.17 Güneş almayan bölüm ile ilgili sorgular

Güneşli almayan bölümde toplam döşeli güç sekmesindeki değerler, ReluxPro'dan otomatik olarak gelmektedir. Lambalar sönmük iken aydınlatma kontrolünün parazitik gücü ve acil durum aydınlatması şarj gücü bilgileri ise kullanıcı tarafından el ile girilmelidir (Şekil 4.18).



Şekil 4.18 Güneşli almayan bölümdeki döşeli güce ilişkin sorgular

4.2.2 DIN 18599 Standardına Göre Değişkenler

EN 15193 Standardında olduğu gibi, burada da ilgili standart için gerekli olan veriler;

- Enerji değerlendirmesi
- Kullanım bölgesi
- Hacim
- Güneş ışığı alan bölüm
- Pencere
- Güneş ışığı almayan bölüm

olmak üzere altı alt başlık altında sorgulanmaktadır.

4.2.2.1 Enerji Değerlendirmesi

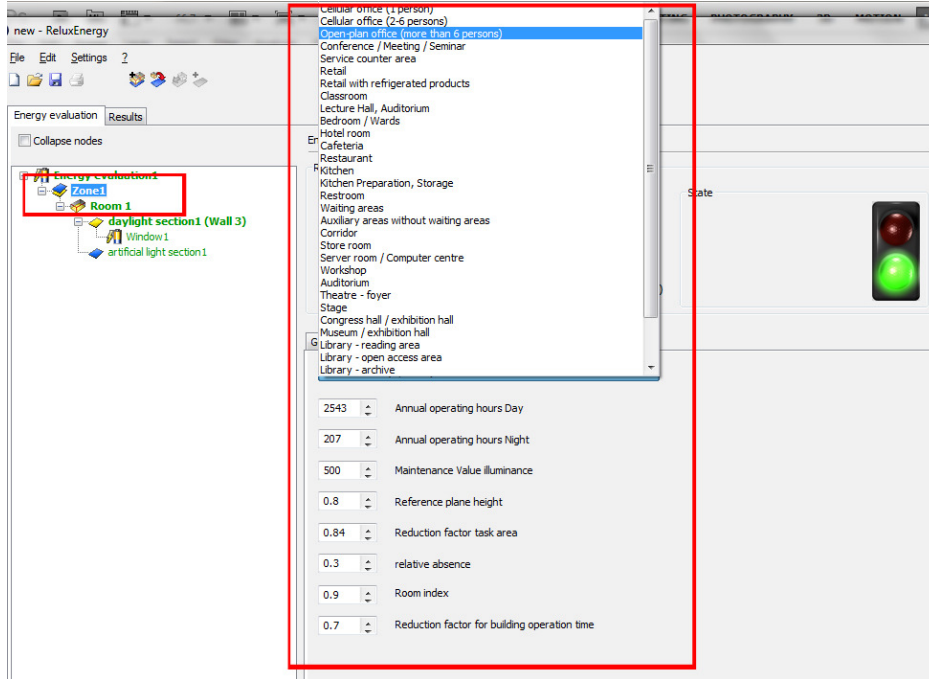
DIN 18599 standardına göre enerji değerlendirmesi yapmak üzere açılan ReluxEnergy arayüzünde, ReluxPro'da oluşturulmuş olan aydınlatma projesine bağlı olarak tüketilen enerji miktarı görülmektedir. Hesaplanmış bu miktarın DIN 18599 standardında işleve göre belirlenmiş olan üst sınırı aşp aşmadığı ekranda görülen lambanın renginden anlaşılabilmektedir. Lamba kırmızı ise söz konusu sınırın üstünde, yeşil ise altında kalmıştır. Enerji değerlendirmeye ilişkin değişkenlere verilen yanıtlara göre tüketilen enerji miktarı sonuçlar bölümünde güncellenmektedir (4).

4.2.2.2 Kullanım Bölgesi

Kullanım bölgesinde (*zone*), enerji değerlendirmesi için DIN 18599 standardı seçildiğinde, isim ve tanım bilgilerine ek olarak, aşağıdaki kullanıcı profili bilgileri tanımlanmalıdır (Şekil 4.19). Söz konusu bilgiler, program tarafından sunulan işlevler arasından yapılan seçime göre belirlenip, otomatik olarak tanımlı gelmektedir. Bununla birlikte, istenen değişiklik kullanıcı tarafından yapılabilmektedir.

- Yıllık gündüz kullanım saati (*annual operating hours day*)
- Yıllık gece kullanım saati (*annual operating hours night*)
- Aydınlik düzeyi bakım değeri (*maintenance value illuminance*)
- Referans düzlemin yüksekliği (*reference plane height*)
- Aydınlik düzeyi bakım değeri azalma çarpanı (*reduction factor task area*)

- Bağlı yokluk (*relative absence*)
- Yer indisi (*room index*)
- Öngörülen çalışma süresine ilişkin azalma (tatiller, rahatsızlık vb. gibi) çarpanı (*reduction factor for building operation time*)



Şekil 4.19 Kullanım Profiline belirlenmesi

4.2.2.3 Hacim

Bu bölümün içeriği, Hacim bölümünde anlatılan ile aynıdır. EN 15193'te bulunan ek seçenekler sekmesi ise DIN 18599 standardında bulunmamaktadır.

4.2.2.4 Günişığı Alan Bölüm

Varlık kontrolü ve günüşiğine bağlı lamba ışığı kontrol sistemi sorguları, Günişığı Alan Bölüm'de de bulunmaktadır fakat bu iki sorguya cevap olarak girilebilen seçenekler EN 15193'den farklılık göstermektedir. Varlık kontrolüne ilişkin seçenekler Şekil 4.20'de, günüşiğine bağlı lamba ışığı kontrol sistemine ilişkin seçenekler ise Şekil 4.21'de görülmektedir. Ayrıca DIN 18599'Dda EN 15193'de yer almayan kamaşma kontrolüne ilişkin sorgu bulunmaktadır.

Güneş ışınları ve/ya da kamaşmaya karşı koruma sistemi olup olmadığı ve varsa bu sistemin özelliği aşağıda belirtilen seçenekler arasından seçilmelidir (Şekil 4.22).

presence control

With occupancy sensor

Without occupancy sensor

With occupancy sensor

Dimmed, switching off, switching on

Glare shield

None

Şekil 4.20 Varlık kontrolüne ilişkin sorgu

presence control

With occupancy sensor

Daylight depending control system:

Dimmed, switching off, switching on

Manual

Stepwise on/off

daylight dependent off

Dimmed, not switching off, switching on

Dimmed, switching off, switching on

Dimmed, not switching off, not switching on

Dimmed, switching off, not switching on

Şekil 4.21 Güneşine bağlı lamba ışığı kontrol sistemine ilişkin sorgu

presence control

With occupancy sensor

Daylight depending control system:

Dimmed, switching off, switching on

Glare shield

None

Only glare shield

Automatic sun-/glare shield

Daylight guidance

None

Şekil 4.22 Güneş ışınları/Kamaşmaya karşı koruma sistemine ilişkin sorgu

4.2.2.5 Pencere

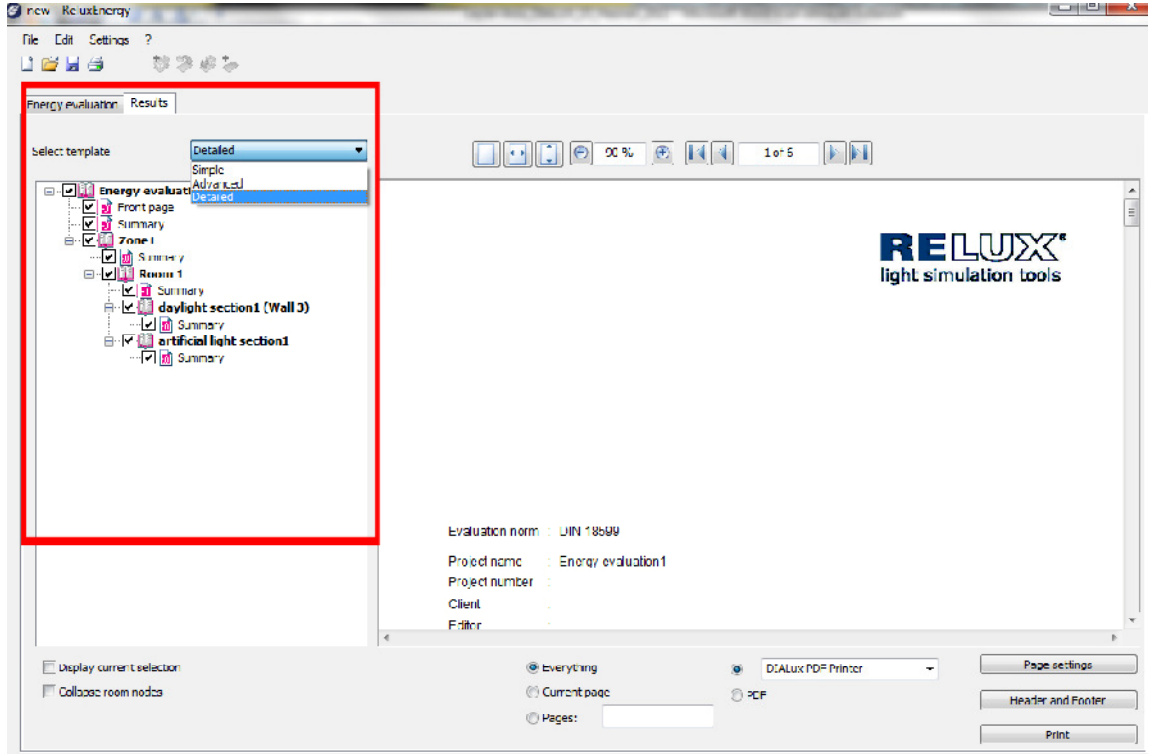
Pencere ile ilgili sorgular, Pencere bölümünde anlatılan, EN 15193 standardı seçildiğindeki durum ile aynıdır.

4.2.2.6 Güneş ışığı Almayan Bölüm

Bu bölümdeki 4.2.1.4'de anlatılan durum ile aynı olmakla birlikte, DIN 18599'da EN 15193'den farklı olarak, güneş ışığı almayan bölümdeki döşeli toplam güç sorgulanmamaktadır.

4.3 Hesaplama ve Sonuçlar

ReluxEnergy’de yapılan her seçim ve girilen her veri ile otomatik olarak sonuçlar yenilendiği için, enerji değerlendirilmesinin hesaplanması için ayrıca bir işlemde bulunmaya gerek yoktur. Sonuçlara ulaşmak için, Proje Ağacı’ndan Sonuçlar (*Results*) seçilmelidir (Şekil 4.23).



Şekil 4.23 ReluxEnergy’de sonuçların izlenmesi

Enerji değerlendirmesi “kullanım bölgesi” bazında gerçekleşmektedir. Her kullanım bölgesi için enerji gereksinimi, içerdiği enerji değerlendirme hacimlerinin sonuçlarının toplamından; her enerji değerlendirme hacminin enerji gereksinimi ise kapsadığı günışığı alan/günışığı almayan bölgelerin sonuçlarının toplamından oluşur. Her durum için enerji gereksinimi yıllık olarak hesaplanır. Aylık değerler, yıllık değerlerin aylara göre belirlenmiş olan sabit katsayılarla çarpılmasıyla elde edilir.

4.4 Enerji Değerlendirmesinin Belgelenmesi

Enerji değerlendirmesinde elde edilen sonuçlar, basit, gelişmiş ve detaylı olmak üzere üç ayrı şekilde görülebilmektedir. Basit (*simple*) seçeneğinde yalnızca hacme ilişkin genel sonuçlar izlenebilirken, gelişmiş (*advanced*) seçeneğinde hacme ilişkin sonuçlara ek olarak hacmin bölümlerindeki (günışığı alan ve almayan gibi) enerji tüketimi yüzde

olarak görülebilmektedir. Detaylı (*detailed*) seçeneğinde ise hem genel hem de günışığı alan ve almayan bölümlere ait sonuçlar ayrı ayrı izlenememektedir. Her üç çıktı seçeneğinde de sonuçları hem aylık hem de yıllık olarak görmek olanaklıdır (Şekil 4.24).

Project number: :
Date: :



1.2.2 led

1.2.2.1 Summary

Energy evaluation according following norm: EN 15193

Results:

Results: 1382.84 kWh/a
Energy consumption Lighting: 1344.32 kWh/a
Total area: 79.06 m²
Total area: 17.49 kWh/(a · m²)

Monthly results:

Month:	Total energy		
	Portion [%]	[kWh]	[kWh/m ²]
January	8.78	118.04	1.49
February	8.41	113.09	1.43
March	8.20	110.26	1.39
April	8.10	108.84	1.38
May	8.07	108.49	1.37
June	8.07	108.49	1.37
July	8.07	108.49	1.37
August	8.12	109.20	1.38
September	8.20	110.26	1.39
October	8.41	113.09	1.43
November	8.68	116.63	1.48
December	8.91	119.81	1.52

This room is based on the following Relux scene:

Number of instances in this evaluation:

Associated project:

Associated zone:

led

1

6 kişilik düzen18072011.rdf

Zone1

Considered sections:

Name:	Portion [%]	Energy consumption [kWh/a]	Area [m ²]
daylight section1 (Wall 3)	67.10	902.06	39.20
artificial light section1	32.90	442.26	39.86
daylight provided	67.10	902.06	39.20
unexposed	32.90	442.26	39.86

Şekil 4.24 ReluxEnergy enerji değerlendirme projesinin detaylı çıktısına örnek

ecoCALC ile ENERJİ DEĞERLENDİRMESİ

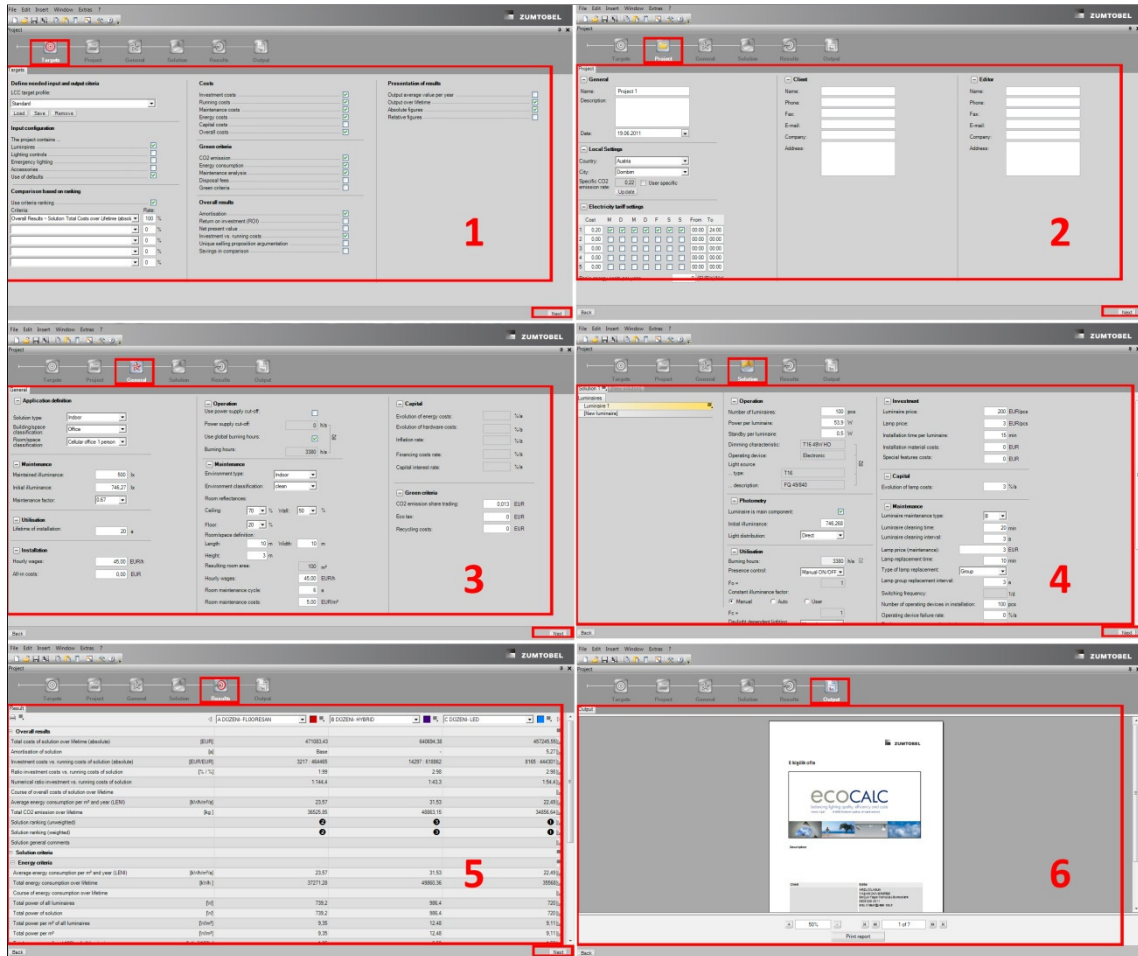
ecoCALC programı, standart aydınlatma programlarında hazırlanmış bir hacimde, yalnızca lamba ışığı ile kurulmuş ya da günışığı ve lamba ışığının birlikte kullanıldığı aydınlatma düzenlerini; enerji tüketimi, maliyet, bakım, sürdürülebilirlik gibi çeşitli yönlerden karşılaştırma ve değerlendirmeye yönelik Zumtobel Lighting GmbH tarafından hazırlanıp ücretsiz olarak kullanıma sunulmuş bir programdır. ecoCALC programı, bir aydınlatma programı değildir. ecoCALC programının enerji değerlendirmesine yönelik kullanılabilen başka programlardan en temel farkı, belli sayıda aydınlatma düzeninin çeşitli özelliklerini aynı anda inceleyerek birbirleri ile karşılaştırma olanağını tanıması ve karşılaştırılan düzenleri tasarımcının seçtiği ölçütlere göre en olumludan olumsuzu doğru sıralamasıdır (15).

ecoCALC programı, aydınlatma değerlendirmesi yaparken EN 15193 standardındaki bazı denklem ve çarpanlardan faydalanmaktadır. Fakat ilgili standardının günışığına ilişkin sorguları programda bulunmadığı için, tüm standardı kullandığı söylenemez.

ecoCALC'de proje oluşturma sırasında altı ana aşamadan geçilir. Bu aşamalar aşağıda belirtilmiştir (Şekil 5.1);

- Hedefler (*Targets*)
- Proje (*Project*)
- Genel (*General*)
- Aydınlatma Düzeni (*Solution*)
- Sonuçlar (*Results*)
- Çıktı (*Output*)

Belirtilen aşamaların her birinde gerekli görülen bilgiler tamamlanmalıdır. Bir aşamadan sonrakine sağ alt köşedeki “ileri” (next) butonuna tıklanarak ulaşılabilir.



Şekil 5.1 ecoCALC aşamalarının arayüzleri

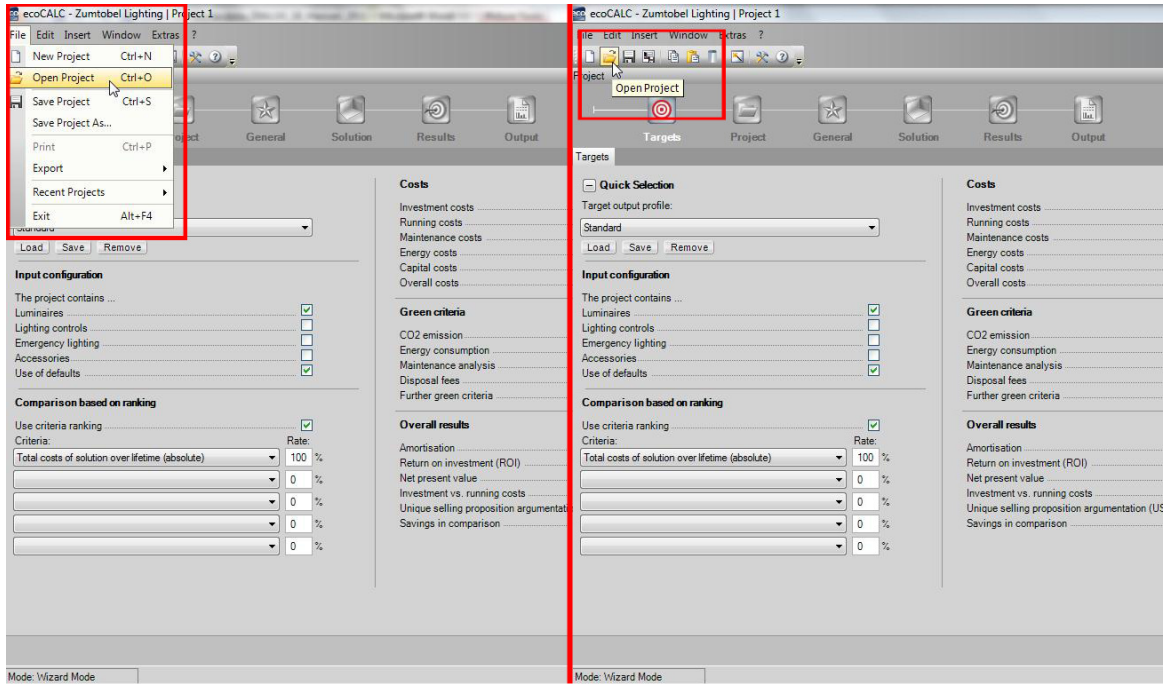
ecoCALC'deki sorgular, sunulan seçenekler arasından tercih yapılarak ya da kullanıcı tarafından el ile girilerek yanıtlanır. Sorguların çoğunda, sunulan seçenekler arasından kullanıcının tercihte bulunması beklenir. Az sayıdaki sorguda ise kullanıcının el ile tercih girmesine izin verilmektedir. Var olan seçenekler arasında, aranan bulunmadığı ve kullanıcı tarafından değer girilmesine izin verilmediği durumda sunulanlar arasından en uygun seçeneğin seçilmesi önerilebilir. Seçenekler arasından seçilen ya da doldurulan bilgiler ışığında aydınlatma düzenleri analiz edilebilmektedir.

5.1 ecoCALC'de Enerji Değerlendirme Projesinin Yaratılması

DIALux ve ReluxEnergy ile enerji değerlendirmesi yapmadan önce DIALux'te/ReluxPro'da aydınlatma projesi oluşturmak, bu proje bilgilerini ilgili enerji değerlendirme programına aktarmak gereklidir. ecoCALC'de bu şekilde bir ön hazırlık

yapılamamaktadır. Çünkü ecoCALC’de proje hazırlanırken altlık olarak kullanmak üzere başka bir aydınlatma programında hazırlanmış bir dosyayı aktarma olanağı bulunmamaktadır.

Program açıldığında otomatik olarak yeni bir proje açarak başlar. Eğer daha önceden hazırlanmış bir ecoCALC projesi çağrılmak istenirse, Dosya (File), Proje Aç (Open Project) ile saklı olduğu konumdan aktarılabilir (Şekil 5.2).



Şekil 5.2 ecoCALC'de proje oluşturulması

Aydınlık düzeyi denetim sistemlerinin uygulandığı aydınlatma düzenlerinde, günışığını destekleyen lamba ışığının gün boyunca hangi oranlarda dimmerlenmesi gerektiği standart programlarda saptanmalı, bu oranların ortalaması ecoCALC programına veri olarak girilmelidir (15).

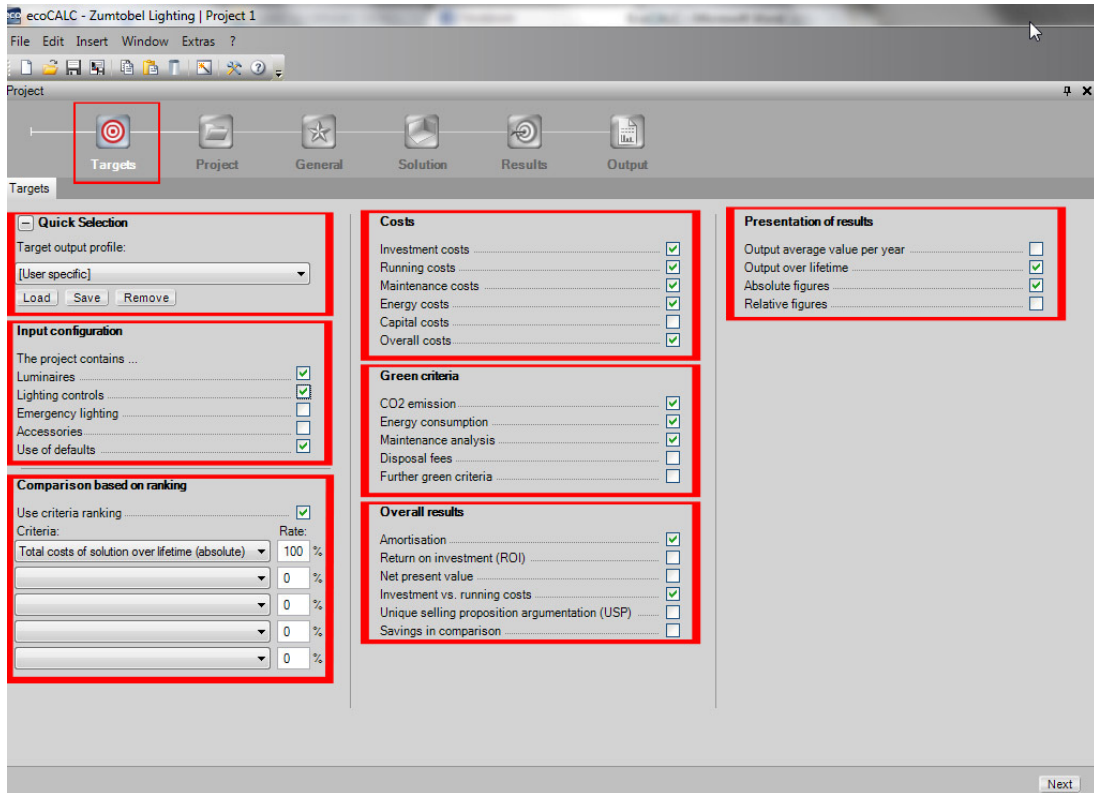
5.2 Değişkenlerin Ele Alınması

Program tarafından girilmesi istenen değerler ve veriler, farklı sekmeler altında gruplanmıştır.

