İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÜNEŞLENME OLASILIĞINA BAĞLI OLARAK ENERJİ TÜKETİMİNİN BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Müh. Erva AKSOYLU

Anabilim Dalı :ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ

Programı : ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ

KASIM 2008

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÜNEŞLENME OLASILIĞINA BAĞLI OLARAK ENERJİ TÜKETİMİNİN BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Erva AKSOYLU
(504031016)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 5 Kasım 2008
Tezin Savunulduğu Tarih : 8 Ekim 2008

Tez Danışmanı :	**Doç.Dr. Dilek ENARUN**
Diğer Jüri Üyeleri	**Prof.Dr. Serhat ŞEKER (İTÜ.)**
	Prof.Dr. Sema TOPÇU (İTÜ.)

KASIM 2008

ÖNSÖZ

Danışmanım Doç.Dr. Dilek ENARUN'a çok teşekkür ederim. Kandilli Rasathanesi çalışanı olan Nevin ÇAĞLAR'a yardımları ve güler yüzü için çok teşekkür ederim. İTÜ Meteoroloji Mühendisliğinde öğretim görevlisi olan Prof.Dr. Sema TOPÇU hocamıza yardımları için çok teşekkür ederim. Eğitimim için bana daima destek olan aileme ve eşim Elektronik ve Kontrol Mühendisi İsmail Meriç Can UYGAN'a çok teşekkür ederim.

Mayıs, 2008 Erva Aksoylu

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR **v**
TABLO LİSTESİ **vi**
ŞEKİL LİSTESİ **vii**
SEMBOL LİSTESİ **ix**
ÖZET **x**
SUMMARY **xi**

1. GİRİŞ **1**

2. ASTRONOMİK BÜYÜKLÜKLER **2**
2.1. Güneş Deklinasyon Açısı (δ) 2
2.2. Saat Açısı (ω_s) 4
2.3. Zenit Açısı (θ_z) 4
2.4 Güneşin Azimut Açısı (α) 5
2.5 Güneş Yükseklik Açısı (γ) 6
2.6 Zaman Eşitliği (T_e) 6

3. DOĞAL AYDINLATMA **8**
3.1 Gün Işığı ve Güneş ışığı 10
3.2 Gök Modelleri 11
3.2.1. CIE tek düze gök modeli 12
3.2.2. CIE kapalı gök modeli 12
3.2.3. CIE açık Gök Modeli 12

4. BİNA DOĞAL IŞIK KAYNAKLARI PENCERELER **14**
4.1 Çatı Pencereleri 15
4.2 Testere Dişi Pencereler 15
4.3 Atrium 16

5. GÜN IŞIĞI KONTROL SİSTEMLERİ **17**
5.1 El İle Kontrol 18
5.2 Otomatik Kontrol Sistemleri 18
5.3 Kontrol Sistemleri Stratejileri 19
5.4 Kontrol Prensipleri 20
5.4.1. Açık çevrim kontrol sistemleri 20
5.4.2. Kapalı çevrim kontrol sistemleri 20
5.4.3. İntegral tipi kontrol sistemleri 20

6. IŞIK RAFLARI **22**
6.1 Amaçları 22

6.2 Fiziksel Özellikleri ve Çalışma İlkeleri 22
6.3 Maliyet ve Enerji Tasarrufu 23

7. DENEY SİSTEMİ 25
7.1 Test Odasındaki Ölçme Sistemi 28
7.2 Referans Odadaki Ölçme Sistemi 29

8. VERİLER 31
8.1 Veri dosyaları 31
8.2 Aylara Göre Veri Analizleri 37
8.2.1. 2002 Temmuz verilerinin incelenmesi 37
8.2.2. 2002 Ağustos verilerinin incelenmesi 38
8.2.3. 2002 Eylül verilerinin incelenmesi 40
8.2.4. 2002 Ekim verilerinin incelenmesi 42
8.2.5. 2003 Aralık verilerinin incelenmesi 42
8.2.6. 2004 Ocak verilerinin incelenmesi 44
8.2.7. 2004 Şubat verilerinin incelenmesi 46
8.2.8. 2004 Mart verilerinin incelenmesi 46
8.2.9. 2004 Nisan verilerinin incelenmesi 48
8.2.10. 2004 Mayıs verilerinin incelenmesi 50
8.2.11. 2004 Haziran verilerinin incelenmesi 52
8.2.12. 2004 Temmuz verilerinin incelenmesi 54
8.2.13. 2004 Ağustos verilerinin incelenmesi 56
8.2.14. 2004 Eylül verilerinin incelenmesi 57
8.3 Veri Analizi Yöntemleri 60
8.3.1. Korelasyon analizi 60
8.3.2. Regresyon analizi 61
8.3.3. Yapay sinir ağları 61
8.4 Veri Analizi Sonuçları 63
8.4.1. Tek boyutlu regresyon analizi 63
8.4.2. Çok boyutlu regresyon analizi 66
8.4.3. Yapay sinir ağı 76

9. SONUÇLAR 77

KAYNAKLAR 79

EK A. ÇOKLU REGRESYON YAZILIMI 80

EK B. YAPAY SİNİR AĞI YAZILIMI 83

ÖZGEÇMİŞ 84

KISALTMALAR

CIE	: Commission Internationale de L'Eclairage
BRE	: Building Research Establishment
İTU	: European Instabus System
GO	: Güneşlenme Olasılığı
AVS	: Atılan veri sayısı
GYA	: Güneş yükseklik açısı
TKH	: Toplam karesel hata
OKH	: Ortalama karesel hata

TABLO LİSTESİ

		Sayfa No
Tablo 8.1	Ölçümlerin Kaydedildiği Veri Sayfasından Bir Örnek……	31
Tablo 8.2	Saatlik Ortalamalar……..	34
Tablo 8.3	Saatlik Ortalamalara Karşılık Gelen Güneşlenme Olasılıkları ve Enerji Değerleri ……..	35
Tablo 8.4	2002 Temmuz Günlük Veri Tablosu……	37
Tablo 8.5	2002 Ağustos Günlük Veri Tablosu …….....	39
Tablo 8.6	2002 Eylül Günlük Veri Tablosu …….....	41
Tablo 8.7	2003 Aralık Günlük Veri Tablosu …….....	43
Tablo 8.8	2004 Ocak Günlük Veri Tablosu …….....	44
Tablo 8.9	2004 Şubat Günlük Veri Tablosu …….....	46
Tablo 8.10	2004 Mart Günlük Veri Tablosu …….....	47
Tablo 8.11	2004 Nisan Günlük Veri Tablosu …….....	48
Tablo 8.12	2004 Mayıs Günlük Veri Tablosu …….....	50
Tablo 8.13	2004 Haziran Günlük Veri Tablosu …….....	52
Tablo 8.14	2004 Temmuz Günlük Veri Tablosu …….....	54
Tablo 8.15	2004 Ağustos Günlük Veri Tablosu …….....	56
Tablo 8.16	2004 Eylül Günlük Veri Tablosu …….....	58
Tablo 8.17	Tüm Verilerin Hata İstatiği……..	59
Tablo 8.18	Güneşlenme Olasılıklarına Karşılık Gelen Ortalama Enerjiler……	65
Tablo 8.19	Optimum β Değerleri……	67
Tablo 8.20	Optimum son β Değerleri……	68
Tablo 8.21	Çapraz Korelasyon Değerleri……..	69
Tablo 8.22	R^2 ve R Değerleri……..	75
Tablo 8.23	Çok Boyutlu Regresyon İle Yapay Sinir Ağı Karşılaştırılması.....	75
Tablo 8.24	Yapay Sinir Ağı Korelasyon Değerleri…..……..	76

ŞEKİL LİSTESİ

		Sayfa No
Şekil 2.1	**:** Güneş Deklinasyon Açısı.....	2
Şekil 2.2	**:** Güneş Deklinasyon Açısının Yıllık Değişimi.....	3
Şekil 2.3	**:** Saat Açısının Güneş Konumuyla Günlük Değişimi	4
Şekil 2.4	**:** Zenit Açısı	5
Şekil 2.5	**:** Azimut Ve Güneş Yükseklik Açısının Üç Boyutlu Görünümü ...	5
Şekil 2.6	**:** Güneş Yükseklik Açısı.....	6
Şekil 2.7	**:** Zaman Eşitliğinin Yıllık Değişimi.....	7
Şekil 3.1	**:** Gökyüzü Modelleri.....	11
Şekil 3.2	**:** CIE Standart Üç Gök Modeli.....	11
Şekil 4.1	**:** Tek Cephede Penceresi Olan Odadaki Işık Dağılımı.....	14
Şekil 4.2	**:** İki Cepheli Bir Odadaki Işık Dağılımı	14
Şekil 4.3	**:** Işık Yönünün Oda Derinlerine Doğru Değişimi	15
Şekil 4.4	**:** Çatı Penceresinden Dağılan Gün Işığı	15
Şekil 4.5	**:** Testere Dişli Çatı Penceresinden Gün Işığı Dağılımı	16
Şekil 4.6	**:** Atriumdan Gün Işığı Dağılımının Görünüşü.....	16
Şekil 7.1	**:** Test Odası	26
Şekil 7.2	**:** Test Odasında Kullanılan Işık Rafı Sistemi	26
Şekil 7.3	**:** Kontrol Sisteminin Blok Şeması	27
Şekil 7.4	**:** Işık Rafı Sisteminin Şematik Gösterimi	28
Şekil 7.5	**:** Test Odasındaki Ölçme Düzeneği	28
Şekil 7.6	**:** Referans Odadaki Ölçme Sistemi	30
Şekil 8.1	**:** Test Odası Penceresindeki Düşey Aydınlık Veri Grafiğine Örnek	32
Şekil 8.2	**:** Test Odası Çalışma Düzlemindeki Yatay Aydınlık Veri Grafiğine Örnek	32
Şekil 8.3	**:** Referans Odası Çalışma Düzlemindeki Yatay Aydınlık Veri Grafiğine Örnek	33
Şekil 8.4	**:** Referans Odadaki Lamba Aydınlık Veri Grafiğine Örnek.....	33
Şekil 8.5	**:** Kontrol Gerilim Grafiğine Örnek.....	34
Şekil 8.6	**:** Kontrol Gerilimi İle Şebekeden Çekilen Gücün Grafiği	35
Şekil 8.7	**:** Tüm Verilerin Çizdirildiği Grafik	36
Şekil 8.8	**:** Güneşlenme Olasılığı-Enerji Verilerine Doğrusal Eğri Uydurulması.....	64
Şekil 8.9	**:** Güneşlenme Olasılığı-Enerji Verilerine 2. Dereceden Eğri Uydurulması.....	64
Şekil 8.10	**:** Güneşlenme Olasılığı-Ortalama Enerji Verilerine Eğri Uydurulması.....	65
Şekil 8.11	**:** Azimut Açısı Dönüşümü……..	68
Şekil 8.12	**:**Azimut Açısı Rezidüleri …….....	70
Şekil 8.13	**:** Değişime Uğramış Azimut Açısı Rezidüleri.....	70
Şekil 8.14	**:**Azimut Açısı Rezidülerinin Standart Sapma Grafiği	71

Şekil 8.15 **:** Değişime Uğramış Azimut Açısı Rezidülerinin Standart Sapma Grafiği..... 71
Şekil 8.16 **:** Yükseklik Açısı Rezidüleri..... 72
Şekil 8.17 **:** Yükseklik Açısı Rezidülerinin Standart Sapma Grafiği..... 72
Şekil 8.18 **:** Güneşlenme Olasılığı Rezidüleri..... 73
Şekil 8.19 **:** Güneşlenme Olasılığı Rezidülerinin Standart Sapma Grafiği..... 73
Şekil 8.20 **:** Rezidü Histogramı..... 74
Şekil 8.21 **:** Hatalı Verilerin Ayıklanmasına Örnek..... 74
Şekil 8.22 **:** Yapay Sinir Ağı Korelasyon Değerleri..... 76

SEMBOL LİSTESİ

θ_0	: Günün radyan cinsinden değeri
d_n	: Günün yıl içindeki sayısı
δ	: Güneş deklinasyon açısı
ω_s	: Saat açısı
θ_z	: Zenit açısı
α	: Güneş azimut açısı
γ	: Güneş yükseklik açısı
φ	: Enlem açısı
T_e	: Zaman eşitliği
G_z	: Güneş zamanı
λ_s	: Standart boylam
λ_e	: Gözlemcinin bulunduğu boylam
DQ	: Gün ışığı sayısı
Ep	: Ölçü noktasındaki aydınlık şiddeti
Ea	: Üniform olarak kapatıldığında gökyüzüyle aydınlatılan yatay alanın aydınlık şiddeti
L	: Herhangi bir gök parçasının parıltısı
L_z	: Zenit parıltısı
k	: Güneş ile gök parçası arasındaki uzaklık
z	: Gök parçasının zenitten olan açısal uzaklığı
z_s	: Güneş ile zenit arasındaki uzaklık
E_{thor}	: Test odası pencere kenarında ölçülen düşey aydınlık değeri
E_{tver}	: Test odası çalışma düzlemi yatay aydınlık değeri
E_{rLMhor}	: Referans oda lamba seviyesi aydınlık değeri
E_{rhor}	: Referans oda çalışma düzleminin aydınlık değeri
U_{tkon}	: Test odası kontrol sistemi gerilimi
Var_t	: Test odasında insan varlığını veya yokluğunu gösterir
Var_r	: Referans odadada insan varlığını veya yokluğunu gösterir
U_{tkon}	: Kontrol gerilimi
R	: Korelasyon katsayısı
R^2	: Belirlilik katsayısı
β	: Çoklu regresyon analizinde bağımsız değişken katsayısı
p_g	: Güneşlenme Olasılığı
σ_ε	: Rezidunun standart sapması
σ_β	: Çoklu regresyon analizi katsayısının standart sapması

GÜNEŞLENME OLASILIĞINA BAĞLI OLARAK ENERJİ TÜKETİMİNİN BELİRLENMESİ

ÖZET

Günümüzde elektrik enerjisinin insan hayatında önemi büyüktür. Bununla birlikte enerji kaynakları açısından sıkıntı çekilmektedir. Bundan dolayı alternatif enerji kaynakları araştırılmaktadır. Bunların başında Güneş enerjisi gelmektedir.

Elektrik enerjisi harcamalarında aydınlatma belli bir yer tutmaktadır. Aydınlatmada harcanan elektrik enerjisinden tasarruf etmek amacıyla doğal aydınlatmaya ve doğal aydınlatma sistemlerine daha çok önem verilmektedir. Bununla beraber güneş ışığı insan psikolojisini olumlu yönde etkilemektedir.

Doğal ışık güne, saate yani güneşin konumuna göre değiştiği için bu çalışmada ilk olarak astronomik açılar incelenmiştir. Bu açılara bağlı olarak güneş yüksekliği, güneş saati hesaplanmış ve doğal aydınlatma hesaplarında kullanılmıştır.

Çalışmada doğal aydınlatmanın önemi ve gerekliliğinden bahsedilmiştir. Binalarda doğal ışık kaynakları olan pencereler ve pencere tipleri hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca birçok gök modeli yaklaşımı incelenmiştir.

Deneyde kullanılan gün ışığı sistemi ışık rafı olduğu için ışık rafları daha detaylı incelenmiştir. Deneyde kullandığımız ışık rafı Berlin Teknik Üniversitesinde tasarlamış bir iç ışık rafıdır. Pencerenin üst kısmına yerleştirilmektedir. Böylece çalışanların dış ortamla temasları pencerenin alt kısmıyla sağlanmaktadır. Işık rafının içerinde flouresan lambalar vardır. Hem ışık rafından yansıtılan doğal ışık hem de içerisindeki yapay ışık tavandan yansıtıldığı için endirekt aydınlatma yapılmıştır. Bu deneyde, çalışma düzlemindeki aydınlık seviyesi için var olan doğal ışığı ışık rafı içerisindeki yapay ışık desteklemektedir.

İTÜ Ayazağa Kampüsündeki Elektrik Elektronik Fakültesi' nde yapılan ışık rafı deneyinin ayrıntılı incelemesi mevcuttur. Deney odaları özellikleri incelenmiştir. Toplanan veriler hatalardan ayıklanarak, saatlik ortalamaları alınmıştır. Sistemin şebekeden çektiği güç her ölçüm için bulunmuştur. Saatlik ortalamalarla Kandilli Rasathanesinden alınan güneşlenme olasılıkları eşleştirilmiştir. Her bir ölçüm için o andaki güneş yükseklik açısı hesaplanmıştır. Sonuç olarak ayıklanan veriler kullanılarak güneşlenme olasılığı ile şebekeden çekilen güç arasında tek ve çok boyutlu regresyon analizleri yapılmıştır. Buna ek olarak bu veriler kullanılarak yapay sinir ağı eğitilmiştir.

DETERMINATION OF ENERGY CONSUMPTION DUE TO PROBABILITY OF SUNSHINE

SUMMARY

Nowadays, electrical energy has a great importance for humanity. Besides, finding energy sources is a problematic area. So several research are being made to find alternative energy sources. Solar energy is at the top of the list of alternative energy sources.

Lightening is a major part of electrical energy consumption. Natural lighting is getting more important to save energy in lightening. In addition to energy saving daylighting has a positive effect on human psychology.

Astronomical angles are investigated because daylighting varies with respect to time as the position of sun changes. By using those angles, solar altitude angle, solar time can be calculated for natural lighting calculation.

The importance and necessity of natural lighting is mentioned. Some information about windows, as a daylighting source, and about its types is given. Besides, several sky models are presented.

Light shelves are investigated in details because daylighting system used in the experience is constituted with light shelves. The interior light self used in experience is designed at Berlin Technical University. It is located at the upper part of windows. So the interaction of people with the environment is provided with the lower part of windows. There exist fluorescent lamps in the light shelves. Not only the natural light but also the artificial light is reflected from ceiling. So the indirect lightening is used. In this experience the lightening level at the work plane is supported by artificial light existing in the light shelves.

There exist a detailed analysis of light self experience made at Electrical and Electronic Faculty of ITU Ayazağa Campus. Properties of experience rooms are examined. Errors in data are eliminated and hourly mean values are calculated. The energy taken from network is also calculated for every measurement. Hourly means are matched with the probabilities of sunshine obtained from Kandilli Observatory. For every measurement the solar altitude angle is calculated. The measurement with solar altitude angle below 10° are discarded. As a result an analytical relation between probability of sunshine and the energy consumed is formulated with regression analyse and neural networks from eliminated data.

1. GİRİŞ

Elektrik enerjisi artık insanlığın vazgeçilmez olgularından biri halini almıştır. Tüm iş dünyasının ve insanların kişisel yaşamlarının temel ihtiyaçları elektrik enerjisine bağlıdır. Dünya nüfusunun da artışıyla dünyada enerji sıkıntısı çekilmektedir.

Elektrik enerjisi üretiminde hidrolik enerji yanında kömür, doğalgaz, petrol gibi fosil yakıtlar da kullanılmaktadır. Fosil yakıtların küresel ısınma, çevre kirliliği gibi büyük zararları vardır. Ayrıca bu tüketim hızıyla gidilirse yakın zamanda fosil yakıt rezervlerinin tükenmesi de mümkündür. Hem enerjiye duyulan ihtiyaç hem de çevre faktörleri açısından yenilenebilir enerji kaynaklarına daha büyük bir önem verilerek araştırılmaya başlanmıştır.

Yenilenebilir enerjilerin en başında Güneş enerjisi gelmektedir. Türkiye Güneş enerjisi potansiyeli açısından en yüksek potansiyele sahip ülkelerdendir. Özellikle kamu ve ticari binalardaki enerji tüketiminin büyük bir kısmını aydınlatma teşkil etmektedir. Bu yüzden doğal aydınlatmaya yönelim tasarruf açısından önemlidir. Özellikle ofis ortamlarında güneş ışığı, spektral yapısı ve gün içindeki değişkenliğinden dolayı insan psikolojisini olumlu yönde etkilediğinden tercih sebebidir [1]. Tüm bunlar göz önüne alındığında bina enerji tasarrufu açısından gün ve güneş ışığının aydınlatmada kullanılması yüksek verim sağlar.

Artık sistemleri gün ışığını daha verimli kullanabilecek şekilde tasarlanmaya başlanılmıştır. Bu sistemlerin amacı içeriye alınan gün ışığının miktarını ve kalitesini yükseltmektir. Bununla beraber gün ışığının erişemediği mekanlara ulaştırabilmek, gün ışığı sistemlerinin amaçlarından biridir. Bu sistemlere örnek olarak ışık rafları, güneş tüpleri, prizmatik paneller gösterilebilir.

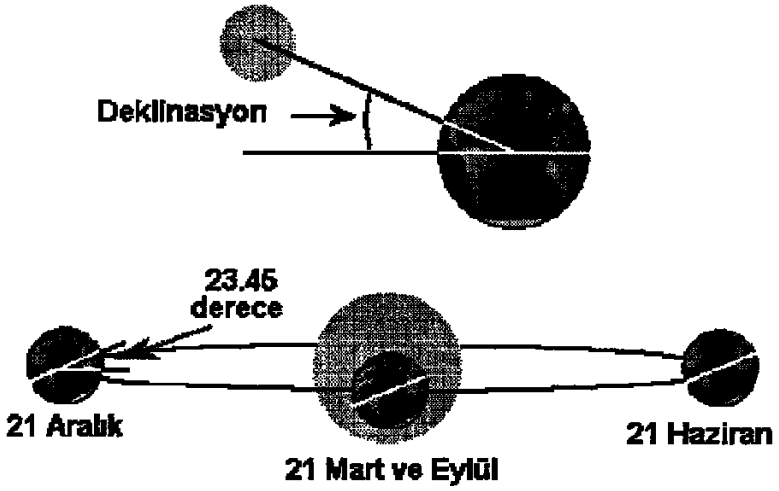
Bu çalışmada, İTÜ Ayazağa Kampüs'ünde yapılan ışık rafı deneyinde harcanan enerji ile güneşlenme olasılığı arasında bir bağıntı aranmaktadır. Güneşlenme olasılığı birçok istasyonda ölçülen bir büyüklüktür. Gözlem evlerinde ölçülen güneşlenme olasılığına karşılık gün ışığı sistemlerinden biri olan ışık rafı kullanıldığında harcanan enerjinin bulunması, bu tezin amacıdır.

2. ASTRONOMİK BÜYÜKLÜKLER

Doğal ışık, günün belli saatlerine ve aylara göre nitelik, nicelik, renk, dolaysız ve yaygın ışık oranları açısından değişir. Dünyanın kendi ekseni etrafında dönüşü dünyaya ulaşan güneş ışınım miktarını değiştirir. Güneşin, dünya üzerindeki belirli bir coğrafi konumuna göre, günlük ve mevsimsel hareketleri, o konumdaki doğal ışığın miktar ve yönünün tahmin edilmesini sağlar. Yani güneşin konumu ile bulunduğumuz yer arasındaki açısal bağıntıyı elde etmemiz gerekir. Bu nedenle güneş açılarının iyi bilinmesi gerekmektedir [3].

2.1 Güneş Deklinasyon Açısı (δ)

Dünyanın güneş etrafında döndüğü düzleme ekliptik düzlem denir. Dünyanın kendi ekseni, ekliptik düzleminin normaliyle yaklaşık 23.5˚ lik açı oluşturur. Dünyanın ekseni ile ekliptik düzlemin normali arasındaki açı değişmez. Fakat güneş ve dünyanın merkezini birleştiren hattın, ekvator düzlemi ile yaptığı açı her gün değişir. Bu açıya güneşin deklinasyon açısı denir [4].



Şekil 2.1: Güneş Deklinasyon Açısı [5]

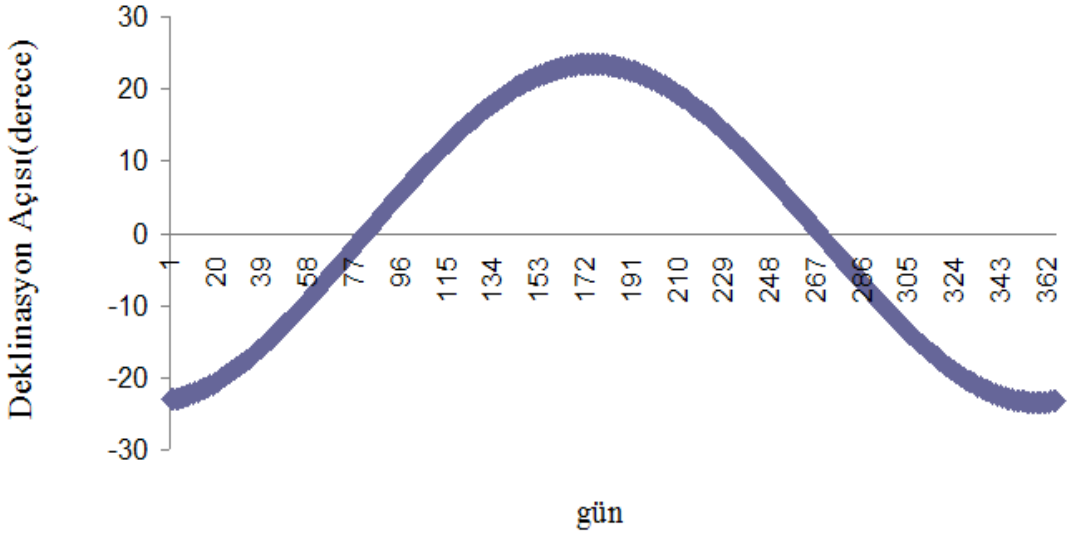
Dünya ekvator düzleminin gök kürede dışa doğru iz düşümüne gök ekvator denir. Dünyanın kutupsal eksenlerinin gök küreyi kestikleri noktaya gök kutuplar denir. Verilen herhangi bir zamanda, güneşin gök ekvator düzlemine göre pozisyonu deklinasyon açısıyla gösterilmektedir. Deklinasyon değişimi artık yıldan dolayı meydana gelir.