5.2.1 Hedefler

ecoCALC programı açıldığında görülen ilk aşama Hedefler (Targets) sekmesidir. Bu sekmede yapılan tercihlerle projenin kapsamı şekillendirilir. Aşağıda belirtilen ana

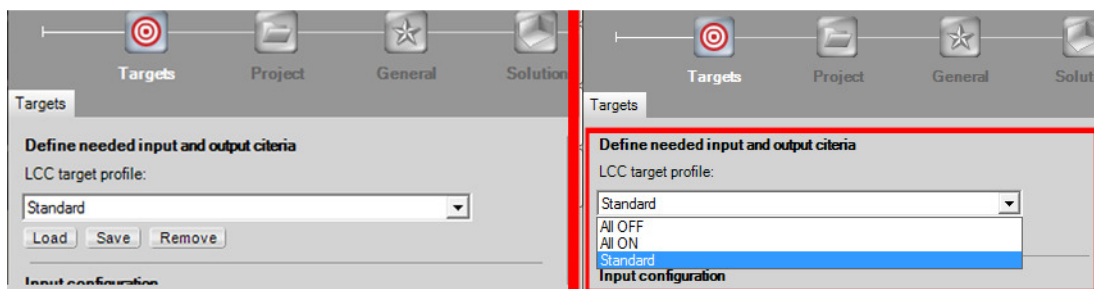
başlıklar altında toplanan maddelerden, hangilerinin dikkate alınması isteniyorsa, o ölçütlerin yanındaki kutucuklara işaret konulması gerekmektedir (Şekil 5.3).



Şekil 5.3 Hedefler Sekmesinin Arayüzü

a. Hızlı seçim

Hedefler aşamasında, ömür çevrim analizinin (*life cycle analysis*) yapılmasında kolaylık yaratmak üzere üç ayrı kapsam çeşidi sunulmaktadır. Hedeflerin hepsinin tercih edildiği, hepsinin devre dışı bırakıldığı ve program tarafından önerilen standart hedef değerler olmak üzere üç farklı seçenekten biri seçilerek, proje hazırlanışı hızlandırılabilir. Ayrıca istenirse, bu üç seçeneğe ek olarak özel tercihler oluşturulup kaydedilebilir ve başka bir projede, oluşturulmuş olan bu tercihler kullanılabilir (Şekil 5.4).



Şekil 5.4 Hızlı seçim tercihi

b. Veri yapılanması

Projede değerlendirmeye alınması istenen verilerin yapılandırılması (*input configuration*) bu aşamada gerçekleşir. Şekil 5.5’de sunulan bileşenlerden, aydınlatma aygıtları, aydınlatma kontrol sistemi, acil durum aydınlatması ve aksesuarlardan hangileri hesaplamaya dahil edilmek isteniyorsa onlar seçilmelidir. Bu bölümde işaretlenmemiş veri başlığı, ileriki bölümlerde program arayüzünde görülse bile herhangi bir seçim yapılmasına izin verilmez dolayısıyla değerlendirme dışında kalır.



Input configuration	
The project contains ...	
Luminaires	☒
Lighting controls	☐
Emergency lighting	☐
Accessories	☐
Use of defaults	☒

Şekil 5.5 Veri Yapılanması

c. Değerlendirme ölçütleri

ecoCALC, yaptığı enerji değerlendirmesinin sonunda, aydınlatma düzenlerini birbiri ile kıyaslar, sıralama da yapar. Bu sıralamada dikkate alınması istenen ölçütlerin (*Comparison based on ranking*) ise bu aşamada, yüzdeleriyle birlikte belirlenmesi gerekmektedir.

Değerlendirme, aşağıda sıralanan on ölçüt açısından seçilen en çok beş tanesi ile yürütülmektedir. Seçilen ölçütlerin değerlendirilme sürecindeki ağırlıklarının yüzde cinsinden belirtilmesi istenmektedir (Şekil 5.6). Örneğin, dikkate alınması istenen ölçüt sayısı beş ise, ölçütlerin tasarımcı açısından taşıdığı önem sırasına göre değerlendirilme ağırlıkları %40, %30, %15, %10, %5 olabilir (toplam %100). Değerlendirme ölçütleri,

- Aydınlatma düzeninin ömrü boyunca toplam giderler
- Aydınlatma düzeninin ömrü boyunca toplam enerji tüketimi
- Aydınlatma düzeninin ömrü boyunca toplam enerji giderleri
- Aydınlatma düzeninin ömrü boyunca toplam CO₂ salımı
- Aydınlatma düzeninin ömrü boyunca toplam imha ve geri dönüşüm giderleri
- Aydınlatma düzeninin ömrü boyunca toplam bakım giderleri
- Aydınlatma düzeninin ömrü boyunca toplam işletim giderleri

- Aydınlatma düzeninin ömrü boyunca toplam sermaye + finans giderleri
- Yıllık ortalama enerji tüketimi
- Toplam ilk yatırım giderleri

olarak verilmiştir (15).

Comparison based on ranking

Use criteria ranking ☒

Criteria: Rate: %

- Solution Total Disposal and Recycling Costs over Lifetime
- Solution Total Investment Costs
- Solution Total Energy Costs over Lifetime
- Solution Total Maintenance Costs over Lifetime**
- Solution Total Running Costs over Lifetime
- Solution Total Capital + Financing Costs over Lifetime
- Overall Results - Solution Total Costs over Lifetime (absolute)
- Overall Results - Solution Return on Investment (ROI)

Şekil 5.6 Değerlendirme ölçütlerinin belirlenişi

d. Maliyet

Maliyet (*costs*) bölümünde, ilk yatırım, işletme, bakım, enerji gibi maliyet bilgilerinden hangilerinin ölçüt olarak değerlendirmeye katılması isteniyorsa, onların işaretlenmesi beklenmektedir (Şekil 5.7).

Costs

- Investment costs ☒
- Running costs ☒
- Maintenance costs ☒
- Energy costs ☒
- Capital costs ☐
- Overall costs ☒

Şekil 5.7 Maliyet ölçütlerinin belirlenişi

e. Sürdürülebilirlik ölçütleri

Aydınlatma düzenlerinin sürdürülebilirlik (*green criteria*) açısından değerlendirmesi yapılırken CO₂ salımı, enerji tüketimi, bakım analizi gibi dikkate alınması istenen ölçütler bu bölümde belirlenmelidir (Şekil 5.8).

Green criteria

- CO2 emission ☒
- Energy consumption ☒
- Maintenance analysis ☒
- Disposal fees ☐
- Further green criteria ☐

Şekil 5.8 Sürdürülebilirlik ölçütlerinin belirlenişi

f. Genel sonuçlar

Genel sonuçlarda (*overall results*) ayrıntılı incelenmesi istenen ölçütlerin tercihi yapılmalıdır. Örneğin “ilk yatırımın geri dönüşünün”(*return on investment*) incelenmesi isteniyor ise yanındaki alan işaretlenmelidir. Bu durumda, söz konusu ölçüt için girilen veri ve çıktı değerleri, sonuçlar kısmında detaylı olarak incelenecektir (Şekil 5.9).

Overall results	
Amortisation	☐
Return on investment (ROI)	☐
Net present value	☒
Investment vs. running costs	☒
Unique selling proposition argumentation (USP)	☒
Savings in comparison	☒

Şekil 5.9 Ayrıntılı incelenmesi istenen ölçütlerin belirlenişi

g. Sonuçların sunumu

Sonuçların sunumunda (*presentation of results*) dikkate alınması istenen zaman aralığı ve sunum formatına ilişkin ayrıntılar bu bölümde belirlenir (Şekil 5.10).

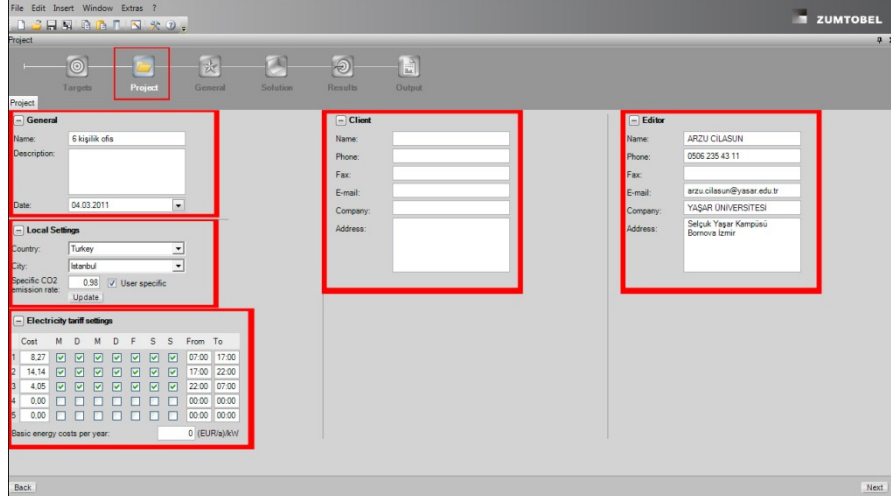
Presentation of results	
Output average value per year	☐
Output over lifetime	☒
Absolute figures	☒
Relative figures	☒

Şekil 5.10 Sonuçların Sunumu

5.2.2 Proje Sekmesi

Proje (*project*) sekmesi, ele alınan projeye ait temel bilgilerin girildiği sekmedir. Sekmede projeye ilişkin olarak girilmesi istenen bilgiler aşağıda yer almaktadır (Şekil 5.11):

- Genel Bilgiler: Projenin ismi, tanımı ve hazırlanma tarihi
- Projenin Konumu: Projenin bulunduğu ülke, şehir ve o ülke için belirlenmiş CO₂ salım oranı
- Elektrik Enerjisi Tarifesi: Kullanılacak elektrik enerjisinin fiyat (€) tarifesi (farklı gün/saat aralıkları için belirlenmiş toplam beş farklı tarifenin bilgileri girilebilir).
- Kullanıcı/Müşteri İle İlgili Bilgiler: İletişim için gerekli olan bilgiler
- Projeyi Hazırlayan İle İlgili Bilgiler: İletişim için gerekli olan bilgiler



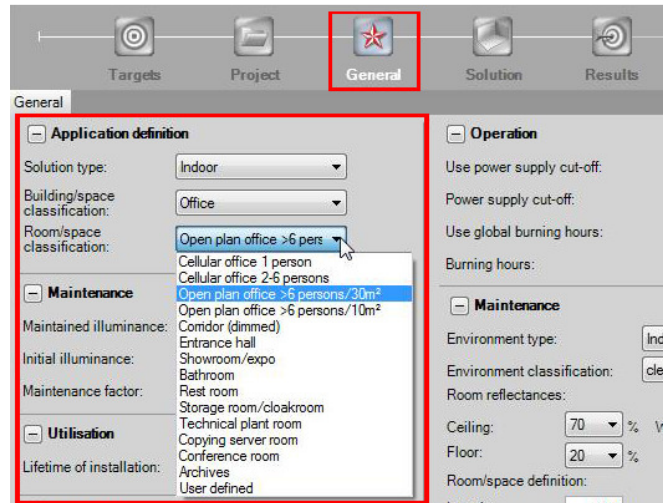
Şekil 5.11 Proje sekmesi arayüzü

5.2.3 Genel Bilgiler Sekmesi

Genel Bilgiler (*general*) sekmesinde, hacme ilişkin temel bilgilerin doldurulması gereklidir. Hacmin boyut, işlev, kullanım koşulları ve ihtiyaçlarına ait çeşitli sorgular bulunmaktadır. Bu aşamada yapılan tercihler, oluşturulacak tüm aydınlatma düzenleri için geçerli olan, hacme ait sabit değerlerdir.

a. Hacme ilişkin genel bilgiler

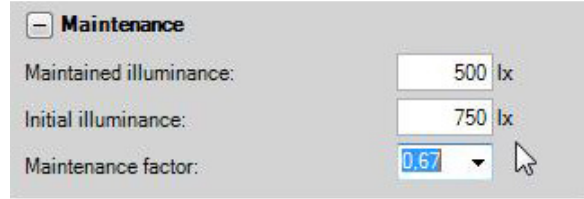
Ele alınan hacim özelliklerinin tanımlanabilmesi için, hacmin işlevi (ofis, eğitim yapısı vb.) ve türü (30m²den büyük 6 kişilik açık ofis gibi) belirtilen seçenekler arasından seçilmelidir. Program, iç mekan ve dış mekan olarak iki seçenek sunmasına karşın bugün için, yalnızca iç mekanı veri olarak kabul etmektedir (5) (Şekil 5.12).



Şekil 5.12 Hacmin özelliklerinin belirlenmesi

b. Aydınlık düzeyi

Bu bölümde hacimde sağlanması istenen aydınlık düzeyi bakım değeri (*maintenance illuminance*), her şey yeni iken oluşan aydınlık düzeyi (*initial illuminance*) ve değer düşme çarpanının (*maintenance factor*) tanımlanması gerekmektedir. Söz konusu üç veriden ikisi girildiğinde üçüncüsü otomatik olarak hesaplanmaktadır (Şekil 5.13).



Şekil 5.13 Aydınlık düzeyindeki değer düşme çarpanının saptanması

c. Aydınlatma döşeminin kullanım ömrü

Hacimdeki aydınlatma döşeminin kullanım (*utilisation*) ömrünün yıl cinsinden belirtilmesi istenmektedir (Şekil 5.14).



Şekil 5.14 Aydınlatma döşeminin ömrüne ilişkin sorgu

d. Montaj

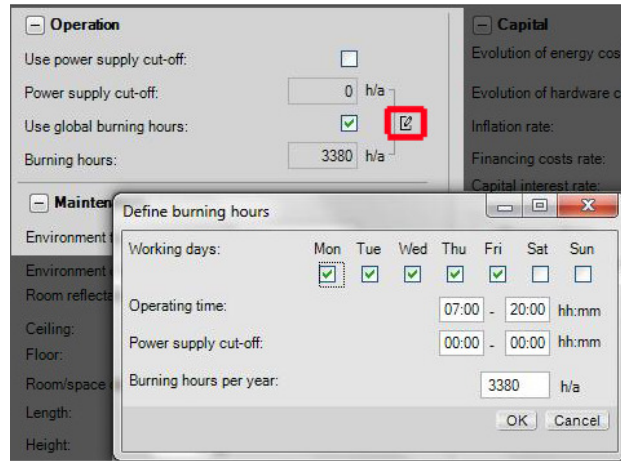
Aydınlatma döşemine ilişkin maliyet hesabında gerekli olan, montaj ve mesai ücretlerinin sorgusu bu bölümde yapılmaktadır (Şekil 5.15).



Şekil 5.15 Montaj sırasındaki maliyete ilişkin sorgular

e. İşletme

Hacimdeki enerji tüketimi hesaplanırken, işletmeye (*operation*) ilişkin çalışma saat ve günlerine ek olarak belirli saat aralığında enerji kesintisi uygulanıp uygulanmadığının bilinmesi gereklidir. Seçilen işleve göre program tarafından otomatik olarak seçili gelen lambaların yakılı olduğu saat cinsinden süre Şekil 5.16'da görülen kırmızı çerçeve içindeki tuşa basılarak değiştirilebilir.



Şekil 5.16 İşletmeye saatine ilişkin sorgular

f. Bakım

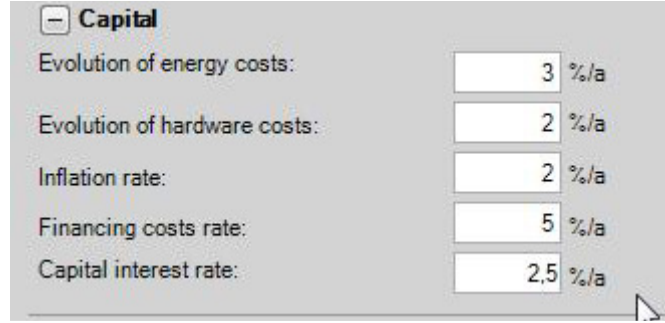
Hacim ile ilgili olan aşağıdaki verilere ilişkin bilgilerin girilmesi istenmektedir (Şekil 5.17).

- Mekan türü (*environment type*)
- Çevresel sınıflandırma (*environment classification*): CIE 97 (iç mekan) da belirtildiği gibi çok temiz, temiz, normal ve kirli seçeneklerinden biri seçilmelidir.
- Hacim iç yüzeylerinin yansıtma çarpanları (*room reflectances*)
- Hacim boyutları (*room/space definition*)
- Bakım aralığı (*room maintenance cycle*): Yıl cinsinden bakım aralığı belirtilmelidir.
- Bakım maliyeti (*room maintenance cost*): Metrekare başına düşen maliyet € cinsinden belirtilmelidir.

Şekil 5.17 Bakım ile ilgili bilgilerin girilmesi

g. Sermaye

Bu bölümde, tüm fiyat artışları ve enflasyon değerleri göz önüne alınarak, aydınlatma amaçlı ayrılan sermayenin (*capital*) kazanç ve kayıplarının hesaplanabilmesi için gerekli veriler sorgulanmaktadır (Şekil 5.18).



Parameter	Value	Unit
Evolution of energy costs:	3	%/a
Evolution of hardware costs:	2	%/a
Inflation rate:	2	%/a
Financing costs rate:	5	%/a
Capital interest rate:	2,5	%/a

Şekil 5.18 Sermaye ile ilişkili sorgular

h. Sürdürülebilirlik

Sürdürülebilirlik (*green criteria*) bölümünde, aydınlatma için harcanan elektrik enerjisinden ötürü çevreye verilecek olan zarar ve bunun maddi karşılığını belirleme amaçlı sorgular bulunmaktadır. Her ülkeye özgü belirlenmiş olan CO₂ salım sınırı ile ilişkilendirilerek her firma için belirlenen maksimum CO₂ salım miktarının aşılması durumunda ödenecek olan vergi, yıllık sürdürülebilirlik vergisi ve geri dönüşüm maliyeti Euro (€) cinsinden bu aşamada belirtilmelidir (Şekil 5.19).



Parameter	Value	Unit
CO2 emission share trading:	0	EUR
Eco tax:	0	EUR
Recycling costs:	0	EUR

Şekil 5.19 Sürdürülebilirlik ile ilgili sorgular

5.2.4 Aydınlatma Düzeni

Bu bölüme kadar olan sorgular, tüm aydınlatma düzenleri için ortak olarak kullanılacak olan hacim ve proje ile ilgili veriler idi. Dördüncü aşama olan Aydınlatma Düzeni ise, birden fazla sayıda aydınlatma tasarımı verilerinin aynı anda programa aktarılmasına olanak tanımaktadır. Böylece farklı aydınlatma çözümleri birbirleri ile çeşitli yönlerden karşılaştırılabilmektedir.

Aydınlatma düzenlerini karşılaştırmak için yanıtlanması istenen sorular aşağıda başlıklar altında toplanmıştır:

- İşletme
- Işıklıölçme
- Kullanım
- Sürdürülebilirlik
- Yatırım
- Sermaye
- Bakım
- Diğer özellikler

Karşılaştırılacak her bir aydınlatma düzeni için yeni bir sekme açılıp, aynı sorgular ayrı ayrı doldurulmalıdır. Bir aydınlatma düzeninde birden fazla çeşit aydınlatma aygıtının kullanılması durumunda her aygıt türüne ilişkin bilgiler ayrı ayrı girilmelidir. Şekil 5.20’de görülen aydınlatma düzeni sekmesinin “yeni aygıt” düğmesine basılarak her aygıt çeşidi için yeni bir pencere açılması gerekmektedir. Fakat aydınlatma aygıtlarından bir tanesi “asıl bileşen” (*main component*) olarak belirtilmelidir.

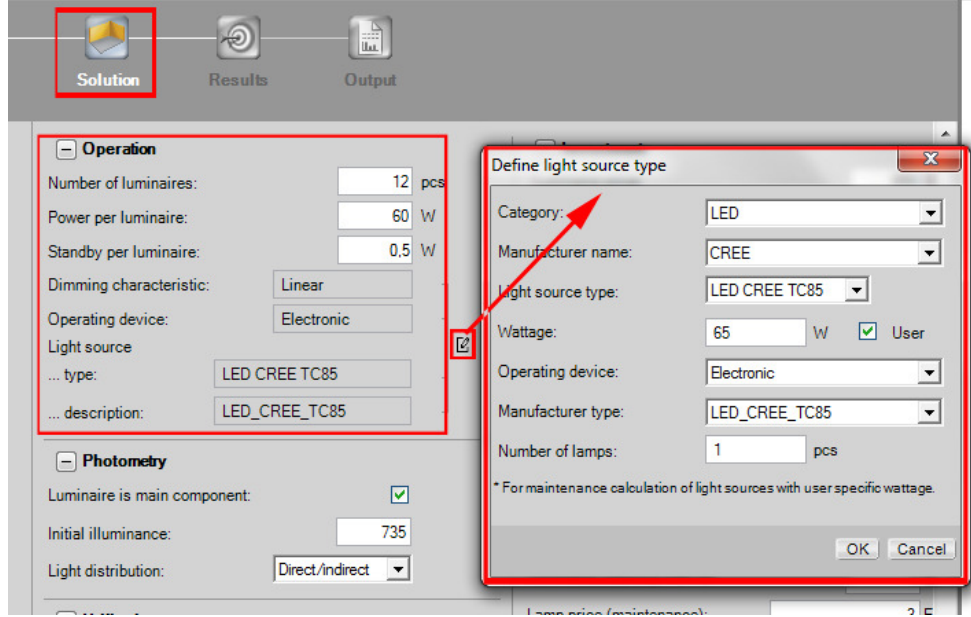
The screenshot displays the ZUMTOBEL ecoCALC software interface. The 'Solution' tab is selected, showing a sidebar with 'Luminaires' and 'LED' categories. The main area contains several input fields for different categories:

- Operation:** Number of luminaires (12 pcs), Power per luminaire (60 W), Standby per luminaire (0.5 W), Dimming characteristic (Linear), Operating device (Electronic), Light source type (LED CREE TC85), and description (LED_CREE_TC85).
- Investment:** Luminaire price (650 EUR/pcs), Lamp price (15 EUR/pcs), Installation time per luminaire (15 min), Installation material costs (50 EUR), and Special features costs (0 EUR).
- Capital:** Evolution of lamp costs (3 %/a).
- Photometry:** Luminaire is main component (checked), Initial illuminance (735), and Light distribution (Direct/indirect).
- Maintenance:** Luminaire maintenance type (D), Luminaire cleaning time (20 min), Luminaire cleaning interval (3 a), Lamp price (maintenance) (3 EUR), Lamp replacement time (10 min), Type of lamp replacement (Group), Lamp group replacement interval (3 a), Switching frequency (1/d), Number of operating devices in installation (100 pcs), and Operating device failure rate (0 %/a).

Şekil 5.20 Aydınlatma düzeni sekmesi

a. İşletme

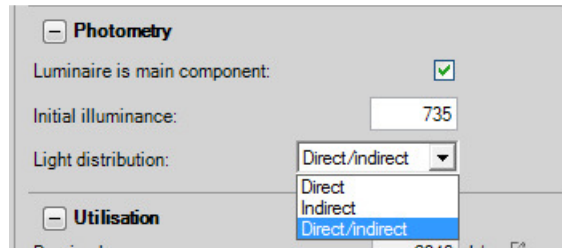
Aydınlatma döşemine ilişkin enerji tüketimini belirleyebilmek için aygıtlar ve bileşenleri ile ilgili veriler bu bölümde tanımlanır. Aydınlatma aygıtlarına ilişkin; adet, güç, dimmerlenme özelliği, lamba türü vb. soruların doldurulması beklenmektedir. Lambaya ilişkin detaylı güç, üretici, balast bilgileri, Şekil 5.21’de görülen kutucuğa bastıktan sonra açılan penceredeki alana girilir.



Şekil 5.21 İşletme sorgusu

b. Işıkkölçme

Bu bölümde aydınlatma döşemi yeni iken oluşan aydınlık düzeyi ve aydınlatma biçimi (doğrudan, dolaylı, doğrudan-dolaylı) bilgisi tanımlanmalıdır (Şekil 5.22).



Şekil 5.22 Aydınlatma biçiminin tanımlanması

c. Kullanım

Aydınlatma düzeninin kullanımına (*utilisation*) yönelik aşağıdaki bilgilere bu bölümde yer verilmiştir:

- Lambaların yanma süresi: Saat/yıl (h/a) cinsinden tanımlanmalıdır.

- Varlık kontrolü: Sunulan seçenekler arasından seçilmelidir.
- Sabit aydınlık düzeyi kontrolü: 0-1 arasında değişebilen bu değer el ile, otomatik ve kullanıcı tarafından tanımlı olmak üzere üç biçimde tanımlanabilmektedir. Söz konusu değer, el ile seçeneği seçildiğinde 1 olarak alınır. Otomatik seçeneği seçildiğinde ise bakım aralığı dikkate alınarak program tarafından hesaplanmaktadır. Bunların yanı sıra sabit aydınlık düzeyi kontrol değerinin kullanıcı tarafından da tanımlanmasına izin verilmektedir.
- Günişliğine bağlı aydınlatma kontrolü: El ile açıp kapatma, fotosel ile dimmerleme ya da kullanıcı tanımlı olarak belirtilmiş seçenekler arasından biri seçilmelidir. Kontrol ile ilgili çarpan 0-1 arasında değişmektedir. Elle açıp kapama seçildiğinde 1, günişliğine bağlı olarak fotosel ile dimmerleme seçeneği seçildiğinde program tarafından yaklaşık olarak hesaplanmaktadır. Kullanıcı tarafından tanım yapılmasına da olanak tanınmaktadır. Kullanıcının bu bilgiyi aydınlatma programları ya da standartlar aracılığı ile edinebileceği düşünülmüştür.
- Döşemin kullanım yüzdesi (*utilisation rate installation*): Hacmin değişik bölgelerindeki farklı dimmerleme gereksinimine bağlı olarak belirlenmektedir. Aynı aygıt türü hacmin farklı bölümlerinde değişen oranlarda dimmerlendiğinde, ortalama dimmerlenme düzeyi, dimmerlenme oranı ve uygulandığı alanın büyüklüğüne bağlı olarak belirlenmektedir. Hacimdeki tüm aygıtlar aynı oranda dimmerleniyor ise bu değer 100 olarak alınmalıdır.
- Ortalama dimmerleme düzeyi (*Average dimming level*): Kullanıcı tarafından tanımlanan ortalama dimmerlenme oranı
- Enerji değerlendirmesi yapılan hacimde, belirtilen denetimlerden hangileri bulunuyor ise, ilgili katsayının girilmesi gerekmektedir (Şekil 5.23).