Kuzey yarımküre de İlkbahar ve Sonbahar ekinokslarında sıfır, yaz gün dönümünde +23.5°, kış gün dönümünde -23.5° 'dir. Güney yarımkürede tersi meydana gelmektedir.

d_n, 1 Ocak 1 olmak üzere Şubat 28 sayılarak hesap yapılacak günün yılın kaçıncı günü olduğu θ_0 bu günün radyan cinsinden değeri olmak üzere deklinasyon açısı aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$\theta_0=2\Pi(d_n-1)/365 \quad \textbf{(2.1)}$$

$$\delta=(0.006918-0.39991\cos\theta_0-0.070257\sin\theta_0-0.006759\cos2\theta_0+0.000907\sin2\theta_0-0.002697\cos3\theta_0+0.001480\sin3\theta_0)180/\prod \quad \textbf{(2.2)}$$

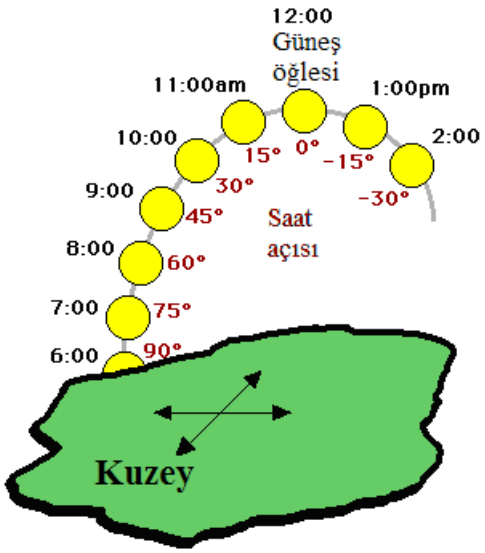


Şekil 2.2 : Güneş Deklinasyon Açısının Yıllık Değişimi

2.2 Saat Açısı(ω_s)

Zaman açısı, gök kutupta, gözlemci meridyeni ile güneş meridyeni arasındaki açıdır. Güneş öğlesinden ölçülür. 1 saat 15° ye karşılık gelir [4].

ω_s=15 |12-gerçek güneş saati| **(2.3)**



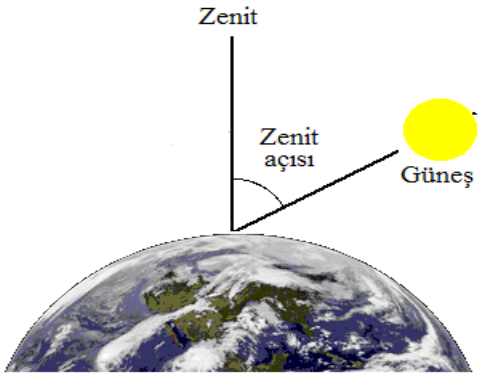
Şekil 2.3 : Saat Açısının Güneş Konumuyla Günlük Değişimi [6]

2.3 Zenit Açısı (θ_z)

Gözlemcinin bulunduğu düzlemin normali ile gökkürenin kesiştiği noktaya zenit noktası denir.

Yerel zenit ile gözlemci ve güneşi birleştiren düzlem arasındaki açıdır. 0° ile 90° arasında değişir [4]. Güneş zenit açısı aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$\theta_z = \arccos (\cos\omega_s.\cos\varphi.\cos\gamma + \sin\varphi.\sin\gamma)$ **(2.4)**



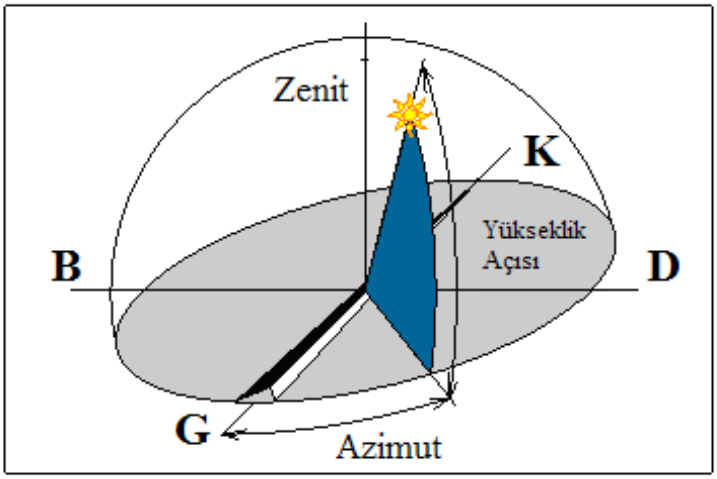
Şekil 2.4 : Zenit Açısı [7]

2.4 Güneşin Azimut Açısı (α)

Güneşin azimut açısı, güneş meridyeni ile gözlemcinin güney noktası arasındaki açıdır [4].

$$\alpha = \arccos(\sin\gamma.\sin\varphi - \sin\delta)/\cos\gamma.\cos\varphi \qquad \textbf{(2.5)}$$

Doğuya doğru ölçülürse pozitif, batıya doğru ölçülürse negatiftir ve 0°-180° arasında değişir.



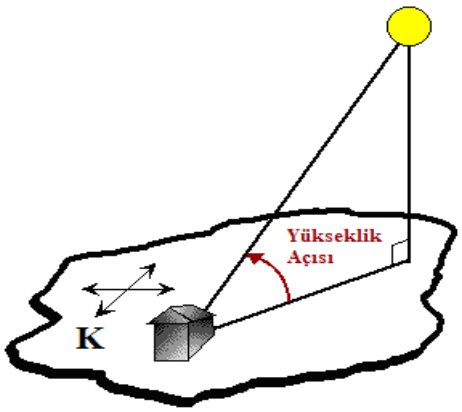
Şekil 2.5: Azimut ve Güneş Yükseklik Açısının Üç Boyutlu Görünümü [7]

2.5 Güneş Yükseklik Açısı (γ)

Güneşin yıllık ve günlük hareketleri, güneşin yükseklik açısı (γ) ve azimut açısı (α) yardımı ile matematiksel olarak modellenebilir [3].

Güneş yüksekliği, güneşin gözlemcinin ufkundan açısal yüksekliğidir.

$$\gamma = \arcsin(\cos\omega_s.\cos\varphi.\cos\delta+\sin\varphi.\sin\delta) \quad \textbf{(2.6)}$$



Şekil 2.6: Güneş Yükseklik Açısı [6]

Güneşin yükseklik açısıyla zenit açısı toplamı 90° dir.

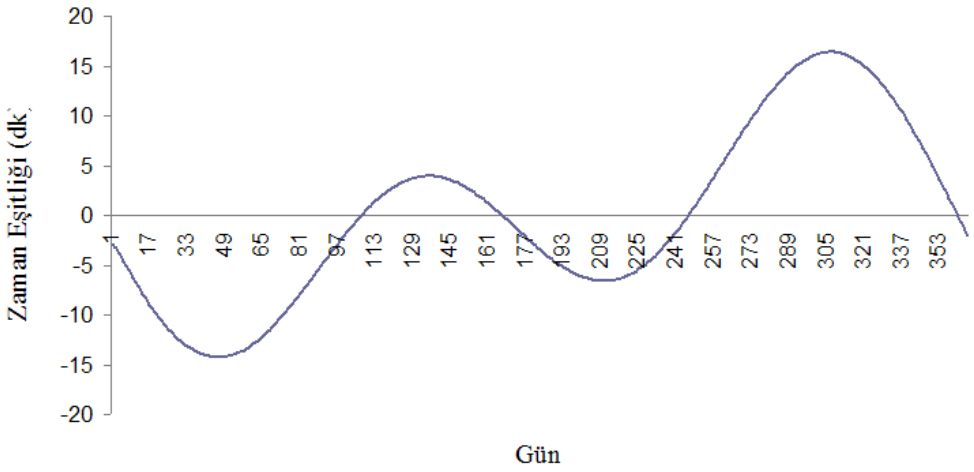
2.6 Zaman Eşitliği (T_e)

Güneş zamanı, yerin kendi ekseni etrafında ve güneşin etrafındaki dönüşüne bağlıdır.

Bir güneş günü, yerdeki sabit bir gözlemci için güneşin ardı ardına geçişi arasındaki zaman aralığıdır. Güneş günü uzunluğu yıl boyunca değişir. Bu değişimin sebepleri yerin Güneş etrafında dönüşü sırasında, yörünge düzleminde birbirine eşit olmayan alanlar taraması, yani hızı sabit olmaması ve yerin ekseninin ekliptik düzleme göre eğik olmasıdır.

Başka bir deyişle, bir noktada güneş saat 12' de tam tepe iken, aynı noktada farklı bir zamanda tam tepede olmaz. Bu zaman farkı en çok 16 dakikadır. Bu farka zaman eşitliği denir. Bu fark sabit hıza göre bağıl olarak ölçülür. Zaman eşitliği güne bağlı olarak formülde verildiği üzere hesaplanırsa maksimum hata 35 sn' dir [4].

$$T_e=(0.000075+0.001868\cos\theta_0-0.032077\sin\theta_0-0.014615\cos2\theta_0-0.040849\sin2\theta_0)*229.18 \quad \textbf{(2.7)}$$



Şekil 2.7 : Zaman Eşitliğinin Yıllık Değişimi

Güneş radyasyon verileri gerçek güneş zamanına göre değerlendirilir. Gerçek Güneş zamanı aşağıdaki eşitlikle ifade edilir.

Gerçek Güneş zamanı = standart zaman – boylam düzeltmesi + zaman eşitliği

Gerçek Güneş zamanı = saat-4*(λ_s–λ_e)\60+T_e\60 **(2.8)**

2.8 numaralı formülde geçen λ_s standart boylam, λ_e gözleyicinin boylamıdır. Standart boylam Türkiye' de yaz ayları için 45°, kış ayları için ise 30°' dir.

3. DOĞAL AYDINLATMA

Ticari binalarda yapay aydınlatmanın yüksek enerji tüketimine yol açtığı bilinmektedir. Doğal aydınlatmada bina cephesinin özelliklerine bağlı olarak mekan içine giren gün ışığının, kullanıcıların görsel konforunu sağlayacak ve çalışma saatlerinde mekan içinde kamaşma yaratmayacak nitelikte olması gerekmektedir. Gün ışığı kullanımıyla hacim içinde yüksek aydınlık düzeyleri sağlanabilir ve renklerin görülebilirliği artar. Bunun yanı sıra, gün ışığının mümkün olduğunca fazla miktarda mekana alınması, yapay aydınlatmanın gün ışığına bağlı olarak çalışması durumunda elektrik enerjisi tüketimini azaltmaktadır.

Gün ışığı ile aydınlatmada, çalışma yüzeylerinde parlamalar olmaması, doğrudan ışık gelmemesi ve aydınlatma gereksinime göre makine ve çalışma yerlerinin iyi seçilmiş olması gibi temel yaklaşımlar, özenle ele alınmalıdır.

Gün ışığı kullanırken temel yaklaşım, bu ışığın tüm işlem alanlarına, olabildiği ölçüde eşit bir şekilde dağılımını planlamaktır. Bunun için, en uygun aydınlatma yaklaşımının çatıdan aydınlatma olduğu bilinmektedir. Öte yandan pencerelerden gelen ışığın da, zaman zaman dışarı bakan çalışanların gözlerini dinlendirdiği ve dış dünya ile ilişkilerini devam ettirerek, bir açıdan yararlı etkisinin olduğu anımsanmalıdır. Çatıdan aydınlatmalarda, testere tipi çatılarda olduğu gibi, gün ışığının tek bir yönden geldiği düzenlemelerden kaçınılmalıdır.

Gün ışığı ile aydınlatmanın en önemli sorunu, ışık şiddetinin gün boyu değişik düzeylerde olabilmesi ve mevsim değişikliklerinde, önemli güç farklarının söz konusu olmasıdır. Bu tip aydınlatma projelerinde, normal koşullarda sağlanan aydınlatmanın belli ölçülerde düşüşü normal kabul edilir. İş istasyonlarının ve tezgahların, ışığın yayılma doğrultusuna paralel yerleştirildiği işyerlerinde, aydınlatma düzeyinin yarısına kadar düşmesi pek önemli bir aydınlatma kaybı olarak kabul edilmez. Ancak, temelde gün ışığı aydınlatması, normal düzeyin % 70' ine indiğinde, daha aşağı bir aydınlatma koşulunun oluşmaması için önlemler alınmalıdır.

Gün ışığı ile aydınlatılan bir işyerinde, daha fazla ışık gereksinimi olan tezgahlar ya da iş istasyonları varsa, bunların yapay ışık kaynakları ile desteklenmesi gerekir. Gün ışığının desteklenmesinde, yapay aydınlatma, sadece gün ışığı yetmezliklerinde kullanılacak bir aydınlatma düzeni olarak düşünülmemelidir. Temel yaklaşım, gün ışığı aydınlatmasının yetersizliklerini dikkate alarak, aydınlatma düzeyinin dengelenmesidir. Bu şekilde bir düzenleme yapılırken, yapay aydınlatmanın ışık etkisinin gün ışığına yakın olmasına ve gün ışığı kadar aydınlatma etkinliği sağlamasına dikkat edilmelidir. Gün ışığının yeterli yapay ışık ile takviyesi, binalarda kullanılabilir hacim ve alanları arttırır, gölgelenmeleri ve karanlık köşeleri ortadan kaldırır ve yerleşim yönü nedeniyle yeterli gün ışığı sağlanamayan binalarda, aydınlatma düzeyinin optimizasyonuna katkıda bulunur. Odalarda yapay ışık kullanımı, pencerelerden gelen gün ışığı yetersizliklerini giderdiği gibi, gereksiz parlama ve gölgelenmeleri de ortadan kaldırır.

Bunun dışında doğal gün ışığı aydınlatmadan başka fonksiyonlara da sahiptir. Doğal gün ışığı, çevreye bakış sağlar, günün zamanını belirler ve hava koşullarının anlaşılmasını sağlar.

Bir oda aydınlatması dikkate alındığında bunun önemli bir ölçüsü gün ışığı sayısıdır. Bu değer oda içindeki aydınlık şiddetinin oda dışındaki aydınlık şiddetine oranıdır ve aşağıdaki eşitlikle bulunur.

$$DQ=(Ep/Ea) \times 100 \qquad \textbf{(3.1)}$$

Yukarıdaki formülde DQ gün ışığı sayısı, Ep ölçü noktasındaki aydınlık şiddeti, Ea üniform olarak kapatıldığında gökyüzüyle aydınlatılan yatay alanın aydınlık şiddetidir.

Gün ışığı sayısı bir oda içindeki ışık dağılımını belirtmek için kullanılabilir. Pencere boyutlarının hesaplanması ve gün ışığı temininde direk güneş ışığından korunmak için kullanılabilir.

Oda içinde DQ değerleri ve dağılımı özellikle pencerelerin konum ve tipine bağlıdır. Aynı zamanda bina çevresi ile duvarların ve diğer oda yüzeylerinin yansıtma özellikleri önemlidir.

Son 30 yıldır yapılan araştırmalar doğrultusunda, çeşitli doğal aydınlatma sistemleri geliştirilmiştir. Bu sistemlerin geliştirilmesinde ışığın yayılması temel alınarak,

çeşitli yöntemler kullanılmıştır. Gelişmiş aydınlatma sistemlerinin başlıca hedefleri; gün ışığının hacim içine yönlendirilmesi, belirli çalışma düzlemleri üzerinde doğal aydınlatmanın düzgünlüğünün sağlanması, görsel konforun arttırılması, kamaşma kontrolünün sağlanması ve ısıtma-soğutma yüklerinin azaltılmasıdır [9]. Gün ışığına bağlı olarak yapay aydınlatmayı kontrol eden sistemlerin enerji tasarrufunu arttırdığı gözlenmiştir.

Güneş ışınımının bir kısmı, atmosferi oluşturan bileşenlerden karbondioksit, oksijen, ozon ve su buharı tarafından belirli dalga uzunluklarında yutulur ve hava molekülleri, toz ve su buharı tarafından saçılır. Işınımın bu yutulan ve saçılan kısmı, yalnız görünür spektrum göz önüne alındığı takdirde, gök ışığını oluşturur [1].

3.1 Gün Işığı ve Güneş Işığı

Güneşin sağladığı ışık, direk gelen güneş ışığı ve dağılmış gün ışığı olarak iki bölümde incelenebilir.

Gün boyunca güneşin gökyüzündeki konumu sürekli olarak değişir. Yılın belli zamanlarında şiddetinde önemli değişimler meydana gelir. Güneş ışığından kaynaklanan aydınlık düzeyi dünya üzerinde her noktada mevsim, saat ve mevcut atmosferik koşullarla değişir. Atmosferik yutma aydınlık düzeyinin belirlenmesinde önemli bir etkendir ve meteorolojik koşullara ek olarak güneş ışınının kadettiği yol ve güneşin yükseklik açısıyla değişir.

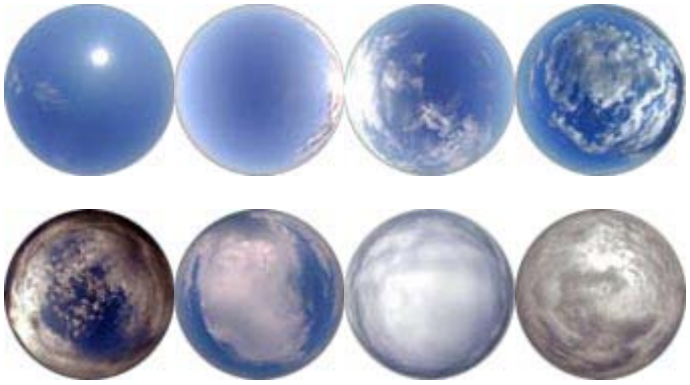
Bu nedenle bina içi aydınlatmada çok güvenilir bir kaynak değildir. Hatta çalışma düzleminde ve bilgisayar ekranında kamaşma kaynağı da olabilir. Ama gün ışığı özellikle kapalı gökte efektif bir ışık kaynağıdır. Gün ışığı gökyüzündeki bulut tipine ve saate bağlı olarak değişir. Güneş ışığının atmosferde toz, su buharı ile yaygın duruma geçmesi sonucu gök ışığı oluşur. Bu saçılmanın bulutlarla etkileşmesi sonucu gök parıltısı oluşur [10].

Bulutların güneşi kaplama oranına bağlı olarak gök parıltısı oranı çok hızlı ve büyük oranlarda değişebilir.

Göğün parıltı dağılımı pek çok parametreye bağlı olduğundan, farklı gök koşullarında gök parıltısını hesaplayan birçok matematiksel model vardır.

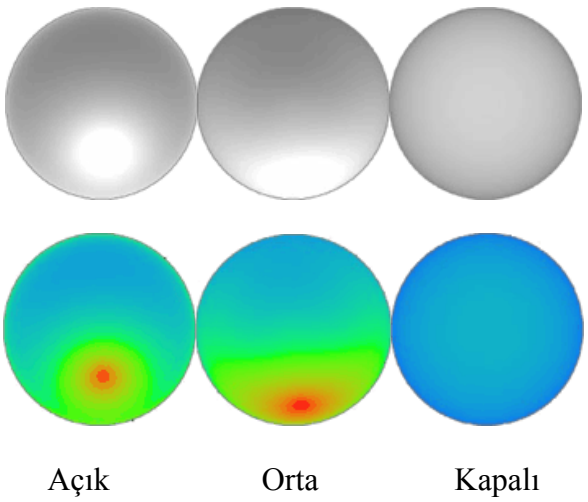
3.2 Gök Modelleri

Gökyüzündeki ana ışık kaynağı Güneş'tir. Fakat Güneş ışığının atmosferdeki yansıma ve saçılmasından dolayı tüm gökyüzü bir ışık kaynağı olarak kabul edilebilir. Gökyüzündeki ışığın dağılımı o andaki çevresel etkilere bağlıdır [10].



Şekil 3.1 : Gökyüzü Modelleri [10]

Gökyüzü parlaklığı gün ışığı sistemleri için çok önemli bir bilgidir. Bulut çeşitliliği, şekli ve gökteki hareketleri dakika dakika ışığın dağılımını değiştirir. Belirli bir durum için bina tasarımı yapılamayacağı için ortalama değerlere göre tasarım yapılır. CIE birçok gök modeli geliştirmiştir. Bunlardan en çok kullanılan açık, tekdüze ve kapalı gök modelidir. Aslında aynı anda gökte farklı modeller bulunabilir. Bunlarla ilgili birçok farklı matematiksel model geliştirilmiştir. Her bir modelde güneşin o andaki pozisyonuna göre zenit ile ufuk arasında değişen açıyla orantılı olarak tüm göğün parlaklığının değiştiği kabul edilmiştir. En kötü durum olarak kapalı gök koşulları kullanılır.



Şekil 3.2 : CIE Standart Üç Gök Modeli [10]

3.2.1 CIE tek düze gök modeli

Bu modelde göğün parıltı dağılımı sabit kabul edilmektedir. Kurak ve güneşli iklim bölgelerinde, güneşin yakın çevresi dışında kalan kısım olan mavi gök parçası için doğru kabul edilebilir. Hangi noktada olunursa olunsun aynı değer elde edilmektedir [3, 10].

L= Sabit **(3.1)**

3.2.2 CIE kapalı gök modeli

Kapalı gök modelindeki parıltı dağılımını Moon ve Spencer 1942 senesinde, daha önceki ölçüm sonuçlarından da yararlanarak 1955 CIE Zürih toplantısında kapalı gök parıltı dağılımı formülü olarak standartlaştırılmıştır. Bu gök modelinde güneş görülememektedir. Gök tamamen bulutlarla kaplıdır [10].

$$L = \frac{L_Z(1+2\sin\gamma)}{3} \quad \textbf{(3.2)}$$

Formülde geçen γ Güneş yükseklik açısıdır. Dolayısıyla kapalı gök modeli sadece yükseklik açısıyla değişmektedir. Zenitte yükseklik açısı 90˚dir. Ufukta ise 0˚dir. Yani maksimum parıltı zenittedir. Ufukta ise zenit değerinin üçte birine inmektedir.

3.2.3 CIE açık gök modeli

Bu modelde güneşin gökyüzünde görünebildiği varsayılıyor. Bunun sonucu olarak güneşin etrafı diğer bölgelere göre çok parlak olduğu için gökteki parlaklık dağılımı tekdüze değildir. Açık gökteki parıltı dağılımının formülü ilk defa Kittler tarafından ortaya atılmış ve 1973 senesinde bu formül, CIE tarafından açık gök modeli standardı olarak kabul edilmiştir. Bu modelde parıltı dağılımı güneşin gök kubbedeki yeri ile değişir, ancak güneş öğle meridyenine göre daima simetriktir [1, 10].

Açık gök modelinde bağıl parıltı dağılımı, herhangi bir gök parçasının parıltısının (L) zenit parıltısına (L_z) oranı olarak tanımlanır.

$$L/L_Z = (0.91+10e^{-3k}+0.45\cos^2 k)(1-e^{-0.32\sec z})/(0.91+10e^{-3z_s}+0.45\cos^2 z_s)(1-e^{-0.32}) \quad \textbf{(3.3)}$$

$$k = \arccos(\cos z_S \cos z - \sin z_S \sin z \cos\Delta\alpha) \quad \textbf{(3.4)}$$

$$\Delta\alpha = \alpha - \alpha_S \quad \textbf{(3.5)}$$

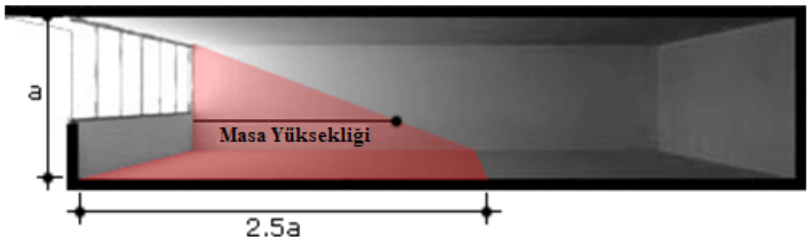
Güneş ile gök parçası arasındaki uzaklık k, gök parçasının zenitten olan açısal uzaklığı z, Güneş ile zenit arasındaki açısal uzaklık z_s, gök parçasının azimut açısı α, Güneş'in azimut açısı α_s ile gösterilmiştir.

Binalarda gün ışığı hakkındaki analitik çalışmalar gökyüzü parıltısının bilinmesi gerekliliğini göstermiştir. Standart gök koşullarının analitik modellemesi yıllardır gök parıltı dağılımı modellemesinde kullanılmaktadır. Bununla beraber gök parıltı dağılımı, ifade edilen ampirik formüllerden çok daha karmaşıktır. Bu modellerden en çok kullanılanı CIE' nin standart açık ve kapalı gök modelidir. Fakat bu modeller yapılan gök parıltı ölçümleriyle fazla örtüşmemektedir. Ayrıca ilgili yerdeki güneşlenme süresi, bulutluluk oranı ve bulut tipi gibi meteorolojik bilgileri standart gök modelleri içermemektedir.

CIE' nin en son kabul ettiği standart gök modelleri 1999' da Kittler' in yayınladığı gök modelleridir. Kapalı gök modelinden açık gök modeline kadar toplamda 15 standart gök modeli vardır. Bu model yükseklik açısı, türbidite, parlaklık ve aydınlık parametrelerinden oluşmuştur [11].

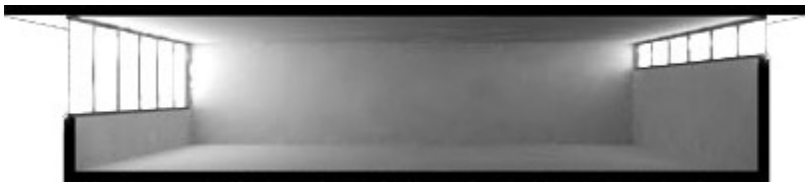
4. BİNA DOĞAL IŞIK KAYNAKLARI PENCERELER

Düşey yapıda olan pencereler en çok kullanılan gün ışığı sistemleridir. Fakat birçok odada yalnız bir cephede pencere olduğu için oda derinliğinde ışık seviyesi oldukça düşer.



Şekil 4.1: Tek Cephede Penceresi Olan Odadaki Işık Dağılımı [10]

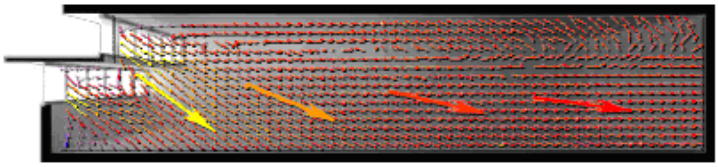
Ofis tasarım standartlarında pencere yüksekliğinin 2.5 katı kadar gün ışığı tek cepheli bir odaya nüfuz eder. Yani 2.5 m ise gün ışığı 5-7 m arasında ulaşabilir. Bu problemle baş etmek için farklı cephelere pencere eklenebilir ya da ışık rafı veya prizmatik sistemler gibi ışığı tavandan yansıtarak dağıtan sistemler kullanılabilir.



Şekil 4.2: İki Cepheli Bir Odadaki Işık Dağılımı [10]

Yatay uzanan kısa pencereler, düşey pencereler kadar ışık sağlamaz. Bununla birlikte düşey pencerelerden giren, direk güneş ışığından mekanı korumak için daha çok güneş kontrolü gerekmektedir.