Utilisation

Burning hours:

2340

h/a

Presence control:

Manual ON/OFF

Fo =

1

Constant illuminance factor:

Manual

Auto

User

Fc =

0,84423

Daylight dependent lighting control:

Manual

Fd =

1

Utilisation rate installation:

100

%

Average dimming level:

100

%

Şekil 5.23 Kullanım sorgusu

d. Sürdürülebilirlik

Sürdürülebilirlik (*green criteria*) açısından değerlendirme yapmak için, her bir aydınlatma aygıtının ve lambasının geri dönüşümü için harcanacak olan tutar EUR (€) olarak burada belirtilmelidir (Şekil 5.24).

Green criteria

Disposal fees per luminaire:

0

EUR/pcs

Disposal fees per lamp:

0

EUR/pcs

Şekil 5.24 Sürdürülebilirlik sorgusu

e. Yatırım

Aydınlatma düzeni için yapılan yatırımın (*investment*) belirlenmesi için, her aydınlatma aygıtı için ödenen tutar (aydınlatma aygıtı ve lambasının fiyatı, aydınlatma aygıtının montajı için gereken süre, montaj için gerekli malzeme ve bunlar dışındaki yatırım) belirtilmelidir (Şekil 5.25).

Investment

Luminaire price:

650

EUR/pc

Lamp price:

15

EUR/pc

Installation time per luminaire:

15

min

Installation material costs:

50

EUR

Special features costs:

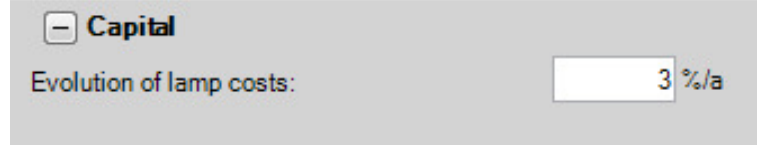
0

EUR

Şekil 5.25 Yatırım

f. Sermaye

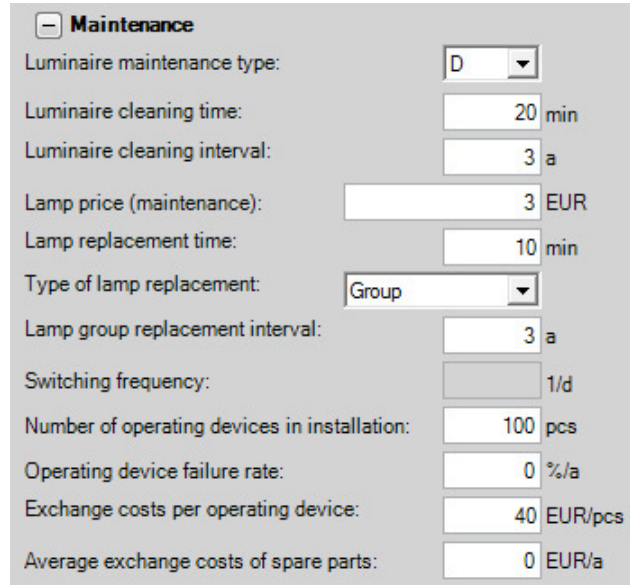
Aydınlatma düzeninde kullanılan lambaya ait fiyat artışının yıllık olarak belirtilmesi gerekmektedir (Şekil 5.26).



Şekil 5.26 Sermaye sorgusu

g. Bakım

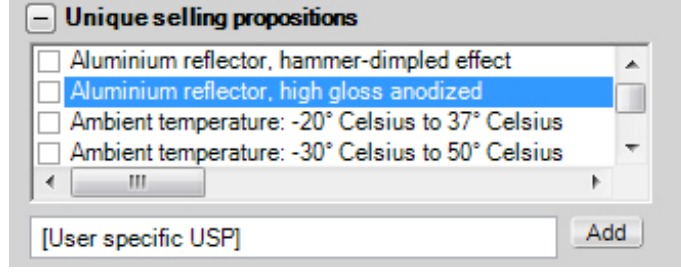
Aydınlatma aygıtı ve bileşenlerine ilişkin, bakım aralığı, süresi, maliyeti gibi bilgilerin girilmesi, aydınlatma düzenine ilişkin toplam bakım maliyetinin belirlenebilmesi için önemlidir (Şekil 5.27).



Şekil 5.27 Bakım sorgusu

h. Diğer özellikler

Bu bölüm, aydınlatma düzenine ilişkin, ilginç bir özellik var ise onun belirtilmesi için bırakılan alandır. Burada var olan seçenekler arasından tercih yapılabilir ya da kullanıcı tarafından not düşülebilir. Aydınlatma düzeninin, öne çıkan özelliklerini göstermeye imkan veren bu sorguların herhangi bir sayısal değeri olmadığından, değerlendirmenin sayısal sonuçlarını etkilemezler (Şekil 5.28).



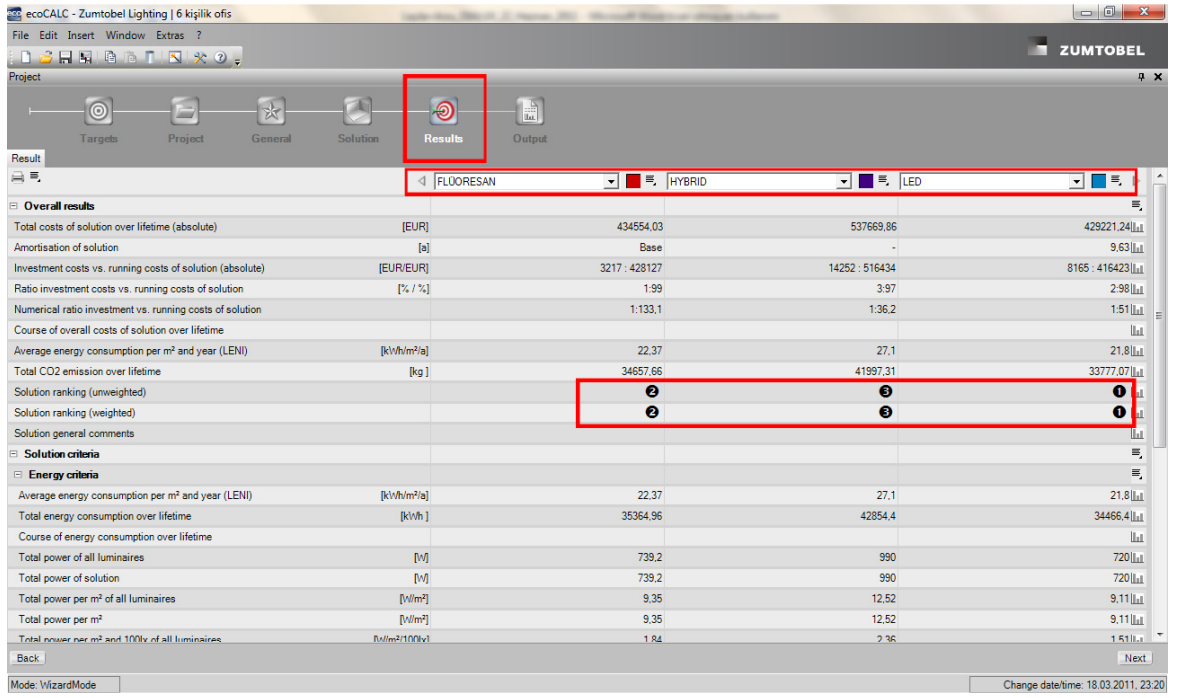
Şekil 5.28 Diğer özelliklere ilişkin sorgu

5.2.5 Sonuçlar

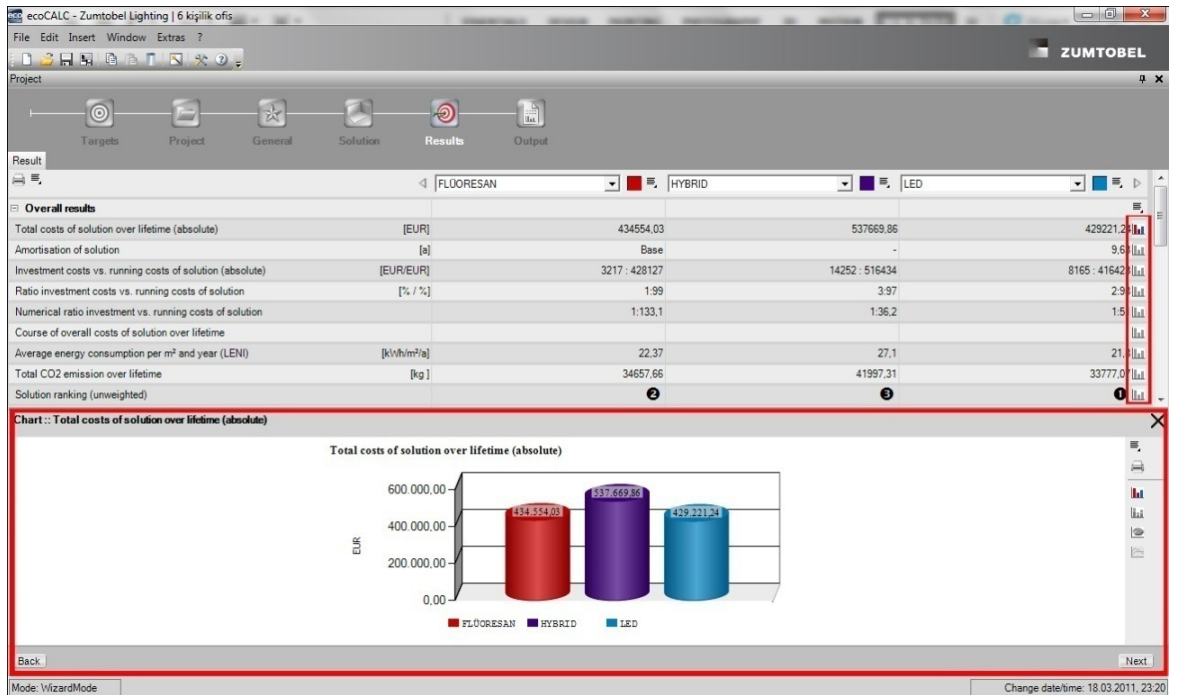
Programın Proje, Genel ve Aydınlatma Düzeni aşamalarında girilmiş olan tüm veriler Hedefler aşamasında yapılan ölçüt tercihlerine dayanarak, Sonuçlar (*results*) aşamasında şekillenir. Şekil 5.29’da görüldüğü gibi, tüm aydınlatma düzenlerine ilişkin sonuçlar belirli ana başlıklar altında görülebilmektedir.

Sonuçların başlıkları sol sütun altında verilmiştir. Soldan ikinci sütunda ise değerlerin birimi görülmektedir. Ele alınmış olan her bir farklı aydınlatma düzenine ilişkin sonuçlar farklı sütun başlıkları altında detaylı olarak verilir. Şekil 5.29’da örnek olarak ele alınan aydınlatma düzenlerinin sonuçları görüntülenmiştir. İstenirse bu düzenlerin gösterim renkleri ve sırası değiştirilebilmektedir.

Hedefler aşamasında belirlenmiş olan değerlendirme ölçüt ve yüzdelerine göre yapılan hesaplama sonucunda en başarılı bulunan aydınlatma düzeni görülebilir. Sayısal sonuçlara ek olarak, Şekil 5.29’da görüldüğü gibi her sonuç satırının sonunda görülen grafik sekmesine tıklandığında, o sonuç ile ilgili grafiksel gösterime ulaşmak mümkündür (Şekil 5.30).



Şekil 5.29 Sonuçların görüntüsü

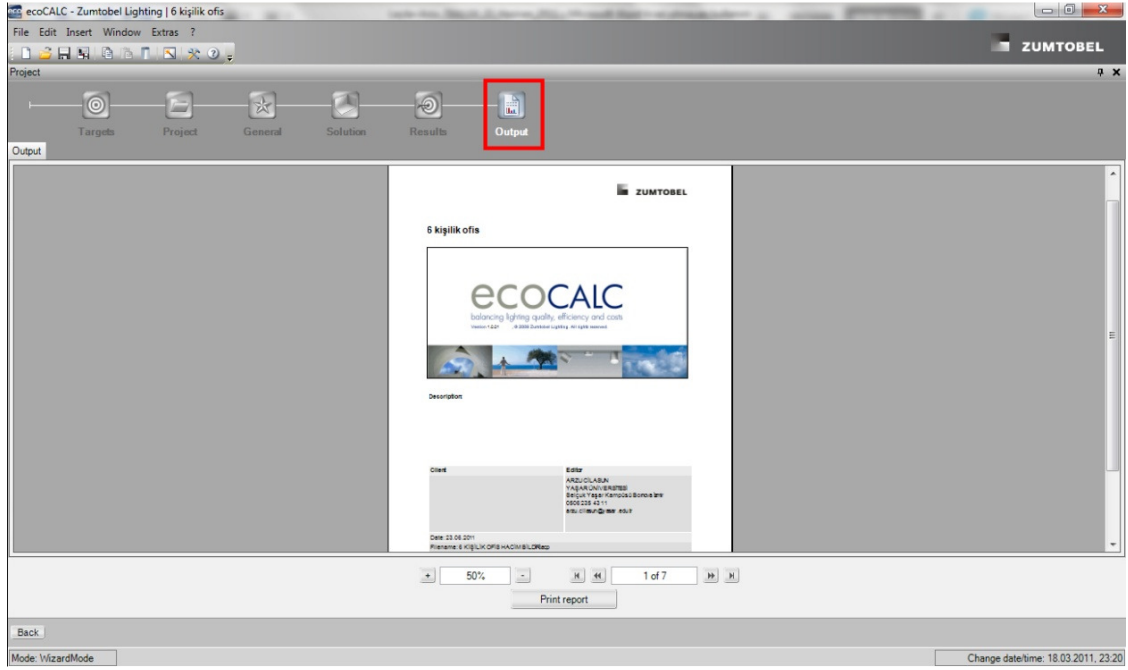


Şekil 5.30 Sonuçların grafiksel gösterimi

5.2.6 Çıktı

Program çıktı (output) aşamasında, programda elde edilen verileri ve yapılan değerlendirmeyi, PDF formatında kayıt edilecek ya da doğrudan yazıcıdan çıktı

alınabilecek hale getirir. Bu aşamada, kullanıcının yapabileceği herhangi bir düzenleme ya da değişikliğe imkan verilmemektedir (Şekil 5.31).



Şekil 5.31 Çıktıların Alınması

VIVALDI ile ENERJİ DEĞERLENDİRMESİ

Zumtobel Lighting GmbH tarafından hazırlanmış bir interaktif aydınlatma tasarım programıdır. VIVALDI 1.5.03'ün demo ve lisanslı olmak üzere iki sürümü mevcuttur. Demo sürümü Yardım (*Help*) dosyaları hariç tümü ile lisanslı sürüm ile aynı yetide olan, internetten indirildikten sonra 30 gün süre ile kullanılabilen bir sürümdür. Lisanslı sürüm ise, ücret karşılığı alınan Anahtar (*dongle*) takılı olduğu sürece çalışmaktadır (6).

VIVALDI, standart aydınlatma bilgisayar programlarının sonuçlarını veri olarak kullanır. Enerji tüketimi ile aydınlatma tasarım ölçütlerini değerlendirme özelliği ve interaktif görsel sunumuyla aydınlatma tasarım sürecini destekler (16). İnteraktif görselleştirme, aydınlığın niteliğini değerlendirme ve ömür çevrim analizi olmak üzere üç ayrı fonksiyonu bulunmaktadır.

VIVALDI programının öne çıkan özelliği, dinamik aydınlatma tasarımı oluşturmak ve bunun görselleştirilmesidir. Dinamik aydınlatma tasarımında, değişken çalışma saatleri, gün boyunca farklı dimmerleme oranları ve farklı enerji tarifeleri olduğu için var olan standartlar değerlendirme için yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle VIVALDI enerji değerlendirmesi yaparken EN 15193'in sadece bazı denklemlerini kullanmaktadır.

VIVALDI veri olarak, ele alınan hacmin DIALux, ReluxPro gibi standart aydınlatma programlarında oluşturulmuş ışık sahnelerine ait perspektiflerini kullanır. Daha açık bir deyişle, hacim içinde kullanılan her bir farklı aydınlatma aygıtının tek başına yakılı olduğu durumlar ile günün değişik zamanlarında yalnızca günışığının kullanıldığı durumda elde edilen görsel sonuçların standart programlarda aynı perspektif kullanılarak oluşturulup VIVALDI'ye aktarılması gerekmektedir (15). Aydınlatma programlarında belli bir ana ait olarak elde edilebilen görüntü, VIVALDI'ye aktarıldıktan

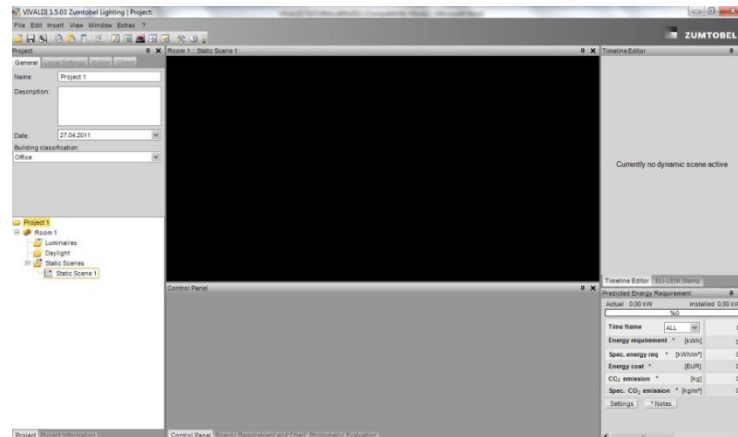
sonra peş peşe eklenebilmektedir. Farklı saat dilimlerine ait bu görseller, kontrol panelleri ile dinamik sahne haline getirilebilmektedir.

VIVALDI'de; Basit (*Simple*), Gelişmiş (*Advanced*) ya da HDR olmak üzere üç farklı çalışma şekli bulunmaktadır. Bunlardan hangisinin kullanılacağı, veri olarak kullanılan grafiğin fotometrik özelliklerine göre belirlenir.

- Basit çalışma şeklinde veriler (JPEG formatında olmak kaydıyla) aydınlatma programlarından, bir fotoğraftan, hatta bir eskizden alınabilir.
- Gelişmiş çalışma şeklinde, görselin, basit çalışma şeklinden farklı olarak yanlış renk gösteriminde (*false colour rendering*) kaydedilmiş olması gereklidir. Yanlış renk gösterimindeki fotometrik değerler aracılığı ile perspektif içine eklenen bir hesap yüzeyindeki aydınlık düzeyi fare aracılığı ile noktasal olarak izlenebilmektedir.
- HDR- Yüksek Dinamik Dizilim (*High-Dynamic-Range*) VIVALDI'nin hem enerji değerlendirmesi hem de görselleştirme açısından en iyi sonuç veren çalışma şeklidir. Gelişmiş çalışma şeklindeki gibi hesap yüzeyi atayarak noktada aydınlık düzeyi okunabilir. HDR çalışma şekli, yalnızca hdr formatındaki görseller ile çalışabilmektedir.

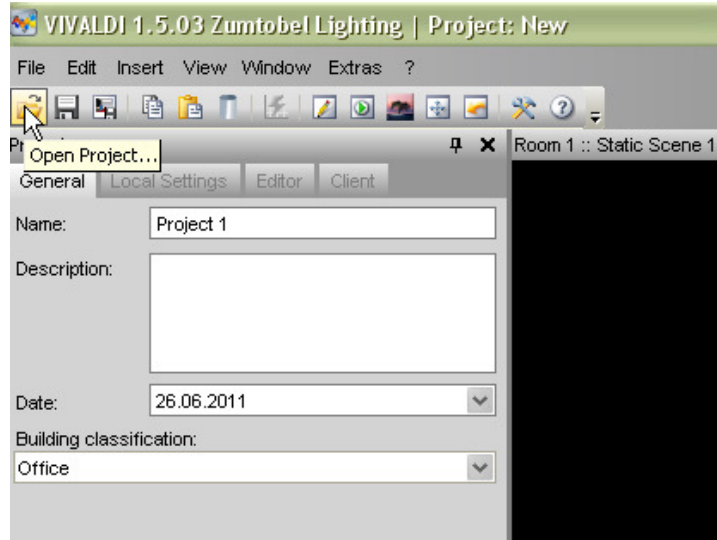
Çalışmanın bundan sonraki bölümlerindeki açıklamalar, bu üç çalışma şeklinden, verileri oluştururken JPEG gibi sık bulunan bir formattaki verileri kabul etmesinden dolayı, basit çalışma şekli uyarınca yapılmıştır.

6.1 Enerji Değerlendirme Projesinin Yaratılması



Şekil 6.1 VIVALDI Arayüzü

VIVALDI, ilk açılırken otomatik olarak Yeni Proje (*New project*) ile başlar (Şekil 6.1). Daha önce hazırlanmış bir proje çağırılmak istenirse Şekil 6.2’de görüldüğü gibi var olan proje VIVALDI’ye çağrılabilir.



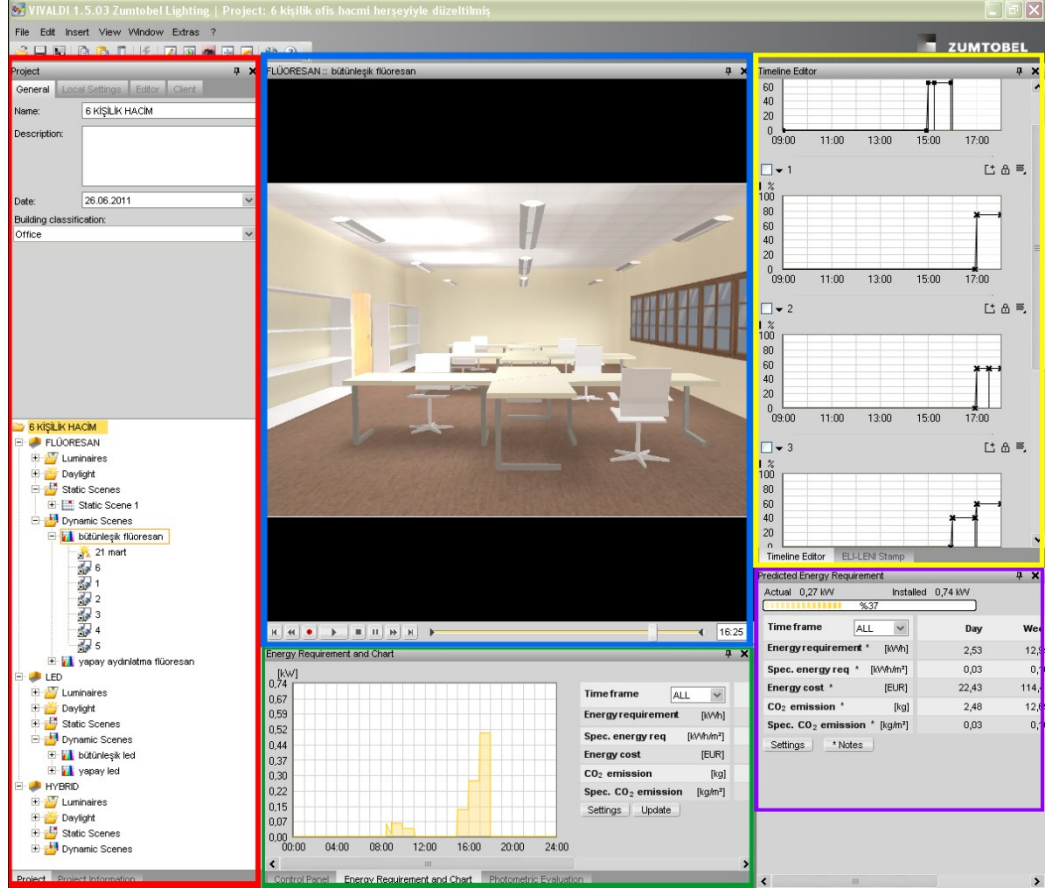
Şekil 6.2 VIVALDI'de önceden hazırlanmış bir projenin açılması

VIVALDI arayüzü, beş ana bölümden oluşmaktadır. Bu beş ana bölümden bazıları, kendi içinde sekmelere ayrılarak, farklı işlevler yüklenmektedir. Bölümler ve görevleri aşağıda açıklanmıştır (Şekil 6.3):

1. Proje Ağacı: Proje ile ilgili bilgilerin girildiği bölüm (kırmızı çerçeve).
2. Sahne (*Scene*) :Yapılan düzenlemelerle eş zamanlı olarak sahnelere ilişkin görsel değişikliklerin de izlenebileceği bölümdür (mavi çerçeve).
3. Denetim:
 - a)Kontrol Paneli: Aydınlatma aygıtlarına müdahale edilebilen bölümdür (yeşil çerçeve).
 - b)Enerji Gereksinim Göstergesi (*Energy Requirement and Chart*): Enerji tüketimi ve CO₂ salımına ait günlük/haftalık/aylık/yıllık sonuçların grafikler ile izlenebileceği bölüm (yeşil çerçeve).
4. Kullanım:
 - a)Zaman Çizelgesi Editörü (*Timeline Editor*): Aydınlatma aygıtlarının çalışma sürelerinin belirlendiği bölüm (sarı çerçeve).

b)ELI-LENI : ELI^1 - $LENI^2$ göstergeleri ile aydınlatma düzeninin hem nitelik hem de nicelik olarak değerlendirilebildiği bölüm (sarı çerçeve).

5. Öngörülen Enerji Gereksinimi (*predicted energy requirement*): Enerji tüketimine ilişkin sayısal değerlerin görüldüğü alan (mor çerçeve).



Şekil 6.3 Vivaldi arayüzündeki ana bölümler

Yukarıda belirtilen beş bölüm ve o bölümde girilmesi gereken bilgileri tanıtmak amacıyla aşağıda her biri ayrı ayrı ele alınmıştır.

6.2 Proje Ağacı

Proje ağacında, projenin her aşaması ile ilgili ana tercih ve özellikler belirtilir. Yeni bir aydınlatma aygıtının aktarılması, sahne oluşturulması, bileşenlerin düzenlenmesi, silinmesi vb. tüm işlemler proje ağacından yapılır. Bunun için işlem yapılmak istenen

¹ ELI: Ergonomik aydınlatma göstergesi (*Ergonomic Lighting indicator*)

² LENI: Aydınlatma enerjisi sayısal göstergesi (*Lighting Energy Numeric Indicator*)

bölüm (proje, hacim, aydınlatma aygıtı, güneşiği, sahne) proje ağacından seçilmeli, istenen veriler programa girilmelidir.

6.2.1 Proje

Proje Ağacı'nda ilk sekmede, proje (*project*) ile ilgili; isim, tanım ve işlev bilgileri gibi genel bilgiler sorgulanır (Şekil 6.4-1).

İkinci sekmede, konum ile ilgili bilgilerin (ülke, şehir ve varsa belirlenmiş CO₂ salım oranı varsa) belirtilmesi beklenir. Ayrıca tabi olunan elektrik enerjisi tarifesinin girilmesiyle, enerji tüketim tutarı program tarafından hesaplanabilmektedir (Şekil 6.4-2).

Üçüncü ve dördüncü sekmede ise, sırasıyla proje hazırlayıcısı ve kullanıcısına (müşterisine) ait iletişim bilgileri girilir (Şekil 6.4-3-4).

Şekil 6.4 Proje Ağacı'na ait dört sekme

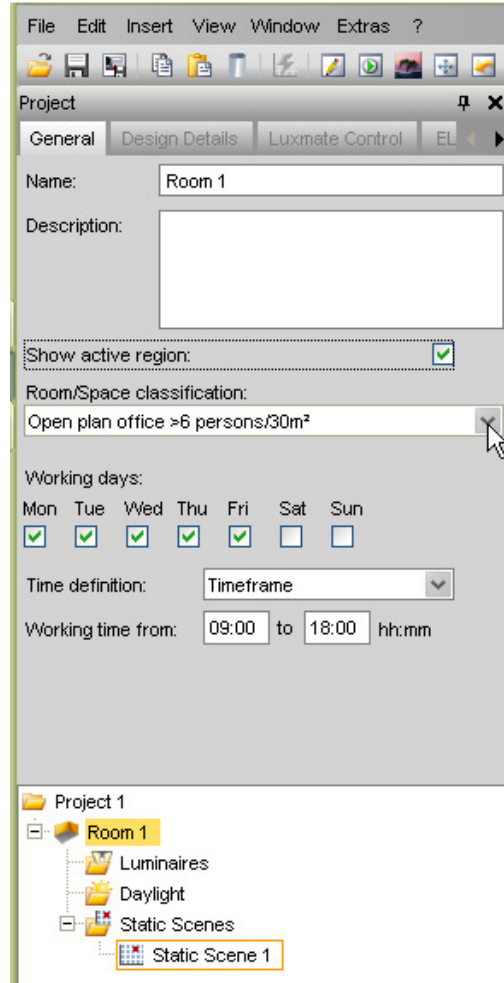
6.2.2 Hacim

VIVALDI'de aynı anda yalnızca bir projede çalışılabilir, fakat her projenin altında birden çok hacim (*room*) olabilir. İlk hacim, VIVALDI açıldığında otomatik olarak açılır. Yeni hacim yaratılmak istenirse, Proje Ağacı'ndaki proje ibaresine sağ tıklanarak "hacim ekle" (*insert room*) seçilmelidir.

Çalışılmak istenen hacim ile sorgular dört bölümden oluşmaktadır;

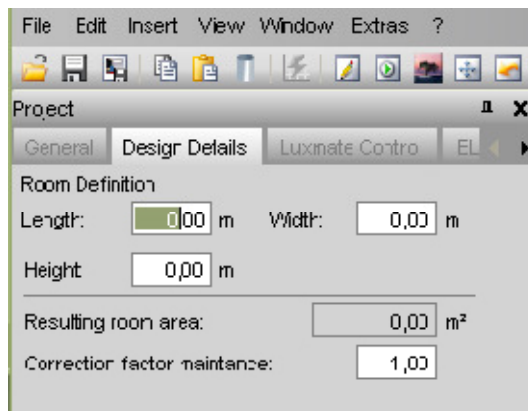
- Genel Bilgiler (*General*): Hacmin ismi ve tanımına ek olarak hacmin sınıflandırılmasına ilişkin sunulan seçeneklerden (örneğin, 30m²'den büyük 6 kişilik açık planlı ofis gibi) tercih yapılması istenir. Ayrıca yıllık toplam çalışma saatinin

belirlenebilmesi için çalışma gün ve saatlerinin bu bölümde belirtilmesi gerekmektedir (Şekil 6.5).



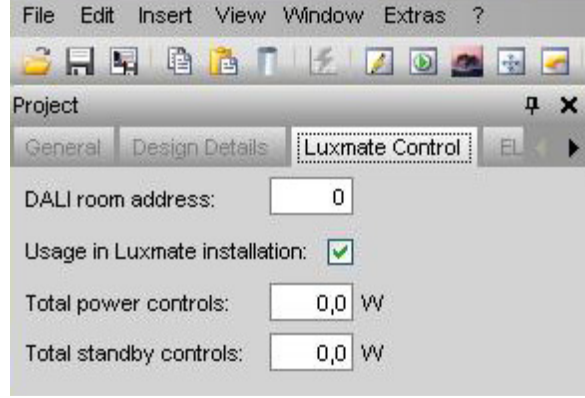
Şekil 6.5 Hacim ile ilgili genel bilgiler

- Tasarım Detayları (*Design Details*): Hacmin en/boy/yükseklik ve bunlara bağlı olarak hesaplanan alanına ek olarak, bakım faktörünün de girilmesi gerekmektedir (Şekil 6.6).



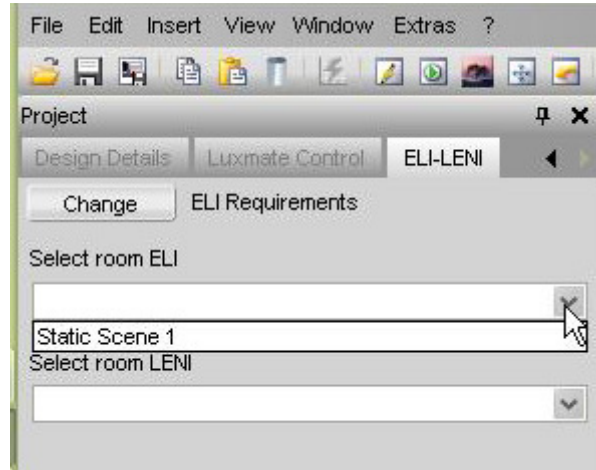
Şekil 6.6 Hacim ile ilgili tasarım detayları

- Luxmate Kontrol Sistemi (*Luxmate Control*): VIVALDI programında hazırlanan aydınlatma sahneleri istenirse, Luxmate kontrol sistemi aracılığıyla sanal ortamdan gerçek uygulamalara aktarılabilmektedir (Şekil 6.7).



Şekil 6.7 LUXMATE sorgusu

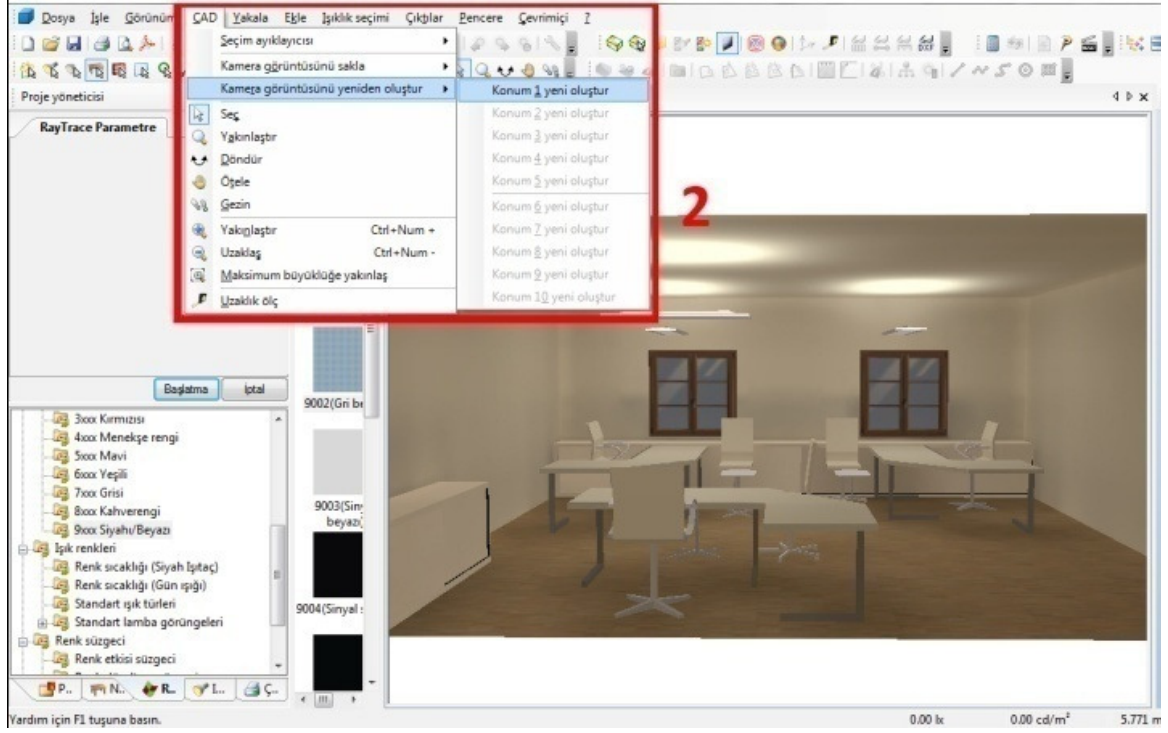
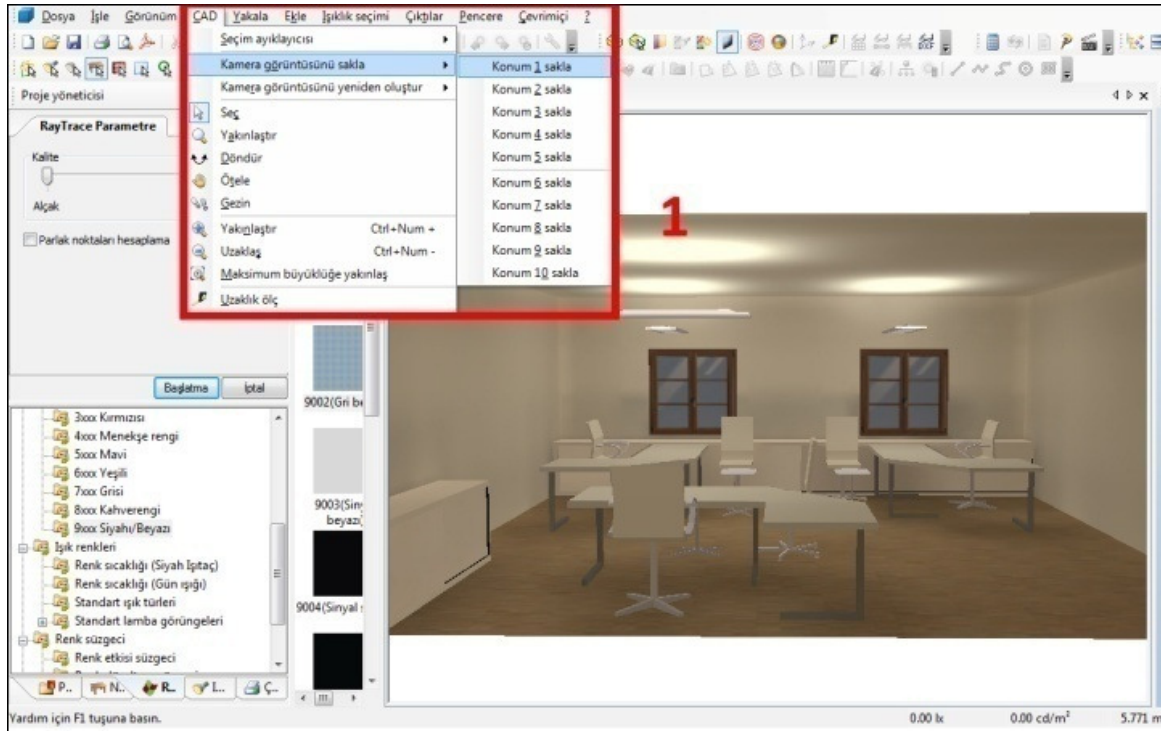
- ELI-LENİ: ELI-LENİ göstergeleri hangi sahnelerde kullanılacak ise onların belirtilmesi beklenmektedir (Şekil 6.8).



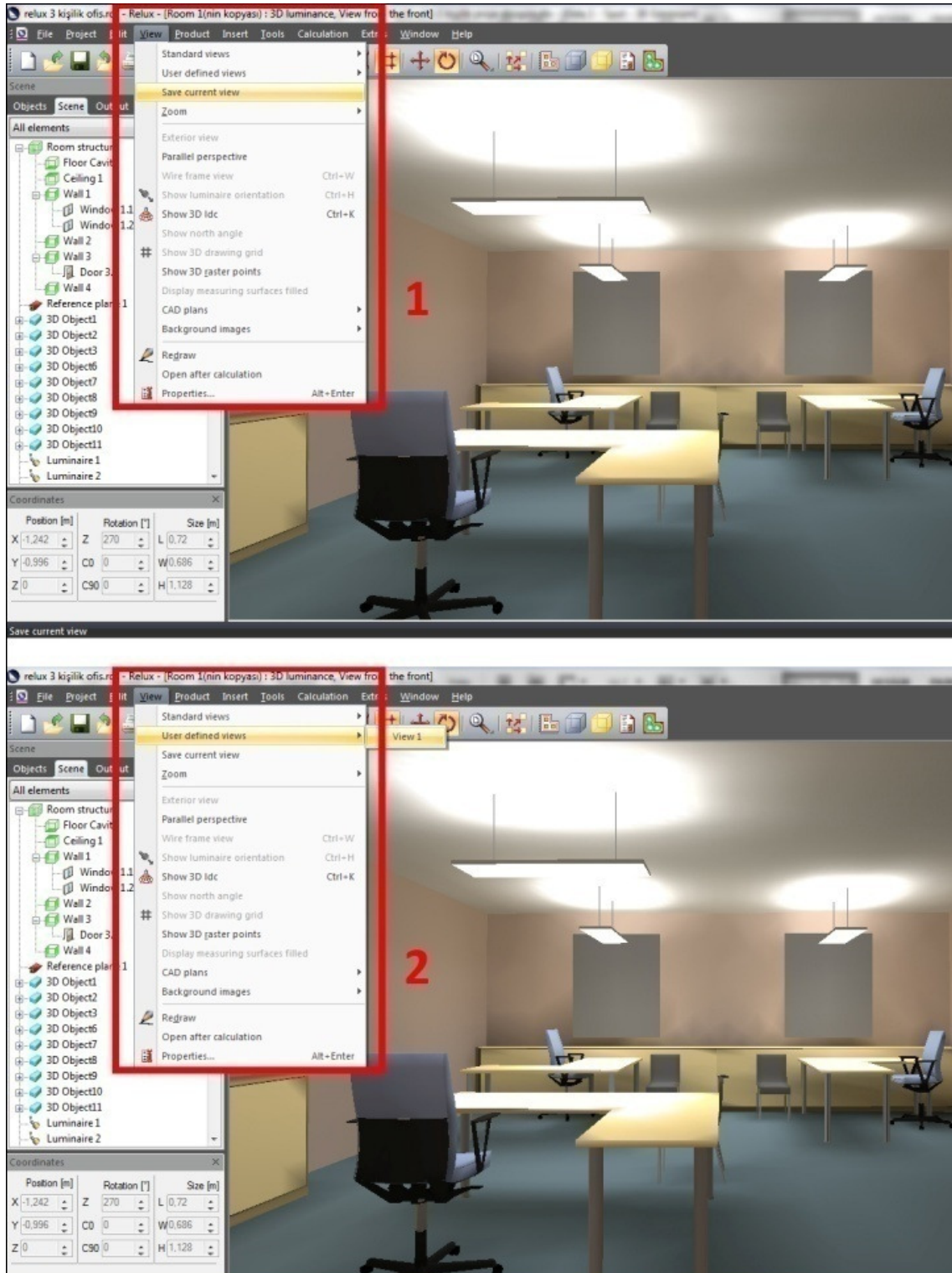
Şekil 6.8 ELI-LENİ sorgusu

6.2.3 Yapay Aydınlatma

6. bölümde belirtildiği gibi, VIVALDI’de proje oluşturulurken, DIALux, ReluxPro gibi aydınlatma hesap programlarında oluşturulmuş olan projenin görüntüleri veri olarak kullanılmaktadır. Belli bir hacme ait aktarılabilecek tüm görsellerin aynı açı kullanılarak oluşturulmuş olması gerekmektedir. Böyle yapılmadığı durumda, VIVALDI’de oluşturulan sahne bulanık olmaktadır. Kamera açısını sabitleyerek görüntünün kaydedilme ve sonra o sahnenin tekrar oluşturulma işlemi DIALux için Şekil 6.9’da, ReluxPro için ise Şekil 6.10’da gösterildiği gibidir.

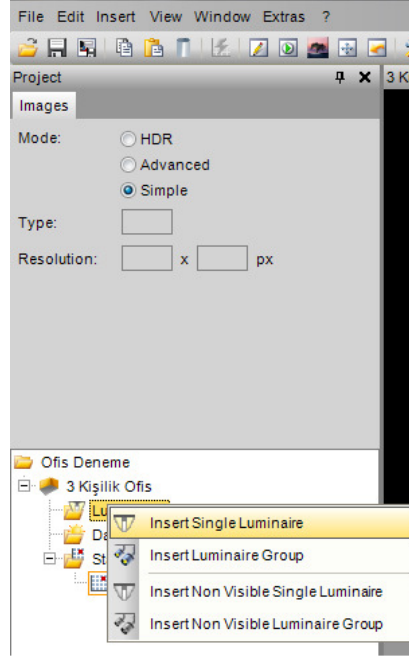


Şekil 6.9 DIALux'de kamera açısının sabitlenmesi



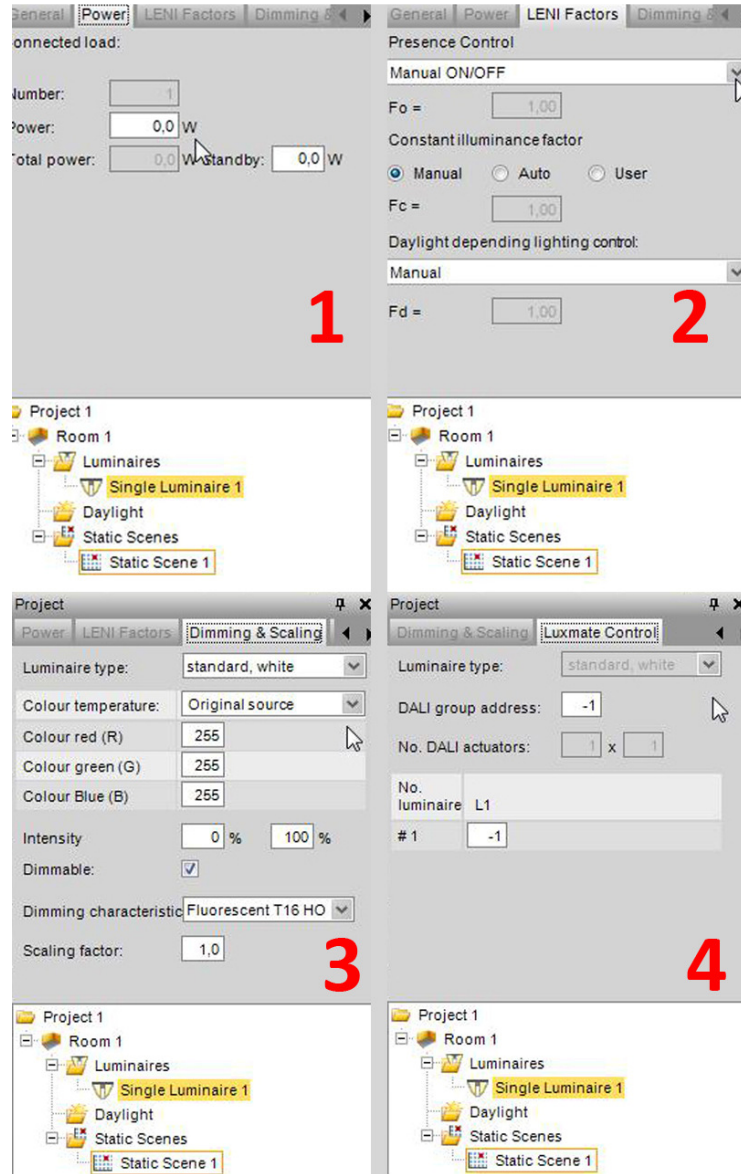
Şekil 6.10 ReluxPro'da kamera açısının sabitlenmesi

Sabit açı ile oluşturulmuş sahneler JPEG formatında kaydedildikten sonra, VIVALDI'de proje ağacındaki Yapay Aydınlatma Aygıtları'na (*Luminaires*) sağ tıklanarak eklenebilir (Şekil 6.11).



Şekil 6.11 VIVALDI'de yapma aydınlatma aygıtı eklemek

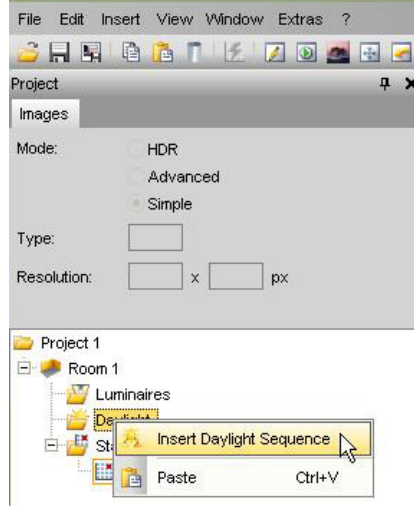
VIVALDI, aydınlatma aygıtlarına ait güç, kullanılan denetim sistemleri, dimmerleme oranları ve ışık rengi bilgilerini sorgulayıp kaydeder (Şekil 6.12). Oluşturulan sahnelerin görselleştirilmesinde ve yapılan enerji tüketim hesaplarında bu veriler kullanılır. Sahne aktarıldıktan sonra aydınlatma aygıtlarına ait bilgilerin güncellenmesi olanaklı olmadığı için, tüm bilgiler bu aşamada girilmelidir.



Şekil 6.12 Yapay aydınlatma aygıtları ile ilgili sorgular

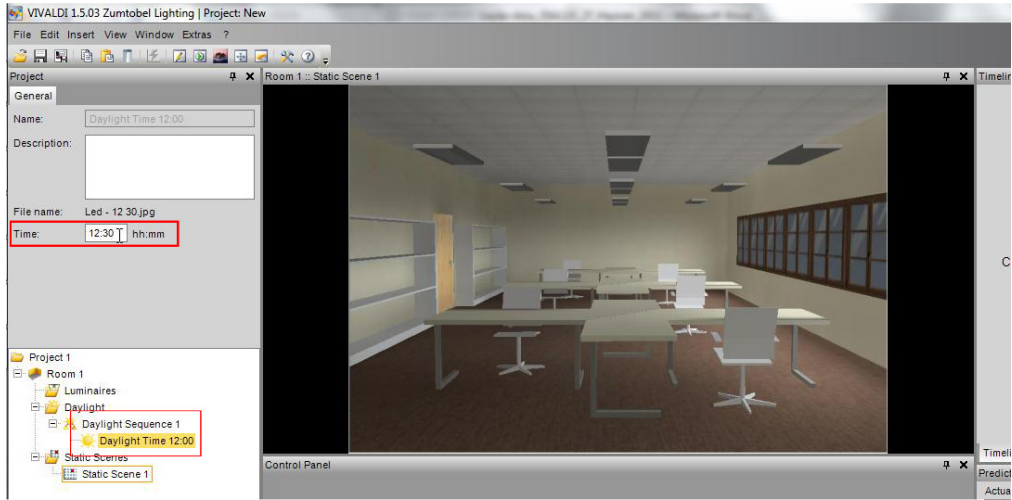
6.2.4 Güneş ışığı

Aydınlatma programlarında yalnızca güneş ışığından yararlanıldığı koşul için hesap yapıldıktan sonra, güneş ışığı aydınlığına ait görsellerin VIVALDI'ye eklenmesi lamba ışığı ile yapılan aydınlatma ile benzerlik göstermektedir (Şekil 6.13). Yapay aydınlatmadan farklı olarak, güneş ışığı görsellerini eklemekten önce tek bir günün çeşitli saatlerini belirten güneş ışığı dizilimi oluşturulmalıdır. İstenirse, dizilim sayısı artırılarak projenin kapsadığı gün sayısı çoğaltılabilir.



Şekil 6.13 Güneş ışığı düzenlemesi

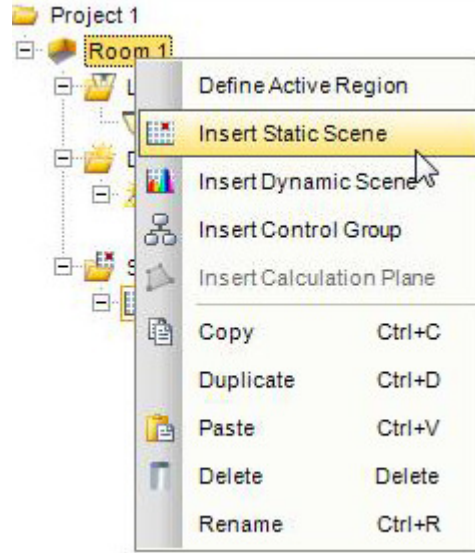
VIVALDI'ye eklenen güneş ışığı görselinin hangi zaman dilimine ait olduğunun girilmesi gerekmektedir. Şekil 6.14'te görüldüğü gibi, eklenen her görsel için, çerçeve içinde gösterilen alana zaman diliminin yazılması beklenmektedir. VIVALDI daha sonra bu görselleri birleştirerek, gün içindeki doğal aydınlatma koşullarını oluşturur.