Mekana giren ışığın yönüde önemlidir. Odanın derinlerine doğru gidildikçe ışık yönünün daha yatay olması kontrastlığın azalmasına sebep olur [10].



Şekil 4.3: Işık Yönünün Oda Derinlerine Doğru Değişimi[10]

4.1 Çatı Pencereleri

Binanın çatı kısmında açılan menfezlere çatı penceresi denir. Çatı penceresinden giren gün ışığı seviyesi çok iyidir. Fakat güneşten gelen direk ışınların kontrolü oldukça zordur. Özellikle sıcak iklimlerde açılı jaluziler ve mevsimlik ayarlanabilen gölgelikler kullanılmalıdır. Diğer pencere tiplerine göre çatı pencereleri daha çok ısı kaybı veya fazla ısınma oluşturabilir. Daha önceden odanın ısıl taslağını oluşturmak ek bir havalandırma yükünü önleyebilir. Isı kaybının azaltılması için çift cam kullanılabilir. Yazın direk gelen güneş ışığını engellerken kışın gün ışığının çoğunu içeri alan çok çeşitli sistemler vardır.



Şekil 4.4: Çatı Penceresinden Dağılan Gün Işığı [10]

4.2 Testere Dişi Pencereler

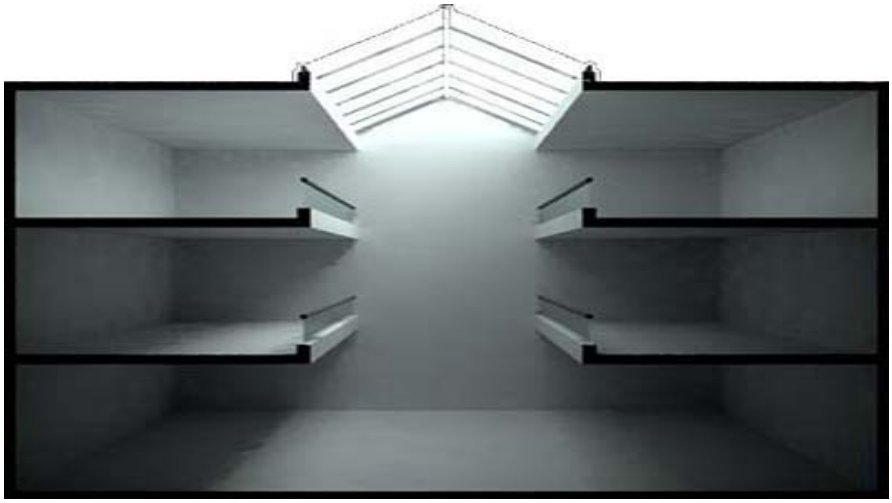
Testere dişi pencereler eğimli çatılarda düşey pencere sistemlerine bir örnektir. Direk gelen güneş ışığını engelleyici bir biçimde çatı eğimi verilmektedir. Isı yalıtımı açısından mekanda negatif etki oluşturur. Güneye bakmayan pencerelerde de batı ve doğu yönünde direk olarak güneş ışığının girmesi ancak yaz aylarında, güneş doğuş ve batış zamanlarında problem teşkil edebilir.



Şekil 4.5: Testere Dişli Çatı Penceresinden Gün Işığı Dağılımı [10]

4.3 Atrium

Çok katlı modern binalarda bina göbeğini aydınlatmada kullanılan bir sistemdir. Binanın merkezinden yukarıya açılan bir penceredir. Kubbe ve piramit şeklinde tasarlanabilir. Atriumlar sadece ışık sağlamanın yanında ışığın iç mekanlara ulaşmasını da sağlar. Atriumların yüseklik ve genişlik oranı 2:1 olmalıdır [3, 10].



Şekil 4.6: Atriumdan Gün Işığı Dağılımının Görünüşü [10]

5. GÜN IŞIĞI KONTROL SİSTEMLERİ

Mekana giren gün ışığının miktarını ve dağılımını kontrol etmek için birçok yol vardır. İlk olarak cephelerdeki pencerelerin büyüklüğü ve yeri gün ışığından ne kadar faydalanabileceğimizi tayin eden önemli etkendir. Diğer bir yönden gün ışığını iletme araçlarındaki malzeme karakteristiği çok önemlidir.

Gün ışığına duyarlı kontrol sistemleri en az iki bölümden oluşmaktadır; gün ışığının mekana girmesinin kontrolü ve elektriksel aydınlatma kontrolü. Gün ışığını mekana alma kontrolünün amacı mekana giren gün ışığının yeterli miktarda ve kalitede olmasını sağlamaktır. Diğeri, gün ışığı yetersizken yapay aydınlatma ile yeterli derecede desteklenerek istenilen aydınlık seviyesine ulaşılması ve oda içerisindeki ışığın düzgün bir dağılım içerisinde olmasını sağlamak amacıyla yapılır. Enerji tasarrufunu da sağlamak hedeflerin arasındadır. Her iki sistemde de kullanıcıların memnuniyetini sağlamak hedeftir. Fakat bu sistemlerin sebep olduğu parıltı, geçici azalmalar veya ani değişimler, rahatsız edici mekanik sesler gibi durumlar sistem verimliliğini düşebilir [12].

Gün ışığına duyarlı sistemlerde hem merkezi hem de yerel kontrolü sağlayan birçok elektrik aydınlatma kontrol sistemleri bulunmaktadır. Merkezi sistemi kullanarak tüm bina veya sadece istenilen kat kontrol edilebilir. Merkezi kontrol sistemi genellikle tek bir gün ışığı sensörüne bağlı bulunur. Bu sensör alanın orta kısımlarında tavana monte edilir. Aydınlığı belirli bir seviyede tutmak amaçtır. Yerel kontrol sistemleri çalışma düzlemindeki aydınlık seviyesini korumak amacıyla sensöre, bağlı bulunan lambaların çıkışını ayarlar. Genel olarak yerel kontrol sistemleri merkezi kontrol sistemlerinden daha iyi performans sergiler.

Gün ışığı kontrol sistemlerinde kullanılan yöntemler el ile ve otomatik kontroldür.

5.1 El ile Kontrol

Gün ışığı kontrolünü el ile yapan sistemlerde, kullanıcı odadaki ışığın miktarını ve kalitesini ancak el ile ayarlayabilir. Bu yüzden bu kontrol tipinde kullanıcının bilinçlendirilmesi gayet önemlidir. Bu sistemler basit olan perdeler, jaluzilerden oldukça karmaşık olan gün ışığını yönlendiren sistemlere kadar geniş bir yelpaze oluşturur. Tümünün amacı ise gelen ışığın miktarını ve kalitesini optimize etmektir. Enerji tasarruflu bir sistem değildir.

5.2 Otomatik Kontrol Sistemleri

Gün ışığı kontrol sistemlerinin amacı hedeflenen yüzeyde toplam aydınlık seviyesini minimum elektrik enerjisi ile sağlamaktır. Aydınlatmada gün ışığı kullanımı ve ışık sensörü ile kontrol edilen sistemler kullanıldığında elektrik tüketiminde oldukça düşüş görülmektedir.

Otomatik kontrol sistemlerinin çok geniş bir kullanım alanı vardır. Yatay ve düşey olan ince tabakaları döndürmek, perdeleri otomatik olarak açıp kapamak ve güneş izleme sistemlerinin dönüşlerini sağlamak gibi birçok kullanım alanı sayılabilir.

Gün ışığına duyarlı otomatik kontrol sistem bileşenleri ışık sensörleri, kontrolör, loşlaştırma ve açma-kapama üniteleridir.

Işık sensörlü kontrol sistemleri anlık ölçüm alan ve bu ölçümleri belli algoritmalarla işleyerek sinyallere dönüştüren bir yapıdır. Fotoelektrik kontrolde sensör anahtar elemandır. Ortamdaki güneş ışığının varlığına ve miktarına göre kontrol sinyalini değiştirerek kontrolcü girişine veren bir sistemdir. Sensörün yeri önemlidir. Çünkü kullanılan kontrol algoritmasını etkiler. Fotoelektrik hücreler çoğunlukla tavana yerleştirilir ve belirli bir seviyede sabit aydınlık düzeyini korumak için kalibre edilir. Eğer alanda bina ve ağaçtan dolayı oluşan gölgeler varsa tek bir sensör kullanımı problem oluşturabilir. Işık rafları gibi gün ışığı sistemleri kullanıldığında pencereden gelen direk güneş ışınlarından ve değişen gök koşullarından meydana gelen anlık etkilerden sensör korunarak bu problemin üstesinden gelinmiş olur.

Işık sensöründen gelen sinyal kontrolörlerdeki algoritma ile işlenerek loşlaştırma veya açma-kapama ünitesine gelen bir emir sinyali haline getirilir.

Loşlaştırma ünitesi, bu sinyali alarak lambaya gelen güç akışını değiştirerek ışık seviyesini değiştirir. İstenilen aydınlık seviyesine ulaşabilmek için kontrolöre giden sinyali uygun seviyeye getirir. Foto elektrik açma-kapama elemanları düzensiz bir şekilde değişen gün ışığı seviyelerinde istenmeyen bir şekilde çok hızlı cevap verir. Bu kullanıcı rahatsızlığına neden olabileceği gibi lamba ömrünü azaltır. Belli kontrol algoritmaları geliştirerek sistem cevabının geciktirilmesi veya belli aydınlık seviye bantları oluşturularak bu tür problemler aşılabilir. Açma-kapama elemanına göre özellikle yüksek frekanslı loşlaştırma elemanları çok daha enerji tasarrufludur. Kullanıcı açısından loşlaştırma elemanı daha rahat ettiricidir.

Kontrol sisteminin ışık ayarı ve gölgeleme sistemlerinin kontrolünü, kullanıcı konforunu bozmayacak şekilde hissettirmeden yapılması tercih sebebidir [12].

5.3 Kontrol Sistemleri Stratejileri

Ortamdaki ışığı değiştirebilmek için birçok aydınlatma kontrolü vardır. Kontrol sistemi farklı parametreleri kullanarak kontrol edilebilir. Bu parametreler ışık seviyesi, ışık dağılımı ve spektral dağılımdır. Işık seviyesi için loşlaştırma elemanları, ışık dağılımı için yönsel kontrol elemanları kullanılır. Fakat en çok kullanılan kontrol sistemi yöntemi ışık seviyesi kontrolüdür.

Otomatik kontrol sistemlerinde kontrol bir veya daha fazla kritere göre yapılabilir. Bu kriterler aşağıdaki gibi sıralanabilirler [12].

- Gün ışığı girişi yani gün ışığı miktarına göre elektriksel ışığın kontrolü
- Mekanda insan olup olmamasına göre, insan yok iken kapatılması
- Zaman, yani belirlenmiş saatlerde otomatik olarak ışığın kapatılması

Çalışmalarına birkaç dakika veya uzun bir süre ara verip ofisten ayrılanların bulunduğu ortamlarda kişi sensörleri oldukça işlevseldir. Son çalışmalar gösteriyor ki çalışanların birçoğu çalışma saatlerinin %30 ile %70' i arası ofiste bulunmuyorlar. Böyle bir durumda aydınlatma kontrolünden sağlanacak enerji zaman gecikmeli kişi sensörleri de hesaba katılarak en iyimser tahminle %30' dur. Bununla beraber kullanılan alanın nasıl organize edildiğine bağlı olarak da enerji tasarrufu oranı değişebilir. Bu sistemin zayıf noktası, odada diğer insanlar varken tek kişiye bağlı olarak lambanın kapatılmasıdır. Bu, odada bulunan diğer çalışanlar için bir sorun teşkil eder. Bu nedenle kişinin alandan ayrılması ile ışığın kapatılması yerine

loşlaştırılması tercih edilmektedir. Bununla birlikte zaman ayarlı kontrol sistemleri de bulunmaktadır. Özellikle kamu binalarında, şirket ve fabrikalarda yıllık ve günlük planlar çıkarılarak zamana bağlı otomatik kontrol yapılabilir. Bu sistemlerde enerji tasarrufu sağlanır ve hava koşulları sistem cevabını değiştirmez.

5.4 Kontrol Prensipleri

Doğal aydınlatma için kullanılan foto elektrik sensörlerin üç temel kontrol algoritması vardır. Bunlar açık çevrim, kapalı çevrim ve integral tipi kontrol algoritmalarıdır.

5.4.1 Açık çevrim kontrol sistemleri

Açık çevrim kontrolde, kontrol sisteminin ışık sensörü yalnız gün ışığını algılayarak bina içerisindeki elektriksel aydınlatmayı kontrol eder. Bu nedenle sensör bina dışına yerleştirilir. Sistemde geri besleme yoktur. Açık çevrim loşlaştırma sistemlerinde ışık sensörüne gelen gün ışığı miktarı ile orantılı olarak lamba loşlaştırılması yapılır. Doğal aydınlık düzeyi yükseldikçe, yapay ışık kaynakları belli bir eğimli doğru boyunca loşlaştırılır. Bu eğim ayarlaması gündüz kalibrasyonu olarak adlandırılır. Bu kalibrasyon dışarıda önceden belirlenmiş doğal aydınlık seviyesi oluştuğunda tüm lambalar kapatılarak yapılır.