Şekil 6.14 Güneş ışığı sahnesinin saat bilgisinin girişi

6.2.5 Statik Sahne

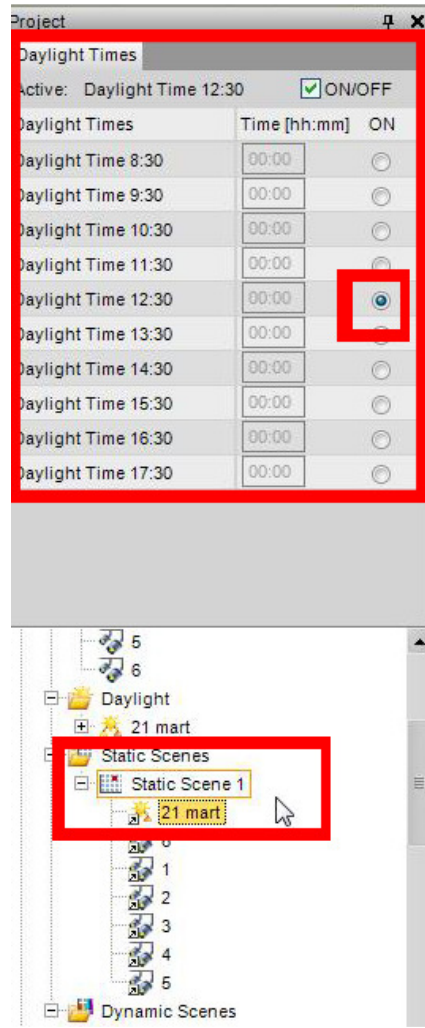
VIVALDI'de sabit ve dinamik sahne olmak üzere iki sahne tipi bulunmaktadır. Programda hacim oluşturulduğunda, statik sahne otomatik olarak oluşturulur. Hacim içine yeni bir sahne eklenmek istenirse, proje ağacında hacme sağ tıklanarak yapılabilir (Şekil 6.15).



Şekil 6.15 Hacme statik sahne eklemek

Statik sahnelerde (*Static Scene*), zamana göre değişiklik gösteren bir aydınlatma tasarımı yapmak mümkün değildir. Sahneye aydınlatma aygıtı ya da günışığı görseli eklemek için, proje ağacından eklenmek istenen bileşen seçilip, statik sahne ibaresinin üzerine sürüklenir. Ekleme tamamlandığında, statik sahne işaretinin yanında bir artı (+) işareti oluşur. Sabit belli bir an için oluşturulan bu sahnede, yalnızca aygıtların dimmerleme oranları değiştirilebilir.

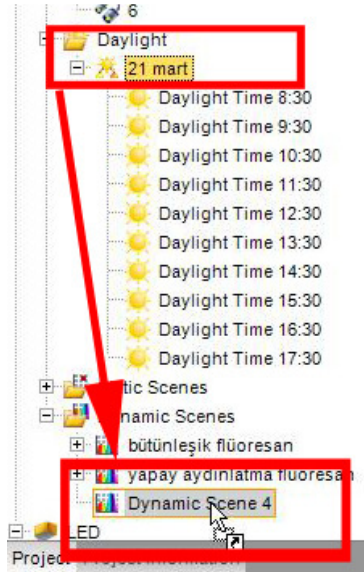
Statik sahne tek bir ana ait görselleştirme yapabildiği için, sahneye günün farklı saatlerini içeren bir günışığı dizilimi eklense bile, bunlardan yalnızca bir tanesinin tercih edilmesi gerekmektedir (Şekil 6.16).



Şekil 6.16 Statik sahnedeki günışığı değerlerinden seçim yapılışı

6.2.6 Dinamik Sahne

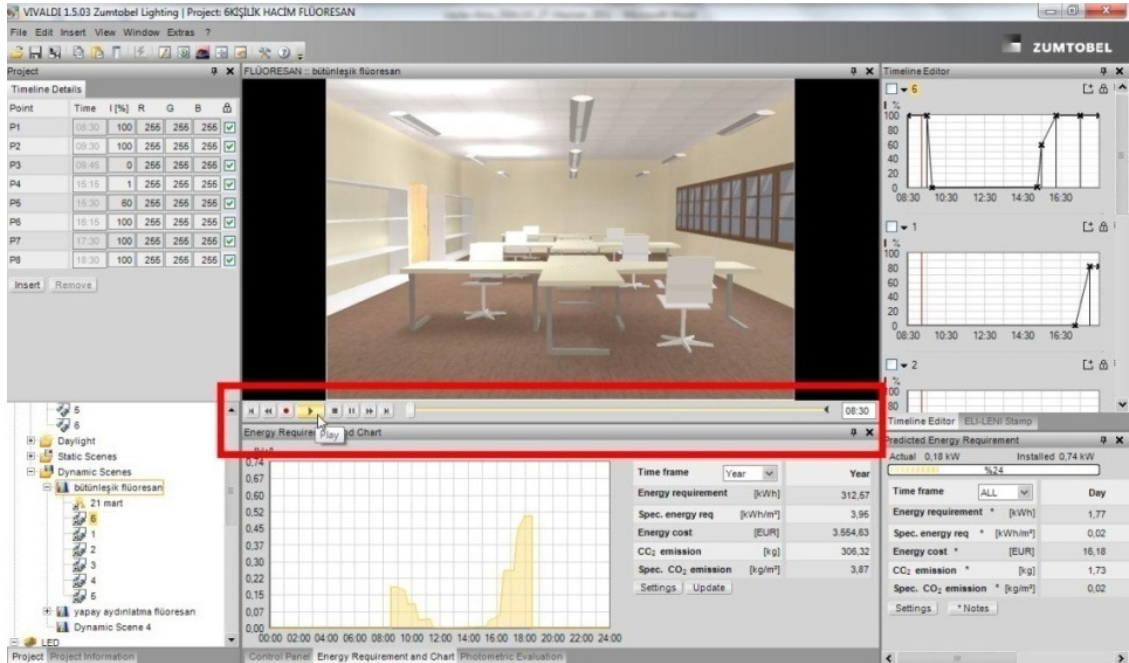
Dinamik sahne (*Dynamic Scene*), statik sahne gibi otomatik olarak program açılınca gelmez. Dinamik sahne eklemek ve bileşenlerini atamak için izlenecek yol statik sahne ile aynıdır (Şekil 6.17). VIVALDI'de video hazırlamak için, dinamik sahne oluşturulmalıdır.



Şekil 6.17 Dinamik sahneye günışığı verilerinin aktarımı

6.3 Sahne

VIVALDI'deki bölümlerden biri olan sahne (*scene*), programın hem tasarım hem de sunumu sırasında kullanılmaktadır. Aydınlatma aygıtları üzerinde yapılan her değişim, sahneye yansımaktadır. Video oluşturmak için öncelikle kullanılacak dinamik sahne seçilmelidir. Sahne panelinin altındaki zaman akışı başlatma tuşu, en başa (sola) getirilir ve başlat (*play*) tıklanarak video oluşturulmaya başlanır (Şekil 6.18).



Şekil 6.18 Video başlatmak

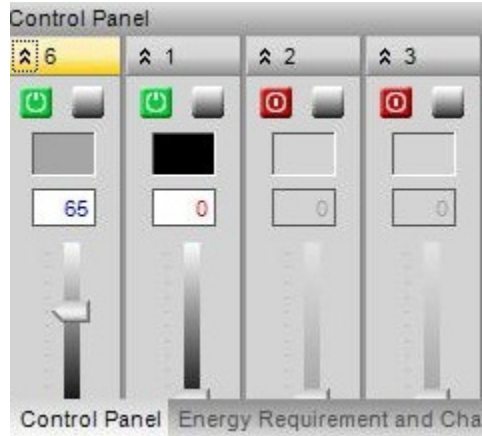
Video oynatırken, zaman akış çubuğunun yanındaki saat, o anki görüntünün hangi zaman dilimine ait olduğunu belirtir. Sahnedeki görüntüye ait değerler, eş zamanlı olarak Kontrol Paneli'nde ve Enerji Tüketim Göstergesi'nde değişmektedir.

6.4 Denetim

Denetim bölümü, aydınlatma aygıtlarının enerji tüketimini gösteren kontrol paneli ile enerji gereksinim göstergesi ve grafiği olmak üzere iki sekmeyi içermektedir.

6.4.1 Kontrol Paneli

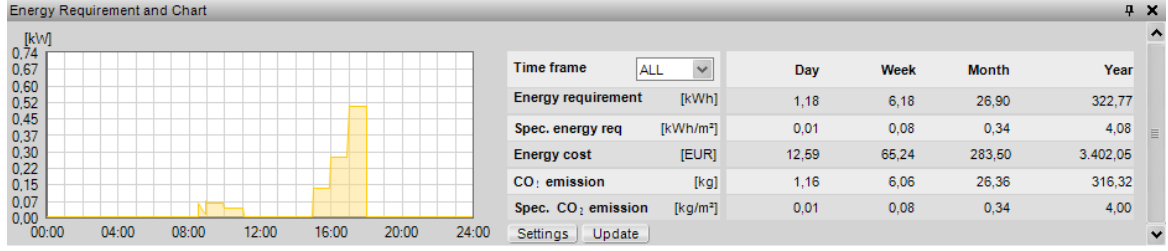
Kontrol Paneli (*Control Panel*), üzerinde çalışılan sahnedeki tüm aydınlatma aygıtlarının ayrı ayrı düzenlenebildiği (açma/kapama ya da dimmerleme) bir paneldir. Zaman çizelgesinden farklı olarak burada dimmerleme oranını, fare hareketi ile yaklaşık olarak değil, el ile tam sayısal değer olarak girmek olanaklıdır (Şekil 6.19).



Şekil 6.19 Kontrol paneli

6.4.2 Enerji Gereksinim Göstergesi ve Grafiği

Enerji gereksinim göstergesi ve grafiği (*energy requirement and chart*), aydınlatma düzenine ait enerji tüketiminin, maliyetinin ve CO₂ salımının görüldüğü paneldir. Çalışma saatlerindeki harcanan enerjiyi gösteren grafiğin yanı sıra, farklı zaman dilimlerine ait enerji değerlendirmesi de bu bölümde görülebilir (Şekil 6.20).



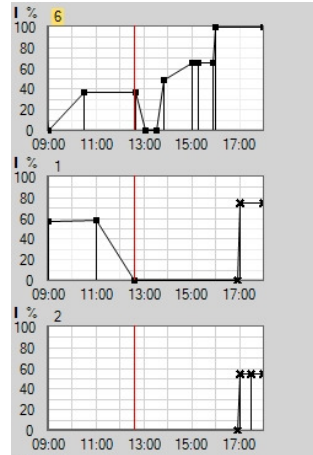
Şekil 6.20 Enerji gereksinim göstergesi ve grafiği

6.5 Kullanım

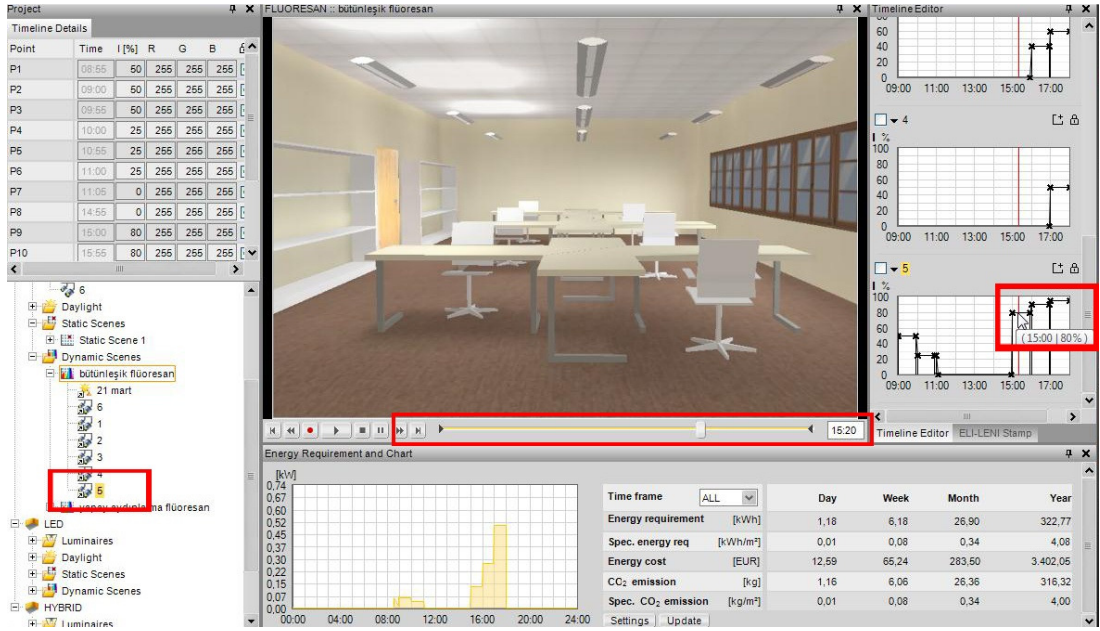
Kullanım bölümünde, aydınlatma aygıtlarının çalışma sürelerinin grafiklere işlendiği zaman çizelgesi editörü ve hacmin değerlendirilmesine yönelik ELI-LENI anketi bulunmaktadır.

6.5.1 Zaman Çizelgesi Editörü

Zaman çizelgesi editörü (*timeline editor*) yapay aydınlatma aygıtlarının her birine ait, dimmerlenme oranları ve çalışma saatlerini gösteren grafiklerden oluşmaktadır. Değişken aydınlatma tasarımı için, her aygıta ait farklı zaman dilimlerine ilişkin dimmerleme oranları girilmelidir (Şekil 6.21). Değer girilen saate ilişkin görüntü, eş zamanlı olarak sahnede görülebilmektedir (Şekil 6.22).



Şekil 6.21 Zaman çizelgesi editörü



Şekil 6.22 Zaman çizelgesi editöründe düzenleme yapılması

6.5.2 ELI-LENI- Ergonomik Aydınlatma Göstergesi ve Aydınlatma Enerjisi Sayısal Göstergesi

Ergonomik Aydınlatma Göstergesi (ELI; *Ergonomic Lighting Indicator*) ve Aydınlatma Enerjisi Sayısal Göstergesi (LENI; *Lighting Energy Numeric Indicator*) gibi iki ayrı bölümden oluşan ELI-LENI programı, Zumtobel tarafından hazırlanmış ücretsiz olarak internetten yüklenebilen bir programdır. VIVALDI'nin içinde ek modül olarak da bulunan ELI-LENI, VIVALDI içinde zaman çizelgesi ile aynı yerde bulunmaktadır (Şekil 6.3 sarı çerçeve).

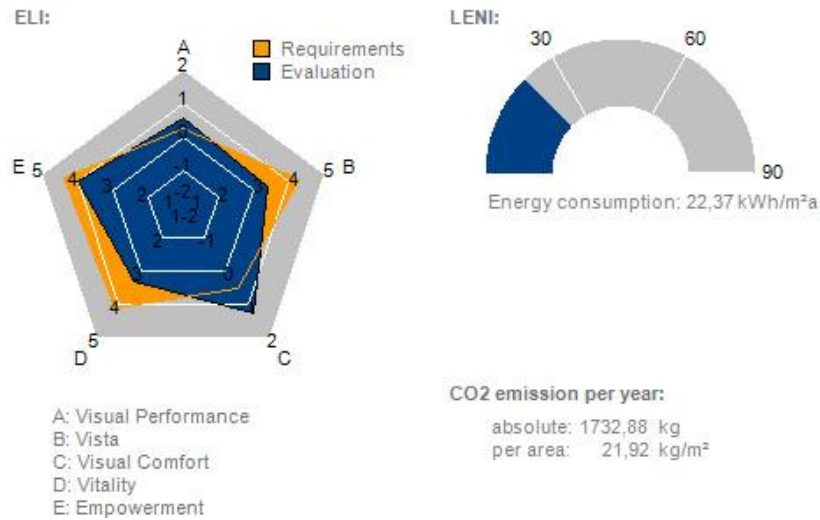
ELI, aydınlatma düzenini, görsel performans, konfor, görünüm, denetim ve psikolojik açıdan değerlendirmek üzere oluşturulmuş toplamda 67 sorudan oluşturulmuş bir ankettir. İki kısımdan oluşan ELI'de, önce 32 sorudan oluşan ELI Beklentiler (*requirements*) ve proje oluşturulduktan sonra da 35 sorudan oluşan ELI Değerlendirme (*evaluation*) doldurulur. Hem beklentiler hem de değerlendirme bölümünde proje;

- Görsel performans (*visual performance*)
- Görünüm (*vista*)
- Görsel konfor (*visual comfort*)
- Canlılık (*vitality*)

- Yeterlilik (*Empowerment*)

olarak belirlenen beş ana başlık açısından değerlendirilir. Kullanıcı her başlık altındaki sorulara, önemsiz (1) ile çok önemli (5) arasında değişen puanlama sisteminde puan vermelidir. Hem beklentiler (turuncu taralı alan) hem de değerlendirme (lacivert taralı alan) bölümünde yapılan bu puanlama Şekil 6.23'te görüldüğü gibi üste konulduğunda, koşullara göre beklentilerin karşılanmadığı ya da ihtiyaç olmadığı halde önem verilen durumlar görülebilmektedir.

LENİ, yapıda metrekare başına aydınlatma amaçlı harcanan yıllık toplam enerji miktarını göstermektedir. EN 15193 standardında $LENİ = W/A$ [kWh/(m² x yıl)] denklemi ile tanımlanmıştır. ELI-LENİ göstergesinde Şekil 6.23'te görüldüğü gibi 0-90 arasındaki değerlerin görüldüğü grafikteki lacivert bölüm sınırı söz konusu hacim için LENİ değerini tanımlamaktadır. Gösterge altında ise ayrıca LENİ sayısal değeri yazılı olarak da gösterilmektedir.



Şekil 6.23 ELI-LENİ

6.6 Öngörülen Enerji Gereksinimi

Öngörülen enerji gereksinimi (*predicted energy requirement*) bölümünde, sahnedeki döşeli gücün dimmerlenmeler sonucunda yüzde kaçının kullanıldığı, enerji tüketimi, maliyeti ve CO₂ salımı görülebilmektedir. Sonuçları farklı zaman periyotlarında görmenin olanaklı olduğu bu bölüm, enerji gereksinim göstergesi ve grafiği ile benzeşmektedir (Şekil 6.24).

Predicted Energy Requirement 🔍 ✕

Actual 0,03 kW Installed 0,74 kW

%4

Time frame	Year	Year
Energy requirement	[kWh]	100,09
Spec. energy req *	[kWh/m²]	1,27
Energy cost *	[EUR]	838,66
CO ₂ emission *	[kg]	98,09
Spec. CO ₂ emission *	[kg/m²]	1,24

Şekil 6.24 Öngörülen enerji gereksinimi

PROGRAMLARIN ENERJİ DEĞERLENDİRME ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

DIALux, ReluxEnergy, ecoCALC, VIVALDI programları genel özellikleri ile ilgili bölümlerde ayrı ayrı tanıtılmıştır. Enerji değerlendirmesi yaparken kullanılan veriler programlar arasında farklılık göstermektedir. Bu dört programın, enerji değerlendirmesinde kullandıkları veriler, programlar içinde yapılan sorgular dikkate alınarak karşılaştırmalı olarak Çizelge7.1’de verilmiştir. Verilerin kapsamı, veri girişinde izlenmesi gereken sıra ve sorguların yeri programlara göre farklılıklar göstermektedir. Buna bağlı olarak, çeşitli veri ve değişkenleri, karşılaştırmalı olarak listeleyebilmek için, belli alt başlıklarda gruplamak gerekmiştir. Bu alt başlıklar Çizelge7.1’de;

- hacim,
- hacmin kullanımı,
- dış çevre,
- bakım,
- aydınlatma döşemi,
- denetim,
- maliyet
- sürdürülebilirlik

olarak belirlenmiştir.

Çizelge7.1 Program verilerinin karşılaştırılması

	DIALux		ReluxEnergy		ecoCALC	VIVALDI
	EN 15193	DIN 18599	EN 15193	DIN 18599		
Bilgisayar programları	DIALux		ReluxEnergy		ecoCALC	VIVALDI
Kabul edilen veri kaynağı	DIALux		ReluxEnergy		ecoCALC	VIVALDI / görsel
Verilerin formatı	DIALux .dix		ReluxPro .rdf / .rdfe		eco	-jpg/.csv/.vlp
Kullanılan Standart	EN 15193	DIN 18599	EN 15193	DIN 18599	EN 15193 (Kısmi)	-
Hacim	•D	•D	•	•R	•	•
	•D	•D	•	•R	-	-
	•D	•D	•R	•R	-	-
	•D	•D	•R	•R	-	-
	•D	•D	•R	•R	•	•
	•D	•D	•R	•R	-	-
	•D	•D	•R	•R	-	-
	•D	•D	•R	•R	-	-
	•D	•D	•R	•R	•	•
	•D	•D	•R	•R	-	-
	•D	•D	•R	•R	-	-
	•D	•D	•R	•R	-	-
	•D	•D	•R	•R	-	-
	•D	•D	•R	•R	-	-
Hacmin Kullanımı	•D	•	•	•	•	•
	-	•	-	•	•	•
	•	•	•	•	•	•
	•	•	•	•	•	•
	-	•	-	•	-	-
	-	-	-	-	•	-
	•	•	•	•	•	•
	•	•	•	•	•	•
	•	•	•	•	•	•
	•	•	•	•	•	•

7.1 Programlara Veri Girişinin Karşılaştırılması

DIALux; DIALux’de enerji değerlendirmesi, programın içine dahil olan bir modül olduğu için, altlık olarak kullanılan hacim de yine DIALux tarafından oluşturulmuş hacimdir. Eğer altlık olarak kullanılan hacimde bir değişiklik yapılır ise, bu değişiklik enerji değerlendirmesinde de otomatik olarak görülür.

ReluxEnergy; Altlık olarak, kendisi gibi ReluxSuite paketine dahil olan bir diğer program olan ReluxPro’da oluşturulmuş hacimleri kullanır. DIALux’de olduğu gibi, bağlantılı olduğu ReluxPro’daki projede yapılan değişiklikler otomatik olarak ReluxEnergy’e aktarılır.

ecoCALC; Herhangi bir programı kaynak ya da altlık olarak kullanmayan ecoCALC’de, bir proje oluşturulurken tüm veriler kullanıcı tarafından doldurulmalıdır.

VIVALDI; Basit, Gelişmiş ve HDR olmak üzere üç farklı çalışma şekli bulunan VIVALDI’de, seçilen çalışma şekline göre, kullanılan verinin kaynağı da değişmektedir. Basit seçildiğinde, .jpg uzantılı herhangi bir görsel seçilebilir. Bu veri eskiz, fotoğraf ya da aydınlatma programlarında hesaplatılmış bir projeye ait görsel olabilir. Eğer Gelişmiş çalışma şekli seçilirse, .csv uzantılı, yanlış renk gösterimi ile kaydedilmiş görseller kullanılabilir. HDR çalışma şekli seçildiğinde ise, yüksek çözünürlüklü .hdr formatındaki görseller altlık olarak kullanılmalıdır.

Programların kaynak olarak kullandığı veriler Çizelge 7.1’de görüldüğü üzere farklılık göstermektedir. Örneğin DIALux ve ReluxEnergy programlarında, hacmin yönelişini ve pencere özelliklerine ilişkin detaylı olarak sorgular bulunurken, ecoCALC ve VIVALDI’de güneşiğine ilişkin sorguların yetersiz kaldığı görülmüştür.

Dış çevreye ilişkin avlu, engel, güneş ve kamaşmaya karşı koruma sistemi gibi hacmin güneşiğinden yararlanışını etkileyen faktörler, yalnızca DIALux ve ReluxEnergy programında sorgulanmaktadır.

Hacim, aydınlatma aygıtı ve lambaların bakımına yönelik en kapsamlı sorgular, bakım maliyetini de hesaplayabilme amacıyla ecoCALC programında yapılmıştır. DIALux’deki bakım sorgularının hacim odaklı olduğu görülürken ReluxEnergy’de hacme ek olarak aydınlatma aygıtlarının bakımına ilişkin sorgular da bulunmaktadır. Bakıma ilişkin VIVALDI programında herhangi bir sorgu bulunmadığı gözlemlenmiştir (Çizelge 7.2).

Çizelge 7.2 Programlardaki dış çevre ve bakıma ilişkin sorguların karşılaştırılması

		DIALux			Reluxenergy		ecoCALC	VIVALDI
		EN 15193	DIN 18599	EN 15193	EN 15193	DIN 18599		
Dış Çevre	Avlu / İç Bahçe	•D	•D	•	•	•	-	-
	Engel boyutları	•D	•D	•	•	•	-	-
	Engel açısı	•D	•D	•	•	•	-	-
	Engel yüzeyi ışık yansıtma çarpanı	•D	•D	-	-	-	-	-
	Güneş/Kamaşmaya karşı koruma sisteminin varlığı	-	•	-	-	•	-	-
	Güneş/Kamaşmaya karşı koruma sisteminin çalıştığı bağıl süre	-	•	-	-	-	-	-
	Güneş/Kamaşmaya karşı koruma sisteminin türü	-	•	-	-	•	-	-
	Düşey cephelerde güneşliğinden yararlanma yüzdesi	•	•	•	•	•	-	-
	Güneş/Kamaşmaya karşı koruma sisteminin çalışmadığı durumda güneşliği tedarik çarpanı	-	•	-	-	-	-	-
	Güneş/Kamaşmaya karşı koruma sisteminin çalıştığı durumda güneşliği tedarik çarpanı	-	•	-	-	-	-	-
	Güneş/Kamaşmaya karşı koruma sisteminin çalıştığı bağıl süre	•D	•D	•	•	•	-	-
	Cam yüzeyine dik gelmeyen ışık için düzeltme çarpanı	-	-	•	•	•	-	-
	Giydirme cephe varlığı	-	-	-	-	-	-	-
	Değer düşme çarpanı	•D	•D	•R	•R	•R	•	-
Bakım	Aydınlatma aygıtının koruma sınıfı	-	-	•R	•R	•R	•	-
	Çevrenin kirlilik koşulları ve hacim bakım aralığı	•D	•D	•R	•R	•R	•	-
	Aydınlatma aygıtı montaj için gerekli süre	-	-	-	-	-	•	-
	Aydınlatma aygıtının temizlenmesi için gerekli süre	-	-	-	-	-	•	-
	Aydınlatma aygıtının bakım aralığı	-	-	•R	•R	•R	•	-
	Lamba değiştirme süresi	-	-	-	-	-	•	-
	Lamba değiştirme şekli (grup ya da tekil)	-	-	-	-	-	•	-
	Lamba değiştirme aralığı	-	-	•R	•R	•R	•	-
	Aydınlatma düzenindeki toplam bileşen sayısı	-	-	-	-	-	•	-
	Bileşenlerin arızalanma yüzdesi	-	-	-	-	-	•	-
		-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-

Aydınlatma döşeminin teknik özelliklerine yönelik VIVALDI programı yalnızca döşeli aydınlatma aygıtlarının toplam gücünü sorgulamaktadır. DIALux ve Relux Energy ise, aydınlatma döşemine ilişkin verileri, seçilen standartdaki kapsama göre farklılaşarak sorgular. Aydınlatma döşemi en kapsamlı olarak ecoCALC programında ele alınmaktadır. Bu programda lamba ve aydınlatma aygıtına ilişkin tür, güç, üretici firma, kullanım ömrü gibi bir çok veri kapsamlı olarak sorgulanmaktadır.

Aydınlatma düzeninin denetimini ele alırken, ecoCALC ve VIVALDI programları, günışığı ile ilişkili (günışığına bağlı çarpan, günışığı tedarik çarpanı, günışığına bağlı lamba ışığı kontrol çarpanı gibi) bir çok veriyi dikkate almamaktadır. Bu programlardaki günışığına bağlı denetim ile ilgili istenen veriler, günışığına bağlı yapay aydınlatma kontrol türü ve katsayısı ile kısıtlı kalırken günışığı ile ilgili olmayan denetim sistemlerini daha detaylı ele almaktadır. Yapay aydınlatmayla ilişkili sabit aydınlık düzeyi kontrolü, ortalama dimmerleme yüzdesi, varlık kontrolü çarpanı sorgulanırken, DIALux ve ReluxEnergy programlarında hem günışığına bağlı hem de bağımsız olan denetim sistemleri daha kapsamlı olarak incelenmektedir. Özellikle DIALux programında günışığına ilişkin çarpanlar oldukça detaylıdır (Çizelge 7.3).

Maliyet ve sürdürülebilirlik açısından sorgu yapan tek program ecoCALC'dir. Toplam enerji tüketimini hesaplamak için VIVALDI, yürürlükte olan enerji tarifelerini sorgulasa da, aydınlatma düzenindeki diğer kalemlere ilişkin hiçbir maliyet sorgusu içermemektedir. EcoCALC ise, montaj, değişim maliyeti, işçilik giderleri ve bileşenlerin fiyatlarındaki artış gibi pek çok veri ile değerlendirme yapmaktadır. DIALux ve ReluxEnergy'de maliyete ilişkin herhangi bir sorgu bulunmamaktadır.

Sürdürülebilirliğe ilişkin değerlendirmeyi yalnızca ecoCALC yapmaktadır. Projenin bulunduğu şehirdeki belirlenen CO₂ salımı, ekolojik vergi ve geri dönüşüm maliyeti programa girilmesi istenen sürdürülebilirlik verilerindendir.

Çizelge 7.3 Programlardaki aydınlatma döşemi ve denetime ilişkin sorguların karşılaştırılması

		DIALux		ReluxEnergy		ecoCALC	VIVALDI
		EN 15193	DIN 18599	EN 15193	DIN 18599		
Aydınlatma Döşemi	Toplam aydınlatma aygıtı sayısı	•D	•D	•R	•R	•	•
	Kullanılan lamba türü	•D	•D	•R	•R	•	-
	Lamba üretici firması	-	-	-	-	•	-
	Lamba gücü (Watt)	•D	•D	•R	•R	•	-
	Lamba sayısı (aygıt başına)	•D	•D	•R	•R	•	-
	Balast türü (geleneksel/elektronik)	-	-	•R	•R	•	-
	Döşeli aydınlatma aygıtlarının toplam gücü	•D	•D	•R	•R	•	•
	Lambalar sönmek iken aydınlatma aygıtlarının parazitlik gücü	•	-	•	-	•	-
	Acil durum aydınlatması şarj gücü	•	-	•	-	-	-
	Acil durum aydınlatması şarj süresi	•	-	•	-	-	-
	Kontrolü elektrik kesintisi uygulaması	-	-	-	-	•	-
	Aydınlatma düzeninin toplam kullanım ömrü	-	-	-	-	•	-
	Aydınlatma aygıtının ışık akısı dağılımı (doğrudan, dolaylı vb.)	•D	•D	•R	•R	•	-
	Sabit aydınlık düzeyi kontrolü	•	•	•	•	•	•
	Aydınlık düzeyi bakım değeri	•D	•D	•	•	•	-
Denetim	Aydınlatma döşemi yeni iken (başlangıçtaki) aydınlık düzeyi	-	-	-	-	•	-
	Ortalama dimmerleme yüzdesi	-	-	-	-	•	•
	Varilğa bağılı çarpan	•	•	-	-	-	-
	Yokluk çarpanı	•	•	•	•	•	-
	Varilık kontrolü çarpanı	•	•	•	•	•	•
	Güneşiğine bağılı çarpan	•	•	-	-	-	-
	Güneşiği tedarik çarpanı	•	•	-	-	-	-
	Güneşiğine bağılı lamba ışığı kontrol çarpanı	•	•	-	-	-	-
	Güneşiğine bağılı yapay aydınlatma kontrol türü	-	•	•	•	•	•
	Aydınlatma için yapı işletme süresinin kısmi işletme katsayısı	-	•	-	•	-	-

Çizelge 7.4 Programlardaki aydınlatma döşemi ve denetime ilişkin sorguların karşılaştırılması

	DIALux	ReluxEnergy		ecoCALC	VIVALDI
	EN 15193	DIN 18599	EN 15193	DIN 18599	
Maliyet	Enerji Tarifeleri	-	-	•	•
	Aydınlatma aygıtı fiyatı	-	-	•	-
	Lamba fiyatı	-	-	•	-
	Aydınlatma aygıtının montaj maliyeti	-	-	•	-
	Lambanın fiyatındaki artış	-	-	•	-
	Anzalı bileşenlerin ortalama değişim maliyeti	-	-	•	-
	Hacim bakımının metre kare başına maliyeti	-	-	•	-
	İşçilik maliyeti	-	-	•	-
	Montaj maliyeti	-	-	•	-
	Ekolojik vergi	-	-	•	-
Sürdürülebilirlik	Belirlenen CO ₂ salınımı oranı	-	-	•	-
	Geni dönüşüm maliyetleri	-	-	•	-
•D: DIALux aydınlatma hesabı bölümünde yer almaktadır.					
•R: ReluxPro aydınlatma hesabı bölümünde yer almaktadır.					

Çizelge 7.1-7.4’de verileri listelerken, sorguların zorunlu olarak ilgili programlar içindeki ele alınış biçimleri ile verilmesi gerekmiştir. Bu nedenle, bazı tekrarlardan kaçınılamamıştır. Örneğin, “Bakım” başlığı altındaki ‘değer düşme çarpanı’, “Denetim” başlığı altındaki ‘aydınlık düzeyi bakım değeri’ ile ‘aydınlatma döşemi yeni iken (başlangıçtaki) aydınlık Düzeyi’ni kapsamaktadır. Ancak, ecoCALC içinde ‘değer düşme çarpanı’ doğrudan belirlenemeyip, ‘aydınlatma döşemi yeni iken oluşan aydınlık düzeyi’ ve ‘aydınlık düzeyi bakım Değeri’ne ilişkin programa girilecek bilgiye göre hesaplandığından, karşılaştırma tablosunda söz konusu üç bilgiye birden yer verilmiştir. Buna benzer biçimde, örneğin DIALux’te “Denetim” başlığı altındaki ‘varlığa bağlı çarpanı’, ‘yokluk çarpanı’ ve ‘varlık kontrolü çarpanı’nı kapsamaktadır. Oysa tabloda her üç büyüklük de ayrı ayrı bulunmaktadır. Bunun nedeni, ‘varlığa bağlı çarpanı’nın kullanıcının tercihinine göre iki ayrı yolla belirlenebilir olmasıdır. Bunlardan ilki, ‘yokluk çarpanı’ ve ‘varlık kontrolü çarpanı’na ilişkin program tarafından sunulan seçeneklerden birini seçerek ‘varlığa bağlı çarpanı’nın otomatik olarak hesaplanmasını sağlamak, ikincisi ise programın sunduğu seçenekler dışında olabilecek koşullar için ‘varlığa bağlı çarpanı’nın hesaplanmasıdır.

Çalışmada ele alınan programların enerji değerlendirme özellikleri arasındaki farklar aşağıdaki bölümlerde,

- programlara veri girişinin karşılaştırılması,
- programlarda veri işlenişinin karşılaştırılması,
- standartların karşılaştırılması
- programlarda alınan sonuçların kapsamının karşılaştırılması

olmak üzere dört ana başlık altında özetlenmiştir.

7.2 Programlarda Veri İşlenişinin Karşılaştırılması

DIALux ve ReluxEnergy’de enerji değerlendirmesi yapılırken EN 15193 ya da DIN 18599 standartlarından bir tanesinin seçilmesi gerekmektedir.

ecoCALC’de ise EN 15193 standardından bazı denklemler ve sınır değerler kullanılarak yararlanılsa da, enerji değerlendirmesi doğrudan belli bir standart aracılığı ile yapılmamaktadır.

VIVALDI, gün boyunca günışığındaki değişimi ve günışığının varlığına bağlı olarak destekleyici lamba ışığının değişimini görselleştirebilme özelliği ile öteki üç programdan ayrılır. DIALux, ReluxEnergy gibi programlarda statik (durağan) aydınlatma düzeni değerlendirmeye alınır ve enerji gereksinimi yıllık olarak hesaplanır. Aylık değerler, yıllık değerlerin aylara göre belirlenmiş olan sabit katsayılarla çarpılmasıyla elde edilir. Belirtilen standartların kapsamı dinamik aydınlatma düzenlerinin test edilmesi için yeterli değildir. Bu standartlardan bazı denklemler kullanılsa da, bütününde VIVALDI’de de, ecoCALC’de olduğu gibi, bütünüyle herhangi bir standarda uygun enerji değerlendirmesi yapılmamaktadır.

Bağlı olduğu standarda ya da programın öne çıkan özelliklerine göre sorgular çeşitlenmektedir. DIALux ve ReluxEnergy’deki sorgular, kullanılan standarda bağlıdır. Fakat bu sorguların gruplanışındaki başlıklar ve sıralama, her iki programda farklılık göstermektedir.

EcoCALC ve VIVALDI’de ise sorgular, programın kendi özellikleri ve hassasiyetine göre şekillenir. Örneğin ecoCALC’de, ağırlıklı olarak yapay aydınlatma düzenlerine ilişkin sorgular bulunmaktadır. ecoCALC’de, yapay aydınlatmaya ilişkin, diğer üç programda bulunmayan, sürdürülebilirlik, maliyet ve bakıma ilişkin sorgular bulunurken, günışığına ait sorgular oldukça sınırlıdır. Örneğin, ecoCALC’de, günışığından yararlanma durumuna ilişkin projenin bulunduğu şehir ve günışığına bağlı aydınlatma kontrol sisteminin varlığı dışında hiçbir sorgu bulunmamaktadır. Bu yönüyle ecoCALC, günışığı ve bütünlük aydınlatma düzenlerini değerlendirme konusunda yetersiz kalmaktadır.

VIVALDI’de, görselleştirme ve değişken aydınlatma düzenleri oluşturmak öncelikli işlev olduğu için, enerji değerlendirmesinde bu yöndeki sorgular (ışık rengi, dimmerlenme oranları ve zaman çizelgesi gibi) sorgular öne çıkmaktadır. Günışığı ve denetim sistemlerine ilişkin sorgular yetersizdir.

Hesap yapılırken standartlarda geçen denklemlere ilişkin değerler, programlar tarafından sorgulanırken, yalnızca EN 15193 Ek H-Diğer Etkenler (*Annex H- Other Considerations*) bölümündeki bazı başlıklar (bireysel dimmerleme, algoritmik aydınlatma, ışık tüpleri ve farklı sahnelerin olduğu aydınlatma düzenleri) her iki programda da kapsam dışı bırakılmıştır.

7.3 Standartların Karşılaştırılması

EN 15193 ve DIN 18599 enerji değerlendirmesinde bazı değişkenleri ele alışlarında ve hesaplamasında farklılık gösterir. En temel farklılık olarak DIN 18599 standardında, EN 15193'ten farklı olarak, yapı türüne göre belirlenmiş kullanım profilleri bulunmaktadır. Değerlendirmede kullandıkları değer ve çarpanları kapsayan bu profillerde söz konusu yapı türü için enerji tüketimi sınır değeri de belirlenmiştir. Buna ek olarak değişkenlerin ele alımında görülen farklılıklar ise aşağıda listelenmiştir.

- a) EN 15193 standardında çalışma süresi yapı türüne bağlı olarak belirlenmiştir (1 s. 66). DIN 18599 standardında ise bu süre yalnızca yapı türüne göre değil aynı zamanda günışığına ve kullanıma bağlı çarpana göre belirlenmektedir (2 s. 19).
- b) Döşeli aygıtlara bağlı olan güç, DIN 18599 standardında yapılan iş için gerekli olan aydınlık düzeyine, yapı türüne ve aydınlatma aygıtlarının tipine göre belirlenir (2 s. 20). EN 15193'de ise yapı türü ve gerekli aydınlık düzeyi dikkate alınmadan yalnızca aygıt tipi ve sayısına bakarak güç hesabı yapılır (1 s. 21). Dolayısıyla farklı hacim türleri ele alındığında, her iki standart için hesaplanan yapay aydınlatma gücü farklılık gösterebilir.
- c) Her iki standartta da günışığı hesabı, aynı geometrik faktörler dikkate alınarak hesaplanırsa da, DIN 18599'da açıklıkların tanımı ve gölgeleme tipolojileri de değerlendirmeye alınır (11). EN 15193'de gölgeme sistem türleri dikkate alınmaz. Hacmin bulunduğu şehre ilişkin oluşturulmuş meteorolojik veriler kullanılır (1 s. 45). Bu farklılıktan dolayı, günışığı tedarik çarpanları standartta göre değişiklik göstermektedir.
- d) Yapay aydınlatmanın kontrol türü için DIN 18599'da üç, EN15193'de ise iki seçenek bulunmaktadır. Her iki standartta da bulunan el ile açıp kapatılan kontrol türü için belirlenen katsayı, DIN standardında (2 s. 45), EN 15193'e (1 s. 52) göre daha yüksektir (Çizelge 7.5).

Çizelge 7.5 Yapay aydınlatma kontrol çarpanının standartlara göre farklılığı (11)

	DIN 18599 ($C_{tl,kon}$)	EN 15193 ($F_{d,c}$)
El ile açıp kapama	0,52	0,3
Dimmerlenir (kapanmaz)	0,73	0,77
Dimmerlenerek kapanır	0,78	0,77

e) Varlığa bağlı çarpan, DIN standardında, bağıl yokluk çarpanına bağlı olarak hesaplanır. Ve varlığa bağlı çarpandaki katsayılara bakınca, el ile açıp kapatma ile denetim sistemli durum arasındaki katsayı farkının DIN’ de daha fazla olduğu görülmektedir (Çizelge 7.6)

Çizelge 7.6 Varlığa bağlı çarpanın standartlara göre gösterdiği farklılık (1 s. 55) (2 s. 47)

	DIN 18599 (F_{pr})	EN 15193 (F_o)
El ile açıp kapama	0,5	1,00
Otomatik açılır/Dimmerlenir	0,95	0,95
Otomatik açılır/kapanır	0,95	0,8

7.4 Programlarda Alınan Sonuçlardaki Kapsamın Karşılaştırılması

Sorgu içerikleri ve değerlendirme yöntemleri ile farklılaşan enerji değerlendirme programları, sonuçların ele alınışı ve kapsamında da çeşitlilik göstermektedir.

DIALux ve ReluxEnergy’de hacmin enerji değerlendirmesinin tamamlanma süresi, aynı programların aydınlatma hesap modüllerine kıyasla oldukça kısadır. DIALux’de, programa “Enerji Değerlendirme Yap” komutu verildikten sonra bir kaç saniye içinde enerji değerlendirmesi tamamlanır. ReluxEnergy’de ise, herhangi bir komut verilmesine gerek kalmaksızın, girilen her değer ile sonuçlar otomatik olarak güncellenmektedir. Bu değişim Sonuçlar sekmesinde anlık olarak görülebilir (Şekil 4.2).

EcoCALC’de enerji değerlendirmesi için “Sonuçlar” aşamasına geçilmesi gerekmektedir. Sonuçlar aşamasına geçildiğinde bir kaç saniye süren bir hesaplamanın ardından sonuçlar detaylı olarak görülebilmektedir.

VIVALDI’de de, ReluxEnergy’de olduğu gibi yapılan her düzenleme ile otomatik olarak sonuçlar da değiştiği için ayrıca hesaplamayı başlatmaya gerek olmamaktadır (Şekil 6.3’deki mor çerçeveli alan).

Enerji değerlendirme sonuçları belirlenirken zaman faktörü, programlarda çeşitli şekillerde ele alınmıştır. Örneğin DIALux ve ReluxEnergy, enerji değerlendirmesini yıllık olarak yapar. Elde edilen bu yıllık sonuçları belirli katsayılara göre aylara göre dağıtarak hem aylık hem de genel toplam niteliğinde yıllık olarak sunar. EcoCALC’de sonuçlar, kullanım ömrü boyunca ki toplam değer ve yıllık olmak üzere iki şekilde sunulmaktadır. VIVALDI’de ise enerji değerlendirmesi oluştururken, diğer programların işleyişinden

farklı olarak, tek bir gün için değerlendirme yapılabilmektedir. Bu tek güne ait değerlendirme sonuçları, tüm gün/hafta/ay/yıl boyu geçerli olacağı varsayılarak günlük / haftalık / aylık / yıllık olarak da sunulmaktadır.

Enerji değerlendirmesi yaparken, DIALux ve ReluxEnergy, kullanılan standartlarda belirlenen şekilde hacmi “günişliği alan” ve “günişliği almayan” olmak üzere iki bölüme ayırarak değerlendirir. Her iki bölüm için de sonuçlar ayrı ayrı verilir. Fakat ecoCALC ve VIVALDI’de sonuçlar hacim bazında belirlenir. Hacim içinde herhangi bir alt bölge oluşturulmaz.

ecoCALC’de, DIALux, ReluxEnergy ve VIVALDI’dan farklı olarak, sonuçların sayısal gösterimine ek olarak, grafik sunum olanağı da bulunmaktadır. VIVALDI ise, belirlenen zaman dilimindeki tüm görselleri tek bir sahne için ardı ardına dizerek video haline getirebilmektedir.

VIVALDI’nin bünyesinde ek bir modül olan Ergonomik Aydınlatma Belirleyici (ELI) ile hacmin, kullanıcının ergonomik açılardan beklentilerini karşılayıp karşılamadığı da grafik olarak izlenebilir. Kullanılması isteğe bağlı olan bu modüldeki sonuçları görebilmek için kullanıcının, proje hazırlanmadan önce ve hazırlandıktan sonra ELI anketi doldurması gerekmektedir.

Standart programlarda, günün çeşitli zamanlarında elde edilen günişliği aydınlık düzeyleri dikkate alınarak hacmin bütününde gereksinim duyulan aydınlığı gün boyunca sağlayacak lambalar yakıp söndürme ya da dimmerleme ile devreye sokulur. VIVALDI’ye aktarılırken, ele alınan her farklı saat için hangi lambaların tam verimle yakıldığı, hangi lambaların ne oranda dimmerlendiği bilinmelidir. Aktarılan günün çeşitli zamanlarındaki günişliği ile aydınlatmaya ilişkin perspektif görüntülerin her biri üzerinde standart programda yapılan aydınlatma kontrol sistemleri uygulanır. Bu ayarlamalar yapıldıktan sonra tüm görüntüler bir video haline getirilebilmektedir (15).

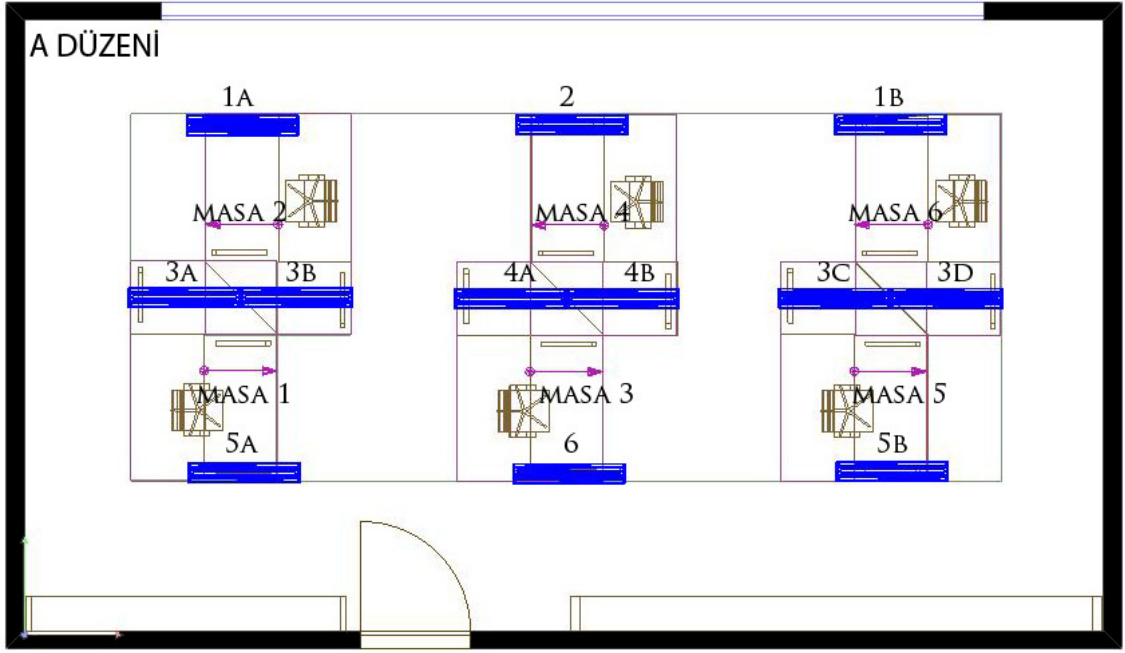
Ayrıca VIVALDI, diğer programlardan farklı olarak, aydınlatma tasarımının değişken durumunu hesaplayabilmektedir. Oluşturulan videolarla, gün içindeki günişliğinden faydalanma durumuna ve/veya kullanıcının değişen aydınlık düzeyi ihtiyaçlarına cevap verebilen değişken aydınlatma düzeni tasarlanabilir. VIVALDI’de oluşturulan bu

dinamik sahneler video olarak kaydedilebilir ya da Luxmate kontrol sistemleri aracılığıyla, gerçek hacimlere aktarılabilir.