5.4.2 Kapalı çevrim sistemleri

Kapalı çevrim sistemleri negatif geri beslemeli sistemlerdir. Bu sistemlerde gün ışığı artarsa elektrik lambaları loşlaştırılır, azalırsa arttırılır anlamına gelmektedir. Işık sensörü tavana monte edilir ve çalışma düzleminde istenen aydınlık seviyesine göre kalibrasyonu yapılır. Sistemin çıkışı olan çalışma ortamındaki toplam aydınlık seviyesi yani hem doğal hem de yapay aydınlatma ölçülerek sistem girişine verilir. Işık sensör sinyali ile gece referans seviyesi arasındaki farkın lineer fonksiyonu olacak şekilde kontrolör loşlaştırma seviyesini ayarlar. Gece referans seviyesini ayarlamak için gece kalibrasyonuna ihtiyaç vardır. Gece kalibrasyonu tüm ışıklar açık ve gün ışığı yok iken yapılır.

5.4.3. Integral tipi kontrol sistemleri

İntegral tipi kontrolör, loşlaştırma seviyesini ışık sensörünün sinyali referans seviyede sabit kalacak şekilde ayarlar. Referans seviye gece kalibrasyonu ile tespit

edilir. Kontrol sisteminin ışık sensörünün bu koşuldaki çıkış değeri her koşulda sağlanacak referans seviye olarak kabul edilir. İTU Elektrik Elektronik Fakültesi 3. katta yapılan deneyde bu tip bir kontrol sistemi kullanılmıştır.

6. IŞIK RAFLARI

Işık rafları gök ışığını üst yüzeyi ile gölgelemesi ve yansıtması, ayrıca güneşten kaynaklanacak kamaşmayı engellemesi için tasarlanmış tipik bir gün ışığı aydınlatma sistemidir.

Bir ışık rafı genellikle bir üst pencerede yaklaşık göz hizasından yukarıda yatay veya yataya yakın bir levhadan oluşmaktadır. Bu levha içeriye veya dışarıya taşabilir. Işık rafları karakteristik olarak parıltıyı engelleyecek şekilde konumlandırılır. Işık rafı ne kadar aşağıda olursa parıltı daha yüksek olur. Işık rafı, üzerine yerleştirilen yansıtıcı yüzey ile güneş ışınlarını tavana ve odanın arka kısımlarına yansıtılır. Pencerenin alt kısmından kişiler dışarıyı görebilirler. Işık rafının oda içindeki yerini ve yüksekliğini belirlerken odanın şekli, tavan yüksekliği, ofis veya özel mekan ise orada çalışacak insanların ayakta iken göz yüksekliğine dikkat edilmelidir [2] .

6.1 Amaçları

Gün ışığı dağılımını düzgünleştirmek ışık raflarının amaçlarından biridir. Pencere kenarındaki gün ışığı faktörünün düşüşü odanın düzgünlük çarpanını daha iyileştirir. Bu kullanıcıların yapay aydınlatmayı daha az kullanmasına sebebiyet verir.

Ayrıca ışık rafları istenmeyen açılarda gelen direk güneş ışığının içeriye girmesini engeller ve böylece odada düzgün bir aydınlık oluşur [2].

6.2 Fiziksel Özellikleri ve Çalışma İlkeleri

Bir ışık rafının cephedeki konumu ve boyutları gölgeleme ve gün ışığı ile aydınlatma ihtiyaçlarına göre belirlenir. Işığı yönlendiren ve yansıtan, içeride yer alan bir ışık rafı içeriye iletilen ışığın miktarını azaltır. Işık rafını dışarıya doğru çektikçe, pencere önünde oluşan aydınlık düzeyi değerleri düşürülmekte ve gün ışığı düzgünlük faktörü iyileştirilmektedir. Cam yüzeyin yüksekliği ve ışık rafının derinliği enlem ve iklim özelliklerine dayanarak belirlenmelidir. Bu işlem yapılırken güneş ışınları , o bölgede gölgeleme istenen zaman aralığında güneşin bulunduğu konumdaki

yükseklik açısı ile pencere düzlemine doğru çizilir ve pencerenin ne kadarı gölgelenmek isteniyorsa o noktadan çizilen ışına kadar ışık rafının dış parçası uzatılır. Aynı şekilde üstteki pencerenin yüksekliği de içeriye direk güneş ışığını almayacak şekilde ayarlanır [2].

Düşük enlemlerde, iç ışık rafının boyu üst pencereden gelen direk güneş ışığını engelleyecek kadar uzatılabilir. Daha yüksek enlemlerde doğuya veya batıya bakan cephelerde; ışık rafı ve tavan arasındaki boşluktan bir miktar direk güneş ışığı içeriye girer ve ek gölgeleme elemanı ihtiyacı ortaya çıkar. Rafın derinliğinin arttırılması, sorunu çözebilir. Ancak bunun sonucunda, istenen gün ışığı ve pencereden görülen alan da engellenecektir. Işık rafının hareketli olması da bu sorunu çözebilir. Işık rafı aşağı doğru çevirilerek pencere düzlemi gölgelenirse tavana yansıtılan ışığın miktarını azaltır. Işık rafı yukarı doğru döndürüldüğünde ise tavana yansıtılan ışık arttırılırken gölgeleme etkisi azaltılmış olur. Yatay bir ışık rafı gün ışığı dağılımı ve gölgeleme ihtiyacı arasında en iyi dengeyi kuran bir çözüm olarak ortaya çıkmaktadır [2].

Tavan ışık rafı sisteminin ikinci en önemli parçasıdır. Çünkü ışık, raftan tavana doğru, tavandan da odaya yansıtılır. Bu işleme etki eden tavanın özellikleri, yüzey kaplaması, düzgünlüğü ve eğimidir. Aynasal bir tavan daha fazla ışık yansıtabilmesine rağmen, ışık rafı yakınında oluşabilecek kamaşmaya karşı dikkatli olmak gerekir. Kamaşmayı önlemek için tavan yüzeyi pürüzlü, beyaz veya aynasal yüzey oluşturmayacak bir renkte olmalıdır.

6.3 Maliyet ve Enerji Tasarrufu

Pencere yüzeyine düşen ışık miktarının ışık rafı ile azaltılması yapay aydınlatmanın kullanımının artmasına sebep olabilir. Fakat ışığın oda içindeki düzgün dağılımı, kullanıcılarda odanın iyi aydınlatıldığı izleniminin oluşmasına sebep olabilir. Bu da kullanıcıların elektrik aydınlatmasını açma olasılığını düşürebilir. Yani oda veya ofis içerisindeki gün ışığı katsayısının düzgünleşmesine sebep olduğu için yapay ışık kullanımını azaltabilir. İçeri giren gün ışığı miktarı, bir dış ışık rafı kullanılarak, rafın geometrisine ve yüzey davranışına bağlı olarak arttırılabilir. Optik olarak geliştirilmiş bu sistemler, güneşli gök koşulları altında, nispeten küçük bir giriş alanına sahip derinliği fazla olan ofis mekanlarına yeterli aydınlık düzeyini sağlamaktadır. Yapılan çalışmalar sonucunda; optik olarak geliştirilmiş ışık rafı

yerleştirilmiş odaların, aydınlatma için harcadığı yıllık toplam elektrik enerjisinin geleneksel ışık rafı kullanan bir odaya göre çok daha az olduğu ortaya çıkmıştır [2].

7. DENEY SİSTEMİ

Şebekeden çekilen güç göz önüne alınarak, ışık rafı sistemi ve otomatik kontrol sisteminin sağladığı enerji tasarrufunu analiz etmek amacıyla bir deney odasına ışık rafı sistemi ve otomatik kontrol sistemi monte edilmiştir. Deney odası 41° 6.3' Kuzey enlemi ve 29° 1.46' Doğu boylamında bulunan İTÜ Ayazağa Kampüsü Elektrik-Elektronik Fakültesi 3. katındadır.

Referans odaya Berlin Teknik Üniversitesi' nden gönderilen ışık rafı monte edilmiştir. Referans odanın genişliği 3.35 m, uzunluğu 7.3 m' dir. Aslında fakülte binasında tavan yüksekliği 4 m' dir. Fakat burada tavan ışık rafından gelen ışığı ikincil olarak yansıtacağı için bir tadilat yapılmış ve bu tadilat neticesinde tavan yüksekliği 3 m olmuştur. Odadaki pencere alanı 3 m^2 ' dir [13].

Test odasına ait yansıtma katsayıları ölçülmüştür. Test odasının beyaz tavan ve duvarlarının yansıtma katsayısı %85 ve zemini açık gri renkli halı ile kaplanmış olup yansıtma katsayısı %35' dir. Masaların yansıtma katsayıları %18 olup, test odasındaki dolapların yansıtma katsayıları %10 ile %14 arasında değişmektedir [13].

Işık rafı sistemi, pencerenin üst bölümüne monte edilen bir sistemdir. Pencerelerin üst bölümlerini kapattığı için direk kamaşmayı önler. Yapılan deneyde çalışma düzleminde istenen aydınlık düzeyine ulaşabilmek için, odadaki gün ışığına ek olarak ışık rafının içerisinde bulunan fluoresan lambalar kullanılarak doğal aydınlatmaya destekleyici olarak yapay aydınlatma kullanılmaktadır. Işık rafının içerisinde 4 adet 80W' lık fluoresan lamba vardır. Kullanılan lambalar Osram firması tarafından üretilen FQ 80W/830 tipi tüp çapı 16mm, lamba uzunluğu 1449 mm, ışık akısı 6510 lm olan sıcak beyaz fluoresan lambalar kullanılmışlardır. Doğal ışık yansıtıcıları pencerenin üst bölümünden gelen ışığı tavana yansıtıp, doğal ışığı tavandan hacmin daha derin bölgelerine iletmektedir. Sistemin içerisindeki yapay ışık kaynakları aynı yöntem ile endirekt olarak çalışma düzlemine ulaşır. Endirekt aydınlatma ile çalışma konforu sağlanır. Pencereden 2.5 m uzaklıkta ve çalışma düzleminde bulunan ölçme noktasındaki aydınlık düzeyi, doğal ışık olmadığında ve yapay ışık kaynakları tam kapasite ile çalıştıklarında sağlanan 500lx' tür [14].



Şekil 7.1 : Test Odası [13]

Sistemde loşlaştırma ünitesi olarak, 5WG1 525-4AB02 katalog kod numaralı Siemens firması tarafından üretilmiş, nominal çalışma gerilimi 230V, nominal akımı 10A olan balast sistemi kullanılmıştır [3].

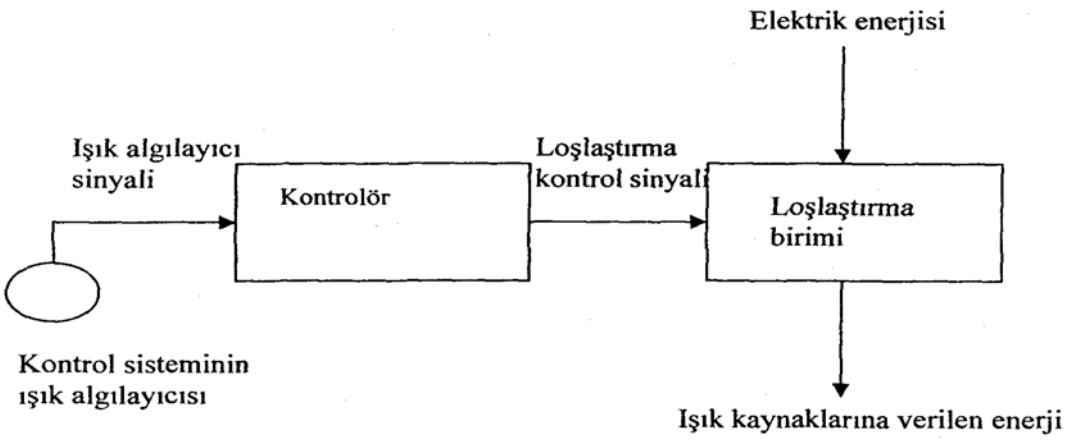


Şekil 7.2: Test Odasında Kullanılan Işık Rafı Sistemi [13]

Işık rafı sisteminin kontrolünde EIB Integral tipi kontrol sistemi kullanılmıştır. Loşlaştırma birimi loşlaştırma sinyalini 1-10 V arasında alır. Bu sistem bir grup yapay ışık kaynağını tek bir sistem olarak kabul ederek, doğal aydınlık düzeyine göre

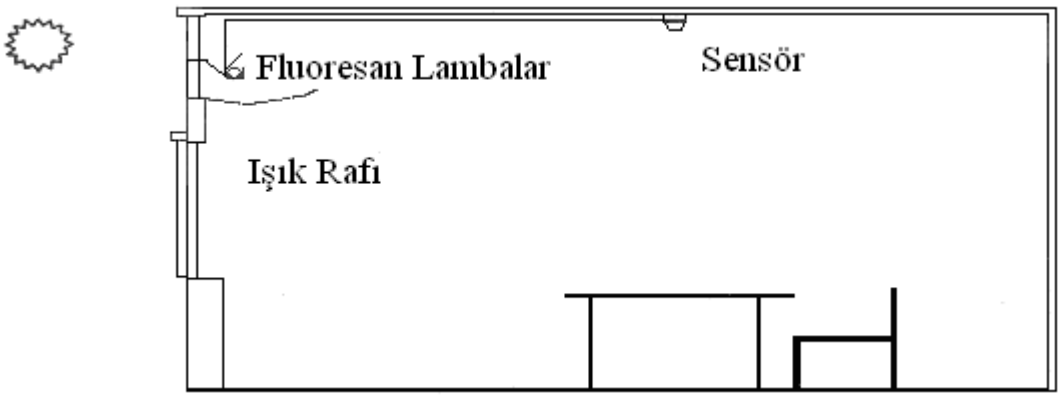
kontrol sağlar. Kontrol sistemi ışık sensörü, filtre edilmiş BPW21R tipi Si-Diyottur. INSTABUS sistemi, iki telli bir BUS hattı, bu hatta bağlı sensör veya anahtar buna ek olarak sürücü elemanlarından oluşmaktadır. Instabus sistem elemanları işlevlerine göre programlanmakta ve bu parametreler doğrultusunda görev yapmaktadırlar. EIB elemanları, bağlı oldukları Instabus hattı üzerinden birbirlerine telgraflar göndererek merkezi bir kontrol ünitesi olmaksızın bağımsız olarak işlevlerini yerine getirmektedir. Bu da sistem üzerinde çok yaygın bir otomasyon imkanı sağlamaktadır. Herhangi bir sensör sistemin durumunu yayınlar ve bu bilgileri alan sürücüler de programlarından aldıkları komutları uygulamaktadır.