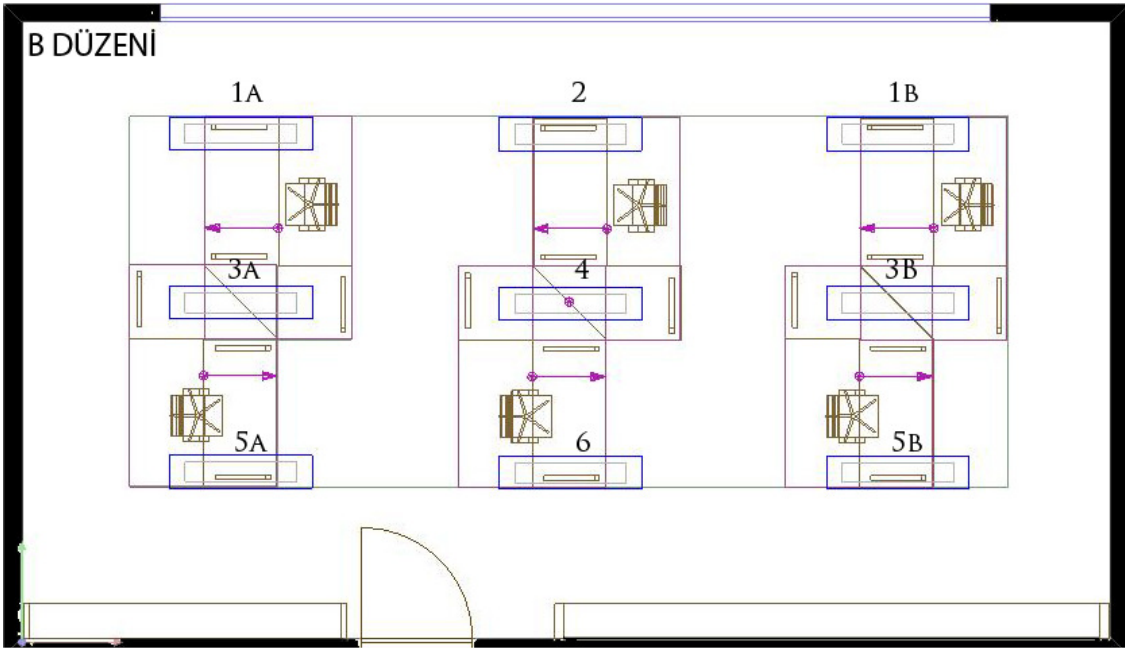
BÖLÜM 8

UYGULAMA ÖRNEKLERİ

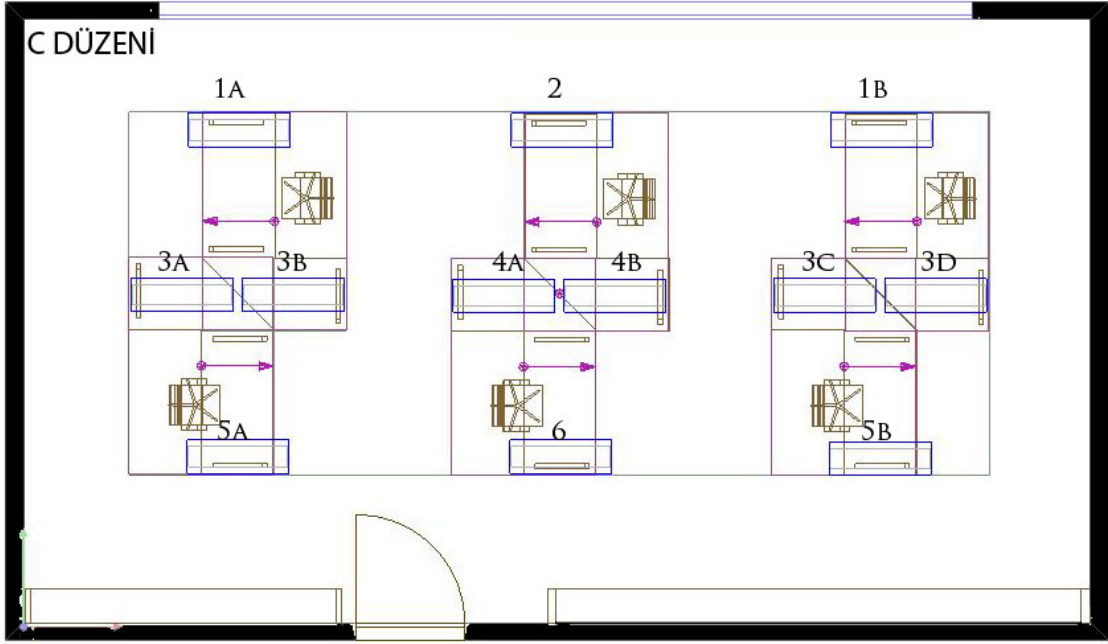
Enerji değerlendirmesine ilişkin özellikleri 3-6. bölümlerde anlatılan dört program ile ulaşılan sonuçları karşılaştırmak amacıyla örnek bir büro hacmi ele alınmıştır. 6 kişi için tasarlanan büro hacminin boyutları 11.8m x 6.7m x 3m'dir. Bütünleşik aydınlatma düzeninin ele alındığı örneklerde hacmin güneye bakan duvarında 9 m x 1.25 m ölçülerinde bir pencere bulunmaktadır. Pencereden günışığını almayı engelleyecek herhangi bir engel ya da koruma sistemi yoktur. Hacmin iç yüzey yansıtma çarpanları tavan, duvar ve zemin için sırasıyla 0.70/ 0.50/0.20 olarak alınmıştır. Hacmin çalışma bölgesinde ortalama 500 lx aydınlık düzeyi sağlamak üzere üç farklı aydınlatma aygıtı ile üç farklı aydınlatma düzeni kurulmuştur. Her üç aydınlatma düzeninde, büro aydınlatması açısından uygun olan doğrusal özellikteki aydınlatma aygıtları seçilmiş, tüketilen enerji açısından olabilecek farklı sonuçları izleyebilmek için aygıtların içindeki lambaların özelliklerinin farklı olması istenmiştir. Buna bağlı olarak, A düzeninde doğrusal flüoresan lambalı aygıt (Şekil 8.1), B düzeninde doğrusal flüoresan lamba ile birlikte LED içeren (hibrit) aygıt (Şekil 8.2), C düzeninde ise yalnızca LED kullanılan aygıt (Şekil 8.3) seçilmiştir. Lamba türlerinin farklı olduğu doğrusal özellikteki aydınlatma aygıtlarının üçünde de üst ve alt yarı uzaya yayımlanan ışık akısı oranları birbirine yakındır (doğrudan-dolaylı aydınlatma biçimi). Aydınlatma aygıtlarının toplam güçleri ve yayımladıkları ışık akıları farklı olduğundan, üç düzendeki aygıt sayıları ve dolayısıyla aygıt yerleşim düzenleri farklılık göstermiştir (15). Kullanılan aygıtların ve içindeki lambaların özellikleri Çizelge 8.1'de yer almaktadır.



Şekil 8.1 Flüoresan lambalı aydınlatma aygıtları ile oluşturulmuş A düzeni



Şekil 8.2 Flüoresan lamba+ LED içeren (Hibrit) aydınlatma aygıtları ile oluşturulmuş B düzeni



Şekil 8.3 LED’li aygıtlar ile oluşturulmuş C düzeni

Çizelge 8.1 Hacimde kullanılan lamba ve aydınlatma aygıtlarının özellikleri

Bir aygıttaki lamba türü ve sayısı	Aygıt kodu	Aygıt sayısı	Aygıt geriverimi	Bir aygıtla ilişkin toplam güç	Bir aygıttan çıkan ışık akısı	Aygıt ışık yeğnlik dağılımı
2x28 W T16 flüoresan lamba	Zumtobel 42090017	12	0.91	62W	5200lm	
2x28 W T16 flüor. lamba + 48W/65LED	Zumtobel 42177293	9	0.84	123 W	8900lm	
70 W LED	Siteco 5LM380D1 SL1	12	-	70 W	5285 lm	

Örnek uygulamalar;

- yalnızca lamba ışığının kullanıldığı durum ve
- lamba ışığı ile birlikte günışığından yararlanıldığı durum (bütünleşik durum)

için ayrı ayrı yapılmıştır. Günışığının değerlendirmeye alınmayıp yalnızca lamba ışığının dikkate alındığı duruma ait uygulama örneklerinde, hacimdeki pencere kaldırılmıştır.

Bu duruma ait hesaplama, her dört program için de yapılmıştır. DIALux ve ReluxEnergy programlarına göre hesap yaparken, hem EN15193 hem de DIN 18599 standartları için ayrı ayrı işlem yapılmıştır. Böylece lamba ışığı kullanımı için altı ayrı hesaplama seçeneği oluşturulmuştur.

Lamba ışığı için örnek uygulamalar;

- herhangi bir aydınlatma kontrol sisteminin dikkate alınmadığı, yalnızca bahsi geçen dört programda da bulunan ortak sorguların yanıtlandığı durum (18 adet)
- daha kapsamlı içeriklerinden dolayı, yalnızca DIALux ve ReluxEnergy kullanılarak, programlardaki aydınlatma kontrol sistemlerine ilişkin tüm değişkenlerin dikkate alındığı durum (12 adet)

olmak üzere toplamda 30 durum için yapılmıştır.

7. bölümde değinildiği gibi, ecoCALC ve VIVALDI programlarının günışığına yönelik hesaplama ve değerlendirme özellikleri çok sınırlıdır. Bu nedenle günışığının ve lamba ışığının birlikte kullanıldığı durum için ecoCALC ve VIVALDI programları değerlendirme kapsamına alınmamıştır. DIALux ve ReluxEnergy programlarının her biri ile her iki standart için de yapılan değerlendirmeler sonucunda bütünsel aydınlatma koşulu için toplamda dört ayrı hesaplama seçeneği oluşmuştur.

Bütünsel aydınlatmaya yönelik örnek uygulamalar ise, DIALux ve ReluxEnergy'deki aydınlatma kontrol sistemlerine ilişkin tüm değişkenlerin ele alındığı 12 durum için yapılmıştır.

Ayrıca, 7. bölümde de belirtildiği gibi, ecoCALC diğer programlardan farklı olarak, maliyet, bakım ve sürdürülebilirlik açısından da değerlendirme yapabilmektedir. Sonuçların karşılaştırıldığı 9. Bölümde, ecoCALC'de elde edilmiş bu sonuçlara da yer verilmiştir. Bu değerlendirme için seçilen aydınlatma düzeni değerlendirme ölçüt ve yüzdeleri ise şöyledir;

- yıllık ortalama enerji tüketimi (%50)
- aydınlatma düzeninin ömrü boyunca toplam enerji giderleri (%40)
- aydınlatma düzeninin ömrü boyunca toplam CO₂ salımı (%10)

Örnek hacimlerde kullanılan enerji tarifi, Çizelge 8.2'de görülmektedir.

Çizelge 8.2 Gün ve saatlere göre enerji tarifiesi (TL) (17)

Gün Saat	Pzt.	Salı	Çrş.	Prş.	Cuma	Cts.	Pzr.
07.00-17.00	8,27	8,27	8,27	8,27	8,27	8,27	8,27
17.00-22.00	14,14	14,14	14,14	14,14	14,14	14,14	14,14
22.00-07.00	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05

Tüm programlarda ortak olan değişkenlere yönelik veri girişinde aynı (ya da yakın) değerler kullanılmıştır. Fakat programlar, enerji değerlendirmesi yaparken kullandığı tüm değerleri kullanıcıya sormadığından, bazı değişkenler seçilen standarttan belirlenen değer olarak otomatik olarak kullanılmaktadır. Program tarafından sorgusu yapılan değişkenler için kullanılan değerler Çizelge 8.3'te toplu olarak gösterilmiştir.

Çizelge 8.3 Değişkenler için kullanılan ortak değerler

DEĞİŞKENLER İÇİN KULLANILAN ORTAK DEĞERLER		
Hacim	Şehir	İstanbul
	Enlem Bilgisi	41
	Yönü	Güney
	En-Boy-Yükseklik	6,70 x 11,80 x 3,00 m
	Çalışma Düzlemi Yüksekliği	0,80 m
	Çalışma Düzleminin Duvar ile arasındaki mesafe	0,50 m
	Yüzey Yansıtma Çarpanları	70/50/20
Hacmin Kullanımı	Penrere için En-Boy-Yükseklik	9 m x 1,25 m
	Işık Geçirgenlik Çarpanı	0,8
	Yer indisi	2,5
	İşlev	6 kişilik ofis hacmi
	Gündüz Kullanım Süresi (yıllık)	2150
	Gece Kullanım Süresi (yıllık)	190
	Öngörülen çalışma süresine ilişkin azalma çarpanı	0,84
Bakım	Değer düşme çarpanı	0,80 m
	Aydınlatma aygıtının kuruma sınıfı	D- Kapalı IP 2X
	Hacim bakım aralığı	2 yıl
	Aydınlatma aygıtının bakım aralığı	2 yıl
	Lamba değiştirme aralığı	2 yıl
	Sabit Aydınlık Düzeyi	Yok
	Sağlanmasi Hedeflenmiş Aydınlık Düzeyi	500 lux
Denetim	Varlık Kontrolü Çarpanı	0,95
	Yokluk Çarpanı	0,3
	Varlık Kontrolü Verimliliği için Çarpan	0,9
	Varlık Kontrolü Bıçımı	Utomatik açılma/ dimmerlenerek kısıllma
	Güneşiğine Dağılı Çarpan	0,26
	Güneşiği Tadarık Çarpanı	0,87
	Güneşiğine Bağlı Lamba Işığı Kontrol Çarpanı	0,85
	Güneş/Karışımaya Karşı Denetim	Yok
	Dikey cepheleer için gün ışığı beslemesinin sınıflandırılması	6%
	Aydınlatma için yapı işletme süresinin kısmi işletme katsayısı	0,7

SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI ve DEĞERLENDİRİLMESİ

Çalışmanın 3-6. bölümlerinde günümüzde yaygın olarak kullanılan DIALux 4.9, ve ReluxEnergy'ye ek olarak, EcoCALC 1.0.01., VIVALDI 1.5.03 programlarının enerji değerlendirme özellikleri ve yöntemleri açıklanmıştır. Söz konusu programlar ile yapılan enerji değerlendirmesinde elde edilen sonuçların, değişik aydınlatma düzenleri ve farklı standartlara göre nasıl değişkenlik gösterdiğini görebilmek için oluşturulan örnek hacimde enerji değerlendirmeleri yapılmıştır.

8. Bölümde tanıtılan örnek hacimde flüoresan, hibrit ve LED lambalı aydınlatma aygıtları ile oluşturulmuş üç farklı düzen, yapay aydınlatma ve günışığı ile birlikte yapay aydınlatmanın kullanıldığı (bütünleşik) durum olmak üzere iki ayrı koşul için değerlendirilmiştir.

Denetim sistemlerinin varlığı ile sonuçların nasıl farklılaştığını gözlemleyebilmek için, hem bütünleşik hem de yapay aydınlatma düzeni için, DIALux ve ReluxEnergy ile oluşturulan hacimlerde denetim sistemi kullanılmıştır. 5-6. Bölümlerde belirtildiği üzere, denetim sistemleri açısından sorgu kapsamı yetersiz bulunan ecoCALC ve VIVALDI programlarında enerji değerlendirmeleri, herhangi bir denetim sisteminin kullanılmadığı yapay aydınlatma düzeni için yapılmıştır. Bu durum için DIALux ve ReluxEnergy'de de değerlendirme yapıldığından, her dört programa ait sonuçların, aynı koşullar altında değerlendirilebilmesi olanaklı olmuştur. Enerji değerlendirmesinin yapıldığı düzenler Çizelge 9.1'de görülmektedir.

Çizelge 9.1 Enerji değerlendirmesinin yapıldığı düzenler

ENERJİ DEĞERLENDİRMESİNİN YAPILDIĞI DÜZENLER			YAPAY AYDINLATMA		BÜTÜNLEŞİK AYDINLATMA
			Denetim Sisteminin Bulunduğu Durum	Denetim Sisteminin Bulunmadığı Durum	Denetim Sisteminin Bulunduğu Durum
A Düzeni	DIALux	EN 15193	•	•	•
		DIN 18599	•	•	•
	ReluxEnergy	EN 15193	•	•	•
		DIN 18599	•	•	•
	ecoCALC		—	•	—
	VIVALDI		—	•	—
B Düzeni	DIALux	EN 15193	•	•	•
		DIN 18599	•	•	•
	ReluxEnergy	EN 15193	•	•	•
		DIN 18599	•	•	•
	ecoCALC		—	•	—
	VIVALDI		—	•	—
C Düzeni	DIALux	EN 15193	•	•	•
		DIN 18599	•	•	•
	ReluxEnergy	EN 15193	•	•	•
		DIN 18599	•	•	•
	ecoCALC		—	•	—
	VIVALDI		—	•	—

9.1 Yapay Aydınlatma Düzenlerine Ait Sonuçlar ve Değerlendirme

Verilere ilişkin Çizelge 8.3'teki değerler kullanılarak oluşturulan düzenlerde, yalnızca yapay aydınlatmanın yapıldığı durumda, denetim sistemlerinin bulunmadığı koşula ilişkin sonuçlar Çizelge 9.2'de, herhangi bir denetim sisteminin kullanıldığı koşula ait sonuçlar ise Çizelge 9.3'de görülmektedir. Denetim sisteminin olduğu ve olmadığı durumlardaki sonuçların farklılığını ortaya koymak için yapılan karşılaştırmada, seçilen işleve göre DIN 18599'da belirlenmiş en uygun değerler kullanılarak oluşturulmuş varlığa bağlı denetim sistemi bulunmaktadır. İstenirse başka denetim sistemleri ve değerlerinin kullanıldığı durumlar için hesaplamalar da yapılabilir ve buna bağlı olarak değerlendirme sonuçlarındaki farklılaşmalar gözlemlenebilir. Tablolarda, yıllık enerji tüketimi, hacmin döşeme alanı, AESG (aydınlatma enerjisi sayısal göstergesi kWh/m²a) verilmiştir.

Çizelge 9.2 Denetim sisteminin bulunmadığı yapay aydınlatmaya ilişkin sonuçlar

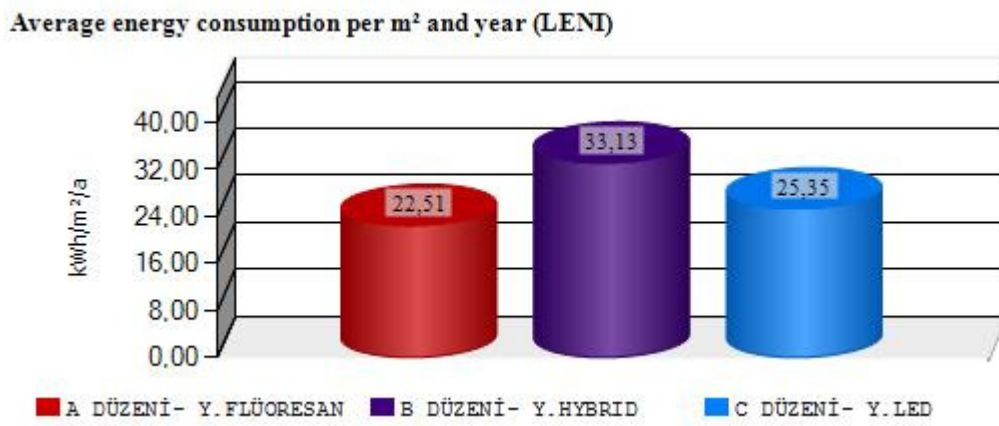
Denetim Sistemi Bulunmayan Durum			A Düzeni			
GENEL	EN 15193		DIN18599		ecoCALC	VIVALDI
	DIALux	ReluxEnergy	DIALux	ReluxEnergy		
Enerji Tüketimi (kWh/a)	1779,48	1779,00	1218,67	1219,00	1779,48	1786,12
Alan (m ²)	79,06	79,06	79,06	79,06	79,06	79,06
AESG (kWh/m ² a)	22,51	22,50	15,41	15,41	22,51	22,59
Denetim Sistemi Bulunmayan Durum			B Düzeni			
GENEL	EN 15193		DIN18599		ecoCALC	VIVALDI
	DIALux	ReluxEnergy	DIALux	ReluxEnergy		
Enerji Tüketimi (kWh/a)	2622,48	2622,00	1813,27	1813,00	2619,27	2629,19
Alan (m ²)	79,06	79,06	79,06	79,06	79,06	79,06
AESG (kWh/m ² a)	33,13	33,20	22,94	22,90	33,13	33,26
Denetim Sistemi Bulunmayan Durum			C Düzeni			
GENEL	EN 15193		DIN18599		ecoCALC	VIVALDI
	DIALux	ReluxEnergy	DIALux	ReluxEnergy		
Enerji Tüketimi (kWh/a)	2004,12	2004,00	1375,92	1376,00	2004,12	2011,63
Alan (m ²)	79,06	79,06	79,06	79,06	79,06	79,06
AESG (kWh/m ² a)	25,35	25,30	17,40	17,40	25,35	25,44

Çizelge 9.3 Denetim sisteminin kullanıldığı yapay aydınlatmaya ilişkin sonuçlar

Denetim Sistemi Bulunan Durum			A Düzeni	
GENEL	EN 15193		DIN18599	
	DIALux	ReluxEnergy	DIALux	ReluxEnergy
Enerji Tüketimi (kWh/a)	1518,34	1518,00	871,35	871,35
Alan (m ²)	79,06	79,06	79,06	79,06
AESG (kWh/m ² a)	19,20	19,20	11,02	11,02
B Düzeni				
GENEL	EN 15193		DIN18599	
	DIALux	ReluxEnergy	DIALux	ReluxEnergy
Enerji Tüketimi (kWh/a)	2233,92	2234,00	1296,49	1296,49
Alan (m ²)	79,06	79,06	79,06	79,06
AESG (kWh/m ² a)	28,26	28,30	16,40	16,40
C Düzeni				
GENEL	EN 15193		DIN18599	
	DIALux	ReluxEnergy	DIALux	ReluxEnergy
Enerji Tüketimi (kWh/a)	1670,76	1670,76	983,78	983,78
Alan (m ²)	79,06	79,06	79,06	79,06
AESG (kWh/m ² a)	21,13	21,13	12,44	12,44

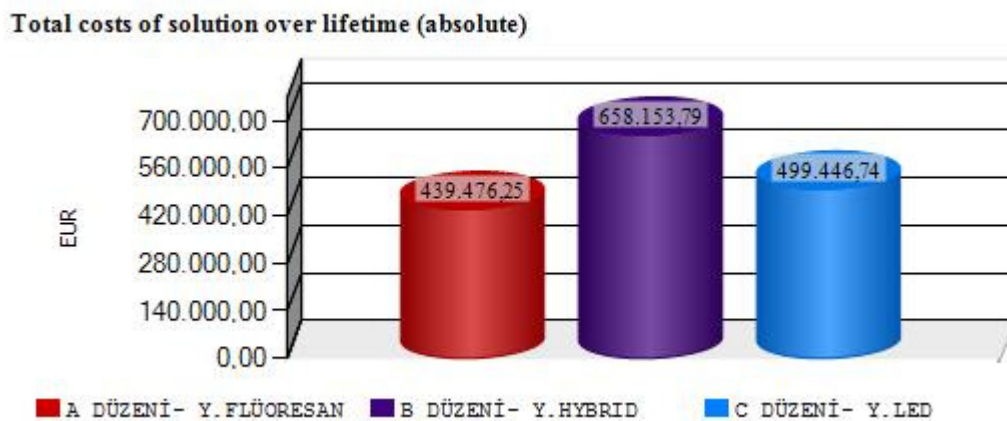
ecoCALC programında, 7. Bölümde belirtildiği gibi, diğer programların içeriğinde bulunmayan sorgular bulunmaktadır. Maliyet, bakım ve sürdürülebilirlik açısından da değerlendirme yapabilen ecoCALC programında, örnek hacimler için elde edilmiş sonuçlar Çizelge 9.4’de görülmektedir. Sonuçların değerlendirilmesinde dikkate alınması istenen ölçütler ve saptanmış yüzdelerine göre karşılaştırılan yapay aydınlatma düzeni seçeneklerinin kendi aralarında en olumludan en olumsuz doğru sıralanışı Şekil 9.1-9.3’de görülmektedir

Değerlendirmeye katılma yüzdesi %50 alınan yıllık ortalama enerji tüketimi açısından yapılan sıralamada Flüoresan’ın kullanıldığı A düzeni en olumlu bulunmuştur (Şekil 9.1).



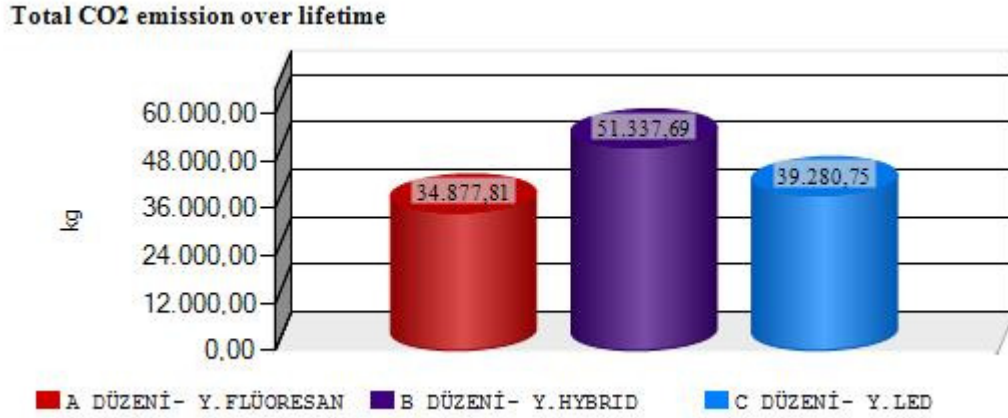
Şekil 9.1 Yıllık ortalama enerji tüketimi açısından yapılan karşılaştırma

Değerlendirmeye katılma yüzdesi %40 alınan aydınlatma düzeninin ömrü boyunca toplam giderleri açısından yapılan sıralamada flüoresanın kullanıldığı A düzeni en olumlu bulunmuştur.



Şekil 9.2 Aydınlatma düzeninin ömrü boyunca toplam giderler: %40

Değerlendirmeye katılma yüzdesi %10 alınan aydınlatma düzeninin ömrü boyunca toplam CO₂ salımı açısından yapılan sıralamada flüoresanın kullanıldığı A düzeni en olumlu bulunmuştur.



Şekil 9.3 Aydınlatma düzeninin ömrü boyunca toplam CO₂ salımı: %10

Çizelge 9.4 ecoCALC programında, seçilen ölçütler için yapılan enerji değerlendirmesi

ecoCALC			
Karşılaştırılan ölçütler	A düzeni	B düzeni	C düzeni
Aydınlatma düzeninin ömrü boyunca toplam giderler (EUR)	439476,25	658153,79	499446,74
Aydınlatma düzeninin ilk yatırım giderlerine karşı işletim giderleri	3217:433023	14297:636231	8165:486282
Aydınlatma düzeninin ilk yatırım giderleri oranına karşı işletim giderleri oranı	1:99	2:98	2:98
Aydınlatma düzeninin ilk yatırım giderleri sayısal oranına karşı işletim giderleri sayısal oranı	1:134,6	1:44,5	1:59,6
Yıllık m ² başına enerji tüketimi (AESG)	22,51	33,13	25,35
Aydınlatma düzeninin ömrü boyunca toplam enerji tüketimi (kWh)	35589,6	52385,4	40082,4
Toplam ilk yatırım maliyeti (EUR)	3217	14297	8165
Aydınlatma düzeninin ömrü boyunca toplam işletim giderleri (EUR)	433023,04	636230,8	486281,8
Aydınlatma düzeninin ömrü boyunca toplam CO ₂ salımı	34877,81	51337,69	39280,75
Aydınlatma düzeninin ömrü boyunca toplam bakım giderleri (EUR)	6242,52	6983,13	5440,11

Yapılan enerji değerlendirmeleri sonucunda elde edilen değerlere bakarak, yapay aydınlatmaya ilişkin sonuçlar řu şekilde yorumlanabilir:

- Enerji değerlendirmesi sonunda, DIALux ve ReluxEnergy'den elde edilen değerlerin hem EN 15193 hem de DIN 18599 standardı için aynı olduğu görölmektedir. Ayrıca EN 15193 standardından yararlanarak enerji değerlendirmesi yapan ecoCALC ve VIVALDI programlarından alınan sonuçlar, yine aynı standardın kullanıldığı DIALux ve ReluxEnergy'deki sonuçlar aynıdır (aradaki fark %0,1'in altındadır). Programlar, seçilmiş standarda ait denklem ve öngöröleri kullandıkları için, sonuçlar programa göre değil, kullanılan standarda göre farklılık göstermektedir. 7.3 bölümünde anlatıldığı gibi, standartlar bazı katsayıları farklı olarak ele almaktadır. Bu farklılaşma sonuçlara da yansımaktadır.
- Denetim sisteminin bulunduğu durumdaki toplam enerji tüketimi, herhangi bir denetim sisteminin bulunmadığı duruma göre belirgin ölçüde düşüktür. Bu düşüş her üç aydınlatma düzeninde de görölebilmektedir.
- Toplam enerji tüketimi, kullanılan aygıtların geriverimleri, lambaların verimleri ve aygıt sayısındaki farklardan ötürü her üç aydınlatma düzenine göre değişmektedir. Aydınlatma denetiminin yapıldığı durumda, denetimsiz duruma göre enerji tüketimindeki azalma, DIN 18599 standardında ortalama 0.72 iken EN 15193 standardında ortalama 0.85 dir. 7.3 bölümde belirtildiği gibi denetime ilişkin kullanılan katsayıların ele alınışında farklılıklar oluşu, sonuçlara bu şekilde yansımıştır.
- DIN 18599 standardının kullanıldığı enerji değerlendirmelerindeki enerji tüketiminin, EN 15193'e oranla daha düşük olduğu görölmektedir.
- ecoCALC'de seçilen ölçütlere göre yapılan değerlendirme sonucunda, düşük enerji tüketimi, uzun kullanım ömrü ve düşük CO₂ salımı ile en ekonomik düzenin flüoresan lambalı aygıtın kullanıldığı A düzeni olduğu görölmüştür.