Deney düzeneği kontrol sisteminde, pencere duvarından 2.5 m uzaklıkta tavanda bulunan ve çalışma düzeyini ölçmek üzere kalibre edilmiş bir sensör, ışık sensöründen alınan sinyali işlemden geçirerek loşlaştırma birimine ileten kontrolör ve ışık kaynaklarının şebekeden çektikleri gücü ayarlayarak, verdikleri ışık miktarını kademeli olarak ayarlayan loşlaştırma birimi vardır [3].



Şekil 7.3: Kontrol Sisteminin Blok Şeması [3]

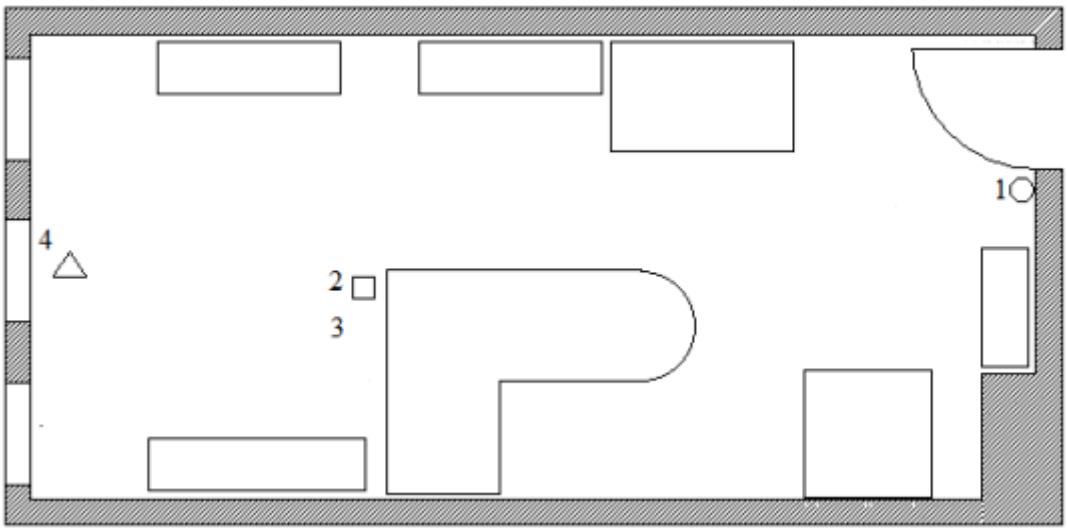
Tavana yerleştirilen kontrol ışık sensörü, yapay ve doğal ışığın çalışma düzleminde oluşturduğu toplam aydınlık düzeyi bilgisini kontrolöre ulaştırır. Kullanılan algoritmaya göre, yapay ışık seviyesi ayarlanır. Kontrol sisteminin ışık sensörünün konumu, kontrol algoritması ve bunların birbiriyle etkileşimi, sistemin bir bütün olarak nasıl çalışacağını belirler [3].



Şekil 7.4: Işık Rafı Sisteminin Şematik Gösterimi [3]

7.1 Test Odasındaki Ölçme Sistemi

Deney odasında 4 sensör kullanılmıştır. Deney oda krokisi ve ölçüm sensörlerinin yerleşimi aşağıdaki gibi gösterilmiştir.



Şekil 7.5: Test Odasındaki Ölçme Düzeneği [13]

1 ile gösterilen kapının yanında bulunan sensör hacim içinde insan var olup olmadığını algılayıp bilgisayara aktarır. Bu değer veri dosyalarında test odasında insan var veya yok anlamında VARt sembolü ile gösterilip 0 ise yok anlamındadır.

2 ile gösterilen ve pencereden 2.5 m uzaklıkta tavanda bulunan sensör çalışma düzlemindeki parıltıyı algılayıp, kontrol sistemine gönderir. Bu sensör aydınlatma düzeyine göre kalibre edilmiştir. Loşlaştırma birimdeki loşlaştırma sinyalini 1-10 V arasında değer alır. Bu sistem bir grup yapay ışık kaynağını tek bir sistem olarak

kabul ederek, doğal aydınlık düzeyine göre kontrol sağlar. Başka bir değişle yapay aydınlatma, loşlaştırma sinyali ile kontrol ettiği şebekeden çekilen gücü bu sensör değerlerine göre belirlemektedir. Bu değer veri dosyalarında U_{tkon} olarak adlandırılmıştır. Bu çalışmada 2 nolu sensörden gönderilen sinyale göre değişen şebeke gerilimi ile güneşlenme olasılığı arasındaki bağıntıyı bulmaya çalışıyoruz.

3 nolu sensör pencereden 2.5 m uzaklıktaki çalışma düzlemindeki yatay aydınlık düzeyini algılayıp bilgisayara aktarır. Dosyadaki ismi E_{thor} şeklinde gösterilmiştir. Odada var olan doğal aydınlatma ile 2 nolu sensör yardımıyla ayarlanan, yapay aydınlatmanın oluşturduğu, çalışma düzlemindeki aydınlık seviyesini ölçer. Çalışma düzleminde istenen aydınlık düzeyi yaklaşık 500lx' tür.

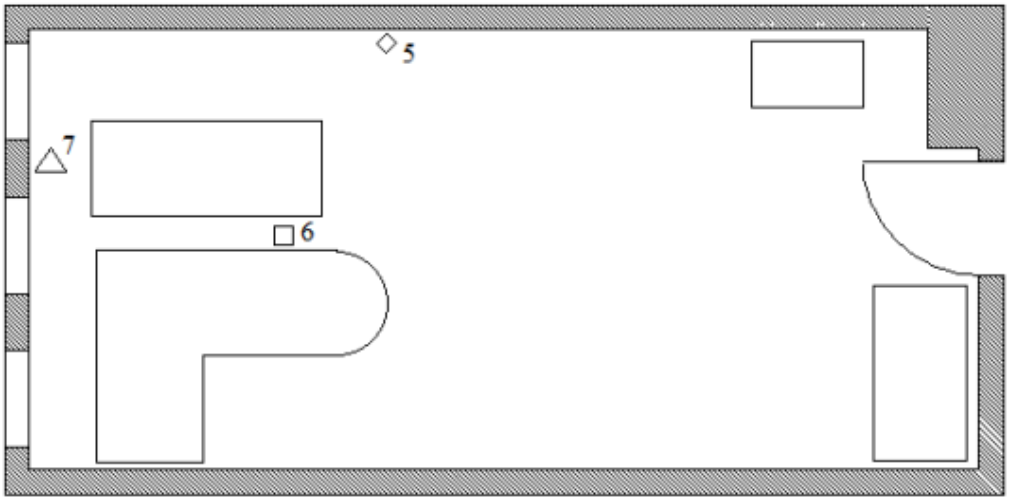
4 ile gösterilen sensör cephedeki düşey aydınlık düzeyini algılayıp, bilgisayara aktarmaktadır. Bu bilgi E_{tver} ismi ile dosyalarda adlandırılır. Bize gün ışığı ile ilgili fikir sağlar. Güneşlenme olasılığı ile ilişkilidir. Güneş hareketine ve meteorolojik duruma göre değerleri değişebilir.

7.2 Referans Odadaki Ölçme Sistemi

Referans oda fakültenin standart odalarından biridir. Odanın uzunluğu ve genişliği 7.3 m ve 3.35 m' dir. Odanın pencere alanı 1.6 m^2' dir. Tavan yüksekliği 4m' dir. Beyaz duvar ve tavanın yansıtma katsayısı %85' dir. Odanın zemini açık yeşil renkli halı ile kaplanmış olup yansıtma katsayısı %15' dir. Çalışma masasının yansıtma katsayıları %18 olup, referans odadaki mobilyaların yansıtma katsayıları %15-%35 arasında değişmektedir [13].

Referans odanın yapay aydınlatma sistemi olarak 12 adet 40W' lık fluoresan lamba mevcuttur. Bu ışık kaynaklarının çalışma noktasında oluşturduğu yatay aydınlık düzeyi ortalama 500lx' tür [3].

Referans odadaki ölçme sisteminde 3 tane sensör vardır. Bunların hepsinin verileri bilgisayara gönderilmektedir.



Şekil 7.6: Referans Odadaki Ölçme Sistemi

5 numaralı sensör, hacimdeki lambaların açık olup olmadıklarını algılayabilmek için lambalara yakın bir yükseklikte aydınlık düzeyi ölçümü yapıp bilgisayara gönderir.

6 numaralı sensör, çalışma düzlemindeki aydınlık düzeyini algılayıp bilgisayara gönderir .

7 numaralı sensör, hacim içinde insan varlığını algılayıp bilgisayara iletmektedir.

8. VERİLER

Deney sisteminde veriler saat 4.00-21.00 arasında 2002 yılında 7-8-9-10 aylarında, 2003 Aralık' ta, 2004 yılında 1-2-3-4-5-6-7-8-9 aylarında 2 dakikada bir ölçüm yapılarak elde edilmiştir. 4 ayrı yerden alınan 189246 tane ölçüm veri olarak kaydedilmiştir. Test odasında düşey düzlemdeki aydınlık seviyesi E_{tver}, test odası yatay düzlemdeki aydınlık seviyesi E_{thor}, lamba yakınındaki aydınlık seviyesi E_{rLMhor}, referans odadaki yatay aydnlık seviyesi E_{rhor}, kontrol gerilimi U_{tkon}, test odasnda insan var olup olmadığını VAR_t, referans odada insan var olup olmadığını VAR_r şeklinde adlandırılan ölçümler dosyalarda bulunmaktadır.

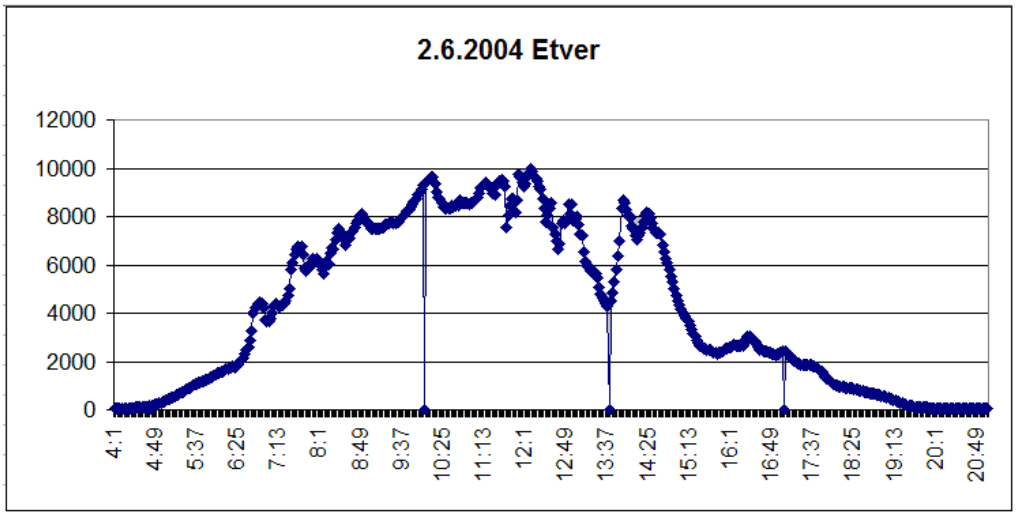
8.1 Veri Dosyaları

Her bir günün dosyasında 5 kısım vardır. Birinci kısımda standart saatlere karşılık gelen güneş saatleri ile her bir parametre için 2 dakikada bir alınmış ölçümler bulunmaktadır.