9.2 Bütünleşik Aydınlatma Düzenlerine Ait Sonuçlar ve Değerlendirme

9.1. bölümde sunulan sonuçlardan farklı olarak, bütünleşik aydınlatma düzenine ait sonuçlar, genel, günüşğı alan ve almayan bölüm olmak üzere üç bölüm halinde sunulmuştur. Standartlarda belirtilen denklemlerle (1) (2) hacim, günüşğı alan ve almayan diye iki bölüme

ayrılmakta ve her iki bölüme ait sonuçların toplamı genel bölümünde görülmektedir. Denetim sistemlerinin bulunduğu duruma ilişkin Çizelge 8.3'te belirtilen değerler kullanılarak hazırlanan bütünleşik aydınlatma düzenlerine ilişkin DIALux ve ReluxEnergy'den alınmış sonuçlar ise, Çizelge 9.5-9.7' de görülebilir. Tablolarda, yıllık enerji tüketimi, hacmin döşeme alanı, aydınlatma enerjisi sayısal göstergesine (AESG) yer verilmiştir.

Çizelge 9.5 Flüoresan lamba kullanılan A düzenine ilişkin bütünleşik aydınlatma sonuçları

BÜTÜNLEŞİK A DÜZENİ (FLÜORESAN)				
GENEL	EN 15193		DIN 18599	
	DIALux	ReluxEnergy	DIALux	ReluxEnergy
Enerji Tüketimi (kWh/a)	763,36	763	624,16	615
Alan (m ²)	79,06	79,06	79,06	79,06
AESG (kWh/m ² a)	9,66	9,70	7,89	7,80
GÜNIŞIĞI ALAN BÖLÜM	EN 15193		DIN 18599	
	DIALux	ReluxEnergy	DIALux	ReluxEnergy
Enerji Tüketimi (kWh/a)	380,57	381,00	116,61	175,00
Alan (m ²)	33,01	39,20	33,01	39,20
AESG (kWh/m ² a)	11,53	9,70	3,53	4,50
GÜNIŞIĞI ALMAYAN BÖLÜM	EN 15193		DIN 18599	
	DIALux	ReluxEnergy	DIALux	ReluxEnergy
Enerji Tüketimi (kWh/a)	382,79	383,00	507,55	439,00
Alan (m ²)	46,05	39,90	46,05	39,86
AESG (kWh/m ² a)	8,31	9,60	11,02	11,02

Çizelge 9.6 Flüoresan lamba ve LED kullanılan B düzenine ilişkin bütünleşik aydınlatma sonuçları

BÜTÜNLEŞİK B DÜZENİ (HİBRİT)				
GENEL	EN 15193		DIN 18599	
	DIALux	ReluxEnergy	DIALux	ReluxEnergy
Enerji Tüketimi (kWh/a)	1235,42	1242	928,7	914,33
Alan (m ²)	79,06	79,06	79,06	79,06
AESG (kWh/m ² a)	15,63	15,7	11,75	11,6
GÜNIŞIĞI ALAN BÖLÜM	EN 15193		DIN 18599	
	DIALux	ReluxEnergy	DIALux	ReluxEnergy
Enerji Tüketimi (kWh/a)	488,64	495,00	173,51	261,00
Alan (m ²)	33,01	39,20	33,01	39,20
AESG (kWh/m ² a)	14,80	12,60	5,26	6,60
GÜNIŞIĞI ALMAYAN BÖLÜM	EN 15193		DIN 18599	
	DIALux	ReluxEnergy	DIALux	ReluxEnergy
Enerji Tüketimi (kWh/a)	746,78	747,00	755,19	654,00
Alan (m ²)	46,05	39,86	46,05	39,86
AESG (kWh/m ² a)	16,22	18,70	16,40	16,40

Çizelge 9.7 LED kullanılan C düzenine ilişkin bütünleşik aydınlatma sonuçları

BÜTÜNLEŞİK C DÜZENİ (LED)				
GENEL	EN 15193		DIN 18599	
	DIALux	ReluxEnergy	DIALux	ReluxEnergy
Enerji Tüketimi (kWh/a)	857,88	857,00	704,70	694,00
Alan (m ²)	79,06	79,06	79,06	79,06
AESG (kWh/m ² a)	10,85	10,80	8,91	8,80
GÜNIŞIĞI ALAN BÖLÜM	EN 15193		DIN 18599	
	DIALux	ReluxEnergy	DIALux	ReluxEnergy
Enerji Tüketimi (kWh/a)	427,35	426,00	131,66	198,00
Alan (m ²)	33,01	39,20	33,01	39,20
AESG (kWh/m ² a)	12,95	10,90	3,99	5,00
GÜNIŞIĞI ALMAYAN BÖLÜM	EN 15193		DIN 18599	
	DIALux	ReluxEnergy	DIALux	ReluxEnergy
Enerji Tüketimi (kWh/a)	430,53	431,00	573,04	496,00
Alan (m ²)	46,05	39,86	46,05	39,86
AESG (kWh/m ² a)	9,35	10,80	12,44	12,40

Bütünleşik aydınlatma düzeninin enerji değerlendirme sonuçları aşağıdaki gibi yorumlanabilir:

- DIALux ve ReluxEnergy'den ulaşılan genel enerji değerlendirmesi sonuçların, hem EN 15193 hem de DIN 18599 standardı için birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Aynı standart içinde, programlar arasındaki değer farklılıkları % 2'yi geçmemektedir. Enerji değerlendirmesinde kullanılan çeşitli kabuller ve hesaplamadaki yuvarlamalar göz önüne alındığında, bu değer farklılığı kabul edilebilir sınır içinde bulunmaktadır.
- EN 15193 standardı için yapılan hesaplamada, her iki programdaki günüşiği alan ve almayan bölümlerdeki enerji tüketimi arasındaki fark %1'den küçüktür. Fakat enerji tüketiminin bölge alanına bölünmesiyle elde edilen aydınlatma enerjisi sayısal göstergesinin (AESG), aynı bölgeler için tanımlanmış alanların (m²) iki programda farklı ele alınışından dolayı, sonuçlarda farklılaşmaktadır.

DIN 18599 standardı ile elde edilen sonuçlara bakıldığında, günüşiği almayan bölüm için elde edilen AESG sonuçları her iki programda aynıdır. Fakat günüşiği alan bölümde sonuçlar arasında fark görülmektedir. Programların DIN standardında günüşiği değerlendirmesindeki sorguların farklılaşması sonuçlara bu şekilde yansımaktadır.

- Ele alınan üç düzendeki toplam enerji tüketimi, kullanılan aygıtların farklı enerji tüketimleri nedeniyle birbirinden farklı olmaktadır.
- Yapay aydınlatmada olduğu gibi, DIN 18599 standardının kullanıldığı enerji değerlendirmelerindeki toplam enerji tüketiminin, EN 15193 standardına oranla daha düşük olduğu görülmektedir.
- Bütünleşik aydınlatma düzenine ait sonuçların, 9.1. bölümünde verilen sonuçlara göre daha düşük oluşu, bütünleşik aydınlatma düzeninin kullanıldığı durumda yapılabilecek olası enerji tasarrufunu ortaya koymaktadır.

9.3 Aydınlatma Düzenlerinin Farklı Koşullar Altındaki Enerji Tüketim Sonuçlarının Karşılaştırılması

Örnek hacimlerde ele alınan, farklı aydınlatma aygıtlarını içeren A, B ve C düzenlerinin enerji tüketim sonuçlarının hem günışığı kullanımı hem de denetim sistemlerinin kullanımına göre farklılık gösterdiği görülmüştür. Bu bölümde enerji tüketimindeki değişimler, aydınlatma düzenleri bazında ayrı ayrı incelenmiştir.

a) A Düzeni

Bütünleşik aydınlatma durumu için A düzenindeki enerji tüketimi, EN 15193 standardında denetimli yapay aydınlatma düzenindeki enerji tüketiminin 0,5'si kadar, denetimsiz yapay aydınlatmanın ise 0,43'ü kadar olmaktadır. DIN 18599 standardında ise bütünleşik aydınlatma düzenindeki tüketim, denetimli yapay aydınlatmanın 0,72'si, denetimsiz yapay aydınlatmanın ise 0,51'i kadardır (Çizelge 9.8).

Çizelge 9.8 A Düzenine ilişkin enerji değerlendirme sonuçları

A DÜZENİ			Enerji Tüketimi (kWh/a)	AESG (kWh/m ² a)
BÜTÜNLEŞİK	EN 15193	DIALux	763,36	9,66
		ReluxEnergy	763	9,7
	DIN 18599	DIALux	624,16	7,89
		ReluxEnergy	615	7,8
YAPAY	DENETİMLİ	EN 15193	DIALux	1518,34
			ReluxEnergy	1518
		DIN 18599	DIALux	871,35
			ReluxEnergy	871,35
	DENETİMSİZ	EN 15193	DIALux	1779,48
			ReluxEnergy	1779
		ecoCALC		1779,48
		VIVALDI		1786,12
		DIN 18599	DIALux	1218,6
			ReluxEnergy	1219
		DIN 18599	DIALux	1218,6
			ReluxEnergy	1219

b) B Düzeni

Bütünleşik aydınlatma koşulu için B düzenindeki enerji tüketimi, EN 15193 standardında denetimli yapay aydınlatmadaki enerji tüketiminin 0,55'i, denetimsiz yapay aydınlatmanın ise 0,47'si kadar olmaktadır. DIN 18599 standardında ise bütünleşik aydınlatma düzendeki tüketim, denetimli yapay aydınlatmanın 0,72'si, denetimsiz yapay aydınlatmanın ise 0,51'i kadardır (Çizelge 9.9).

Çizelge 9.9 B Düzenine ilişkin enerji değerlendirme sonuçları

B DÜZENİ			Enerji Tüketimi (kWh/a)	AESG (kWh/m ² a)
BÜTÜNLEŞİK	EN 15193	DIALux	1235,42	15,63
		ReluxEnergy	1242	15,7
	DIN 18599	DIALux	928,7	11,75
		ReluxEnergy	914,33	11,6
YAPAY	DENETİMLİ	EN 15193	DIALux	2233,92
			ReluxEnergy	2234
		DIN 18599	DIALux	1296,49
			ReluxEnergy	1296,49
	DENETİMSİZ	EN 15193	DIALux	2622,48
			ReluxEnergy	2622
		ecoCALC		2619,27
		VIVALDI		2629,1
		DIN 18599	DIALux	1813,27
			ReluxEnergy	1813
				22,94
				22,9

c) C Düzeni

Bütünleşik aydınlatma koşulu için C düzenindeki enerji tüketimi, EN 15193 standardında denetimli yapay aydınlatma düzenindeki enerji tüketiminin 0,51'i, denetimsiz yapay aydınlatmanın ise 0,48'i kadar olmaktadır. DIN 18599 standardında ise bütünleşik aydınlatma düzenindeki tüketim, denetimli yapay aydınlatmanın 0,72'si, denetimsiz yapay aydınlatmanın ise 0,58'i kadardır (Çizelge 9.10).

Çizelge 9.10 C Düzenine ilişkin enerji değerlendirme sonuçları

C DÜZENİ			Enerji Tüketimi (kWh/a)	AESG (kWh/m ² a)
BÜTÜNLEŞİK	EN 15193	DIALux	857,88	10,85
		ReluxEnergy	857	10,8
	DIN 18599	DIALux	704,7	8,91
		ReluxEnergy	694	8,8
YAPAY	DENETİMLİ	EN 15193	DIALux	1670,76
			ReluxEnergy	1670,76
		DIN 18599	DIALux	983,78
			ReluxEnergy	983,78
	DENETİMSİZ	EN 15193	DIALux	1779,48
			ReluxEnergy	1779
		EcoCALC		2004,12
		VIVALDI		2011,63
		DIN 18599	DIALux	1218,6
			ReluxEnergy	1219

Çizelge 9.8-10'da her iki standart için her üç aydınlatma düzeninde de görüldüğü üzere, bütünleşik aydınlatma düzenindeki enerji tüketimi, yalnızca yapay aydınlatmanın kullanıldığı duruma göre belirgin ölçüde düşüktür. Ayrıca denetim sistemlerini kullanarak enerji tüketiminde tasarruf sağlanabileceği de sonuçlarda görülmektedir.

SONUÇ

Dünya çapında toplam enerji tüketiminin neredeyse beşte biri aydınlatma amaçlıdır (18). Aydınlatma amaçlı tüketilen enerji düşürülerek, enerji harcamaları ve çevreye verilen zarar önemli ölçüde azaltılabilir. Aydınlatma amacıyla tüketilen enerjinin değerlendirilmesinde çeşitli standartlardan ve bu standartlara uygun olarak hesaplama yapan bilgisayar programlarından yararlanılabilmektedir (19).

Bu çalışmada, enerji değerlendirmesi yapan dört bilgisayar programının temel özellikleri incelenip, programların özellikleri birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Yaygın olarak kullanılan DIALux ve ReluxEnergy programları ile onlara kıyasla ülkemizde daha az bilinen ecoCALC ve VIVALDI programları uyarınca elde edilebilecek sonuçların karşılaştırması, birbirinden farklı üç aydınlatma düzeninin uygulandığı örnek bir büro hacmi ele alınarak yapılmıştır.

Programların özellikleri incelendiğinde, DIALux ve ReluxEnergy'nin, enerji değerlendirmesi yaparken izledikleri yollar, kullandıkları veriler ve sonuç olarak verdikleri çıktıların birbirleri ile benzeştiği görülmektedir. Her iki programda da, enerji değerlendirmesinde kullanılmak üzere kullanıcı tarafından EN 15193 ve DIN 18599 standartlarından birinin seçilmesi istenmektedir. Seçilen standartta hesaplama yaparken kullanılacak olan tüm değerler, programlara özgü başlıklar altında farklı sıra ile sorgulanmaktadır. Örnek büro hacminde uygulanan aydınlatma düzenleri her iki programda da aynı standart kullanılarak değerlendirildiğinde çok yakın sonuçlar alınması, programların enerji değerlendirmesi yaparken, kullanılan standarda sadık kaldıklarını göstermektedir.

ecoCALC programı, DIALux ve ReluxEnergy'deki kadar kapsamlı enerji değerlendirmesi yapmamaktadır. Bu programın öncelikli işlevi, farklı yapay aydınlatma düzenlerini, birbirleri

ile enerji tüketimi, maliyet, sürdürülebilirlik, bakım, denetim gibi pek çok açıdan karşılaştırabilmektedir. ecoCALC'de, DIALux ve ReluxEnergy'den farklı olarak, enerji değerlendirmesinde doğrudan herhangi bir standart kullanılmamaktadır. EN 15193 standardındaki bazı denklemler ve kabullerden yararlanılan bu programda, söz konusu standartta yer alan günışığına ve onunla ilişkili denklemlerin sorguları bulunmamaktadır. ecoCALC programının günışığının dikkate alındığı koşullardaki değerlendirmesi yetersiz kalmaktadır. Buna karşılık maliyet, bakım ve sürdürülebilirlik gibi açılardan çok kapsamlı olarak yapay aydınlatmayı değerlendirme olanağını sağlamaktadır ve bu özelliği ile öteki programlara göre hayli üstündür. Ayrıca, belli bir hacim için oluşturulmuş farklı aydınlatma düzenleri aynı anda değerlendirilebilmekte, bu düzenler değerlendirmede dikkate alınmak üzere kullanıcı tarafından belirlenen ölçüt ve yüzdeleri uyarınca en olumludan olumsuzaya doğru sıralanmaktadır.

VIVALDI programı, görselleştirme ve dinamik aydınlatma tasarımı yapma özelliği ile diğer programlardan ayrılmaktadır. EN 15193 ve DIN 18599 standartlarının kapsamı, VIVALDI'de oluşturulan değişken aydınlatma sahnelerinin enerji değerlendirmesinde dikkate alınması açısından yeterli olmamaktadır. Bu standartlardaki bazı denklemler VIVALDI tarafından kullanılsa da, programın bütünü ele alındığında, program herhangi bir standardı doğrudan kullanmamaktadır.

Programların enerji değerlendirme özelliklerini denetlemek için ele alınan örnek büro hacmi altı çalışan için tasarlanmış, yer olarak İstanbul, pencere duvarının baktığı yön olarak güney seçilmiştir. Flüoresan lamba, flüoresan lamba ile birlikte LED ve yalnızca LED içeren üç farklı aydınlatma aygıtı ile üç farklı aydınlatma düzeni kurulmuştur. Aydınlatma aygıtlarının seçiminde ışık yeğinlik dağılımlarının benzer, kullanılan lamba türlerinin farklı olmasına önem verilmiştir. Günışığı katkısının enerji tüketimine nasıl yansıdığını görmek için, büro hacminde oluşturulan üç düzen, günışığının değerlendirmeye alındığı ve alınmadığı her iki durum için incelenmiştir.

Bütünleşik aydınlatma düzenleri için kapsamlı değerlendirme yapabilen DIALux ve ReluxEnergy programları kullanılarak yapılan değerlendirmelerinde, bütünleşik aydınlatma düzenindeki yıllık enerji tüketiminin, yapay aydınlatma düzenindeki enerji tüketiminin

yaklaşık yarısı kadar olduğu görülmüştür. Enerji tüketiminde tasarruf sağlanmasında günışığından yararlanmanın taşıdığı önem, elde edilen bu sonuçlarda açıkça görülmektedir.

Yapay aydınlatmanın denetlenmesinde kullanılan kontrol sistemlerinin, enerji tüketiminde sağladığı tasarrufu görebilmek için, varlığa bağlı denetim sisteminin kullanıldığı ve kullanılmadığı her iki durum için değerlendirme yapılmıştır. Denetim sisteminin kullanıldığı duruma ait sonuçlar, enerji tüketimindeki azalmayı açıkça ortaya koymaktadır.

Aydınlatma düzenleri, enerji tüketimine ek olarak, maliyet, sürdürülebilirlik ve bakım gibi başka alt başlıklar altında da incelenmek üzere, ecoCALC'de değerlendirilmiştir. Değerlendirmede dikkate alınması istenen ölçütler, aydınlatma düzeninin toplam gideri (ilk yatırım, işletim, geri dönüşüm), enerji tüketimi ve CO₂ salımı olarak belirlenmiştir. Değerlendirme sonunda, örnek hacim için enerji tüketimi açısından en uygun aydınlatma düzeninin, flüoresan lambalı aygıtın kullanıldığı düzen olduğu görülmüştür. Karşılaştırma yalnızca enerji tüketimi göz önüne alınarak yapıldığında da, flüoresan lambalı aygıtın kullanıldığı düzenin düşük enerji tüketimi ile en başarılı düzen olduğu sonucuna varılmaktadır.

Bu çalışmada, dört bilgisayar programının enerji değerlendirmesinde izledikleri yol incelenmiş ve uygulama örnekleri aracılığı ile verdikleri sonuçlar karşılaştırılmıştır. Ayrıca, farklı aydınlatma düzenlerindeki enerji tüketiminin, günışığı katkısına ve denetim sistemlerine bağlı azalışı görülmüştür.

Programların kapsamları arasındaki farkların ortaya konduğu bu çalışmadan yararlanılarak enerji değerlendirmesinde öne çıkması istenen sonuçlara göre, değerlendirme yapılacak program ya da programlar seçilebilir. Örneğin, dinamik sahnelerin görselleştirilmesi için VIVALDI, belli sayıda aydınlatma düzeninin çok kapsamlı değerlendirilerek karşılaştırılması için ecoCALC programları kullanılabilir. Günışığı katkısının dikkate alındığı ve/veya aydınlatma kontrol sistemlerinin uygulandığı koşullarda ise EN 15193 ve DIN 18599 standartlarına göre enerji değerlendirmesi yapabilmek için DIALux ya da ReluxEnergy programlarından yararlanılabilir. Enerji değerlendirmesi yaparken birden çok program seçilebileceği için, projenin ihtiyaçlarına göre kullanılan program sayısı arttırılabilir. Örneğin ReluxEnergy ya da DIALux programları kullanılarak hassas hesap sonucu elde edilirken bu programlara ek olarak

görselleştirme amacıyla VIVALDI'den, veya karşılaştırma amaçlı ecoCALC'ten yararlanılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] EN 15193, (2006). "PrEN 15193: Energy performance of buildings. s.l. : CEN/TC 169 N 0618".
- [2] DIN V 18599 (2007). "DIN V 18599-4 Energy efficiency of buildings- Calculation of the energy needs, delivered energy and primary energy for heating, cooling, ventilation, domestic hot water and lighting", DIN Joint Committee NA 005-56-20 GA, Berlin.
- [3] DIAL, DIALux website, www.dial.de, 2011
- [4] RELUX. RELUX simulation tools, www.relux.biz, 20115.
- [5] ecoCALC, (2010). "Balancing lighting quality, efficiency and costs", Zumtobel Lighting, 2010.
- [6] VIVALDI, (2008). Zumtobel Lighting.
- [7] Stern, N., (2006). "The Economics of Climate Change", HM Treasury, s.l.
- [8] Halonen, L., Tetri, E. ve Bhusal, P., (2010). "Guidebook on Energy Efficient Electric Lighting for Buildings", ECBCS, <http://www.ecbcs.org> , 2011
- [9] SEA, (2007). Swedish Energy Agency. Energy statistics for offices. s.l.10.
- [10] EC, (2007). Energy Performance on Buildings Directive 2002/91 EC. s.l. : European Comission.
- [11] Chiogna, M., (2008). "Energy Efficiency and Saving on Lighting Systems in Existing Buildings: Intervation Strategies". Universita Degli Studi Di Trento, Trento, Italya.
- [12] Sirel, Ş., (1997). Aydınlatma Sözlüğü, YEM Yayın, İstanbul.
- [13] DIALux, (2011). DIALux Version 4.9- User Manual, DIAL GmbH, Lüdenscheid.
- [14] RELUX, (2009). Fit for Relux Suite. ReluxSuite. s.l.

- [15] Cilasun, A. Ve Öztürk, L.D., (2011). "Aydınlatma Tasarım Sürecinde VIVALDI ve ecoCALC Programlarının Kullanımı", 8. Ulusal Aydınlatma Kongresi, 14-15 Nisan 2011, İstanbul.
- [16] Junghans, B., (2009). "Interactive lighting design with VIVALDI for optimised lighting solutions in balance of dynamic lighting quality, energy criteria and life cycle cost aspects".Lux Europa , 2009, İstanbul.
- [17] Enerji Enstitüsü, (2011). www.enerjienstitusu.com, 2011
- [18] ECBCS, (2010). "Guidebook on Energy Efficient Electric Lighting for Buildings". Espoo Aalto University, s. 24.
- [19] Steffy, G. (2008). Architectural Lighting Design. John Wiley&Sons, Inc., New Jersey.
- [20] DOE, (2009). Building Energy Data Book. DOE (U.S. Department of Energy).
- [21] LICHT.DE., (2011). Energy rules OK. LICHT DE. <http://www.licht.de/en/info-and-service/lighting-specials/energy-efficiency-plus-lighting-comfort/energy-rules-ok/#c18646>, 2011
- [22] BEP, (2008). Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, TC. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı.
- [23] Staudt, A., Boer, J. ve Erhorn, H., (2009). Report on the Application of CEN Standard EN 15193, CENSE.
- [24] Lechner, N. (2000). Heating,Cooling, Lighting. Auburn University.
- [25] IEA, (2000). Daylight in Buildings, IEA.
- [26] Yener, A.K. ve Şener, F., (2011)."Binalarda Aydınlatma Enerjisi Performansının Belirlenmesi, Türkiye için Bir Yöntem", 8. Ulusal Aydınlatma Kongresi, 14-15 Nisan 2011, İstanbul.
- [27] Blomsterberg Et Al. Bestfaçade, (2004). University of Lund, Lund.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Arzu CİLASUN
Doğum Tarihi ve Yeri : 09/06/1985
Yabancı Dili : İngilizce, İtalyanca
E-posta : acilasun@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Yapı Fiziği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2011
Lisans	Mimarlık	Yıldız Teknik Üniversitesi	2008
Lise		Özel İzmir Amerikan Koleji	2003

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
(2010-...)	Yaşar Üniversitesi Mimarlık Fakültesi	Araştırma Görevlisi
(2009-2010)	Kroma Aydınlatma Proje Departmanı	Aydınlatma Tasarımcısı
2008	Eczacıbaşı İntema Toplu İşler Proje Ekibi	Mimar

YAYINLARI

Bildiri

1. 2011,Cilasun, A., Öztürk, L. “ Aydınlatma Tasarım Sürecinde VIVALDI ve ECOCALC Programlarının Kullanımı”, 8. Ulusal Aydınlatma Kongresi, 2011,Türkiye, Nisan.