Tablo 8.1: Ölçümlerin Kaydedildiği Veri Sayfasından Bir Örnek

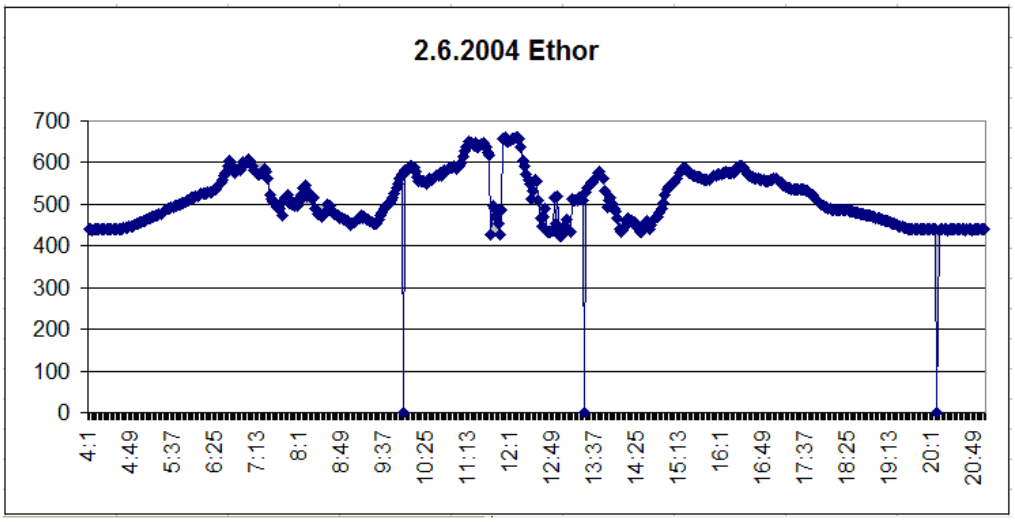
			gunes saati											
h	min	s	h cinsi	h	min	s	Etver	Ethor	Erhor	EtAhor	ErLMhor	Utkon	VARt	VARr
4	1	0	2.98	2	59	3	78	439	0	103	0	10.2	0	0
4	3	0	3.02	3	1	3	78	439	0	103	0	10.2	0	0
4	5	0	3.05	3	3	3	78	438	0	103	0	10.1	0	0
4	7	0	3.08	3	5	3	79	439	0	103	0	10.2	0	0
4	9	0	3.12	3	7	3	79	439	0	103	0	10.2	0	0
4	11	0	3.15	3	9	3	0	439	0	103	0	10.2	0	0
4	13	0	3.18	3	11	3	79	439	0	103	0	10.2	0	0
4	15	0	3.22	3	13	3	79	439	0	103	0	9.6	0	0
4	17	0	3.25	3	15	3	80	439	0	103	0	10.2	0	0
4	19	0	3.28	3	17	3	80	439	0	103	0	9	0	0
4	21	0	3.32	3	19	3	81	440	0	103	0	10.2	0	0
4	23	0	3.35	3	21	3	83	439	0	103	0	9.5	0	0
4	25	0	3.38	3	23	3	85	440	0	103	0	10.2	0	0
4	27	0	3.42	3	25	3	87	439	0	103	0	10.2	0	0
4	29	0	3.45	3	27	3	91	440	0	103	0	9.7	0	0
4	31	0	3.48	3	29	3	95	440	1	103	0	10.8	0	0
4	33	0	3.52	3	31	3	102	440	1	103	0	9.6	0	0
4	35	0	3.55	3	33	3	109	440	1	103	0	10.2	0	0
4	37	0	3.58	3	35	3	119	442	2	103	0	10.2	0	0
4	39	0	3.62	3	37	3	131	442	3	104	1	9.3	0	0

İkinci kısımda her bir ölçüm için o değerin gün boyunca alınan verilerinin grafiği çizdirilmiştir. Genel görünümleri aşağıdaki gibidir.



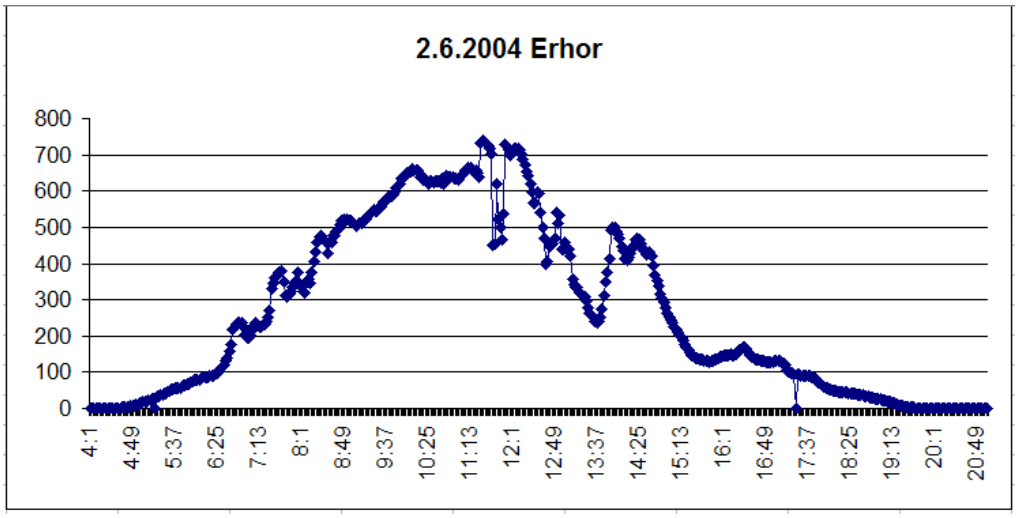
Şekil 8.1: Test Odası Penceresindeki Düşey Aydınlık Veri Grafiğine Örnek

Grafikte 4:11-4:43-10:3-13:39-17:03'de alınan veriler 0 olarak okunduğu için ortalamalar hesaplanırken alınmamışlardır.



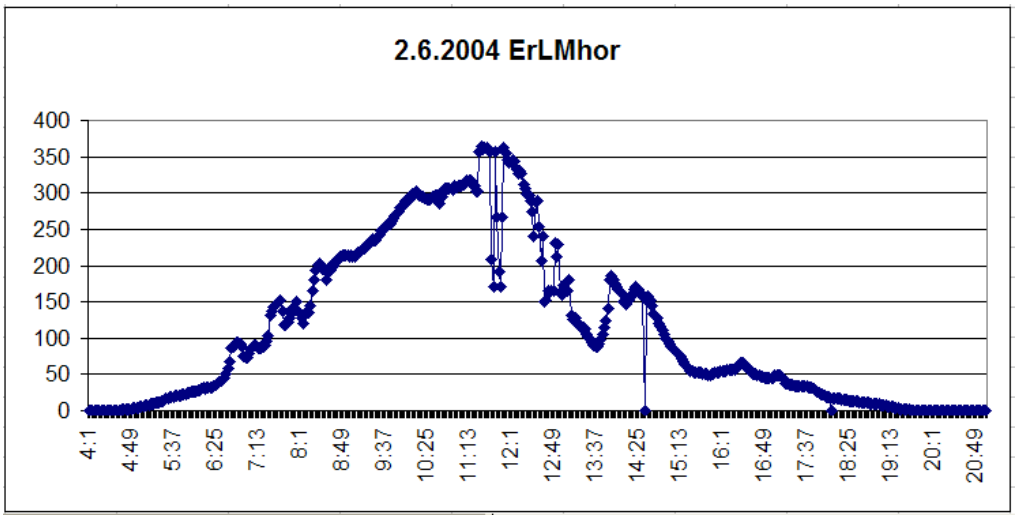
Şekil 8.2: Test Odası Çalışma Düzlemindeki Yatay Aydınlık Veri Grafiğine Örnek

Grafikte 9:59, 13:25, 20:07 saatlerinde E_{thor} değerleri 0 olduğu için bu veriler atılmıştır.



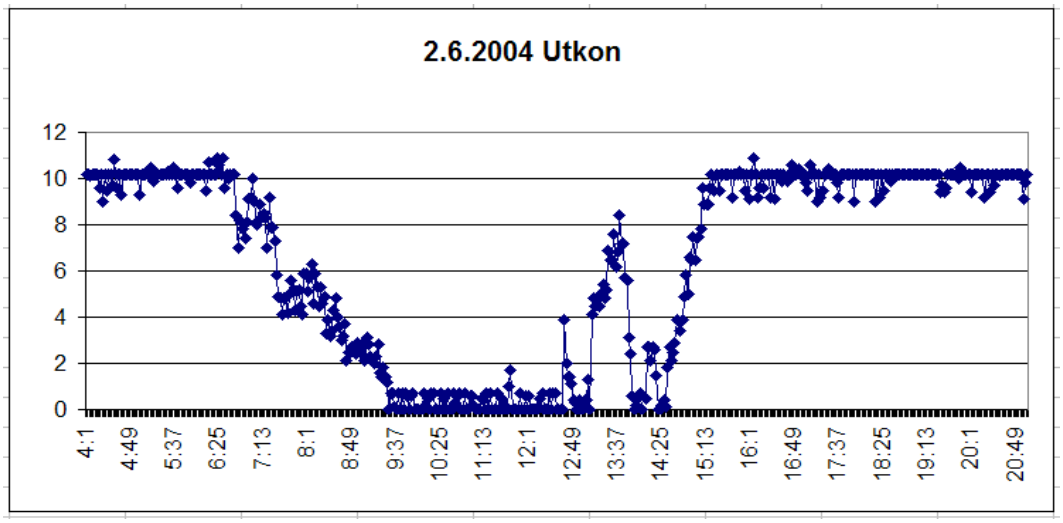
Şekil 8.3: Referans Odası Çalışma Düzlemindeki Yatay Aydınlık Veri Grafiğine Örnek

E_{rhor} grafiğinde görüldüğü üzere 17:23 değeri 0 olduğu için ortalama değer hesaplanırken 17:23' e ait tüm veriler alınmamıştır.



Şekil 8.4: Referans Odadaki Lamba Aydınlık Veri Grafiğine Örnek

E_{rhor} grafiğinde 0 değeri 14:33' te görülmektedir. Bu nedenle 14:33' e ait tüm veriler atılmıştır.



Şekil 8.5: Kontrol Gerilim Grafiğine Örnek

U_{tkon}' a ait herhangi bir hatalı veri bulunmamaktadır. Burada görülen 0 değerlerinde, odada var olan doğal ışık, çalışma düzleminde istenilen değeri verdiği için yapay aydınlatmanın çalışmadığını göstermektedir.

3.kısım olan saatlik_ort_tum adlı dosyada her bir değer hatalarından ayıklanarak saatlik ortalamaları bulunmuştur. İşaretli saatler, hatalı verilerin o saatlerde var olduğunu ama ortalamalar alınırken atıldıklarını belirtmektedir.

Tablo 8.2: Saatlik ortalamalar

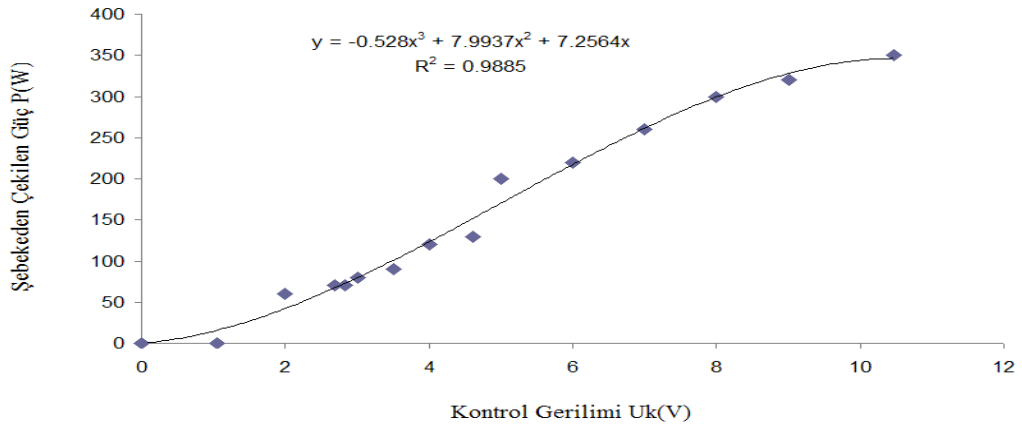
saat	Etver	Ethor	Erhor	EtAhor	ErLMhor	Utkon	VARt	VARr
4	141.4	442.7	3.3	103.8	1.0	10.0	0.0	0.0
5	934.1	486.9	46.5	115.4	16.1	10.2	0.0	0.0
6	2,634.9	554.8	139.6	135.2	52.1	9.6	0.0	0.0
7	5,396.9	537.9	296.1	130.6	115.9	6.4	0.0	0.0
8	7,093.8	489.1	449.0	129.9	184.9	3.9	0.0	0.0
9	7,939.2	486.1	559.6	131.3	242.7	1.2	0.0	0.0
10	8,762.7	572.8	637.0	151.2	298.4	0.3	0.0	0.0
11	9,017.0	595.0	644.2	152.4	309.5	0.3	0.0	0.0
12	8,426.2	536.0	569.3	137.3	253.4	0.5	0.0	0.0
13	6,174.1	514.6	352.3	125.3	129.9	4.0	0.0	0.0
14	6,939.7	463.3	398.6	113.6	145.2	2.7	0.0	0.0
15	2,900.9	566.0	161.1	138.1	61.3	9.5	0.0	0.0
16	2,591.7	571.1	143.7	128.9	53.8	10.1	0.0	0.0
17	1,804.1	530.8	91.8	127.5	33.4	10.0	0.0	0.0
18	803.1	480.2	38.6	114.1	13.3	10.1	0.0	0.0
19	229.3	447.6	7.5	104.1	2.4	10.1	0.0	0.0
20	79.0	438.9	0.0	102.0	0.0	10.0	0.0	0.0

4.kısımda hesaplanmış olan saatlik ortalamalara karşılık gelen, Kandilli Rasathanesi'nden alınan güneşlenme olasılıkları ile eşleştirilmiştir.

Tablo 8.3: Saatlik Ortalamalara Karşılık Gelen Güneşlenme Olasılıkları ve Enerji Değerleri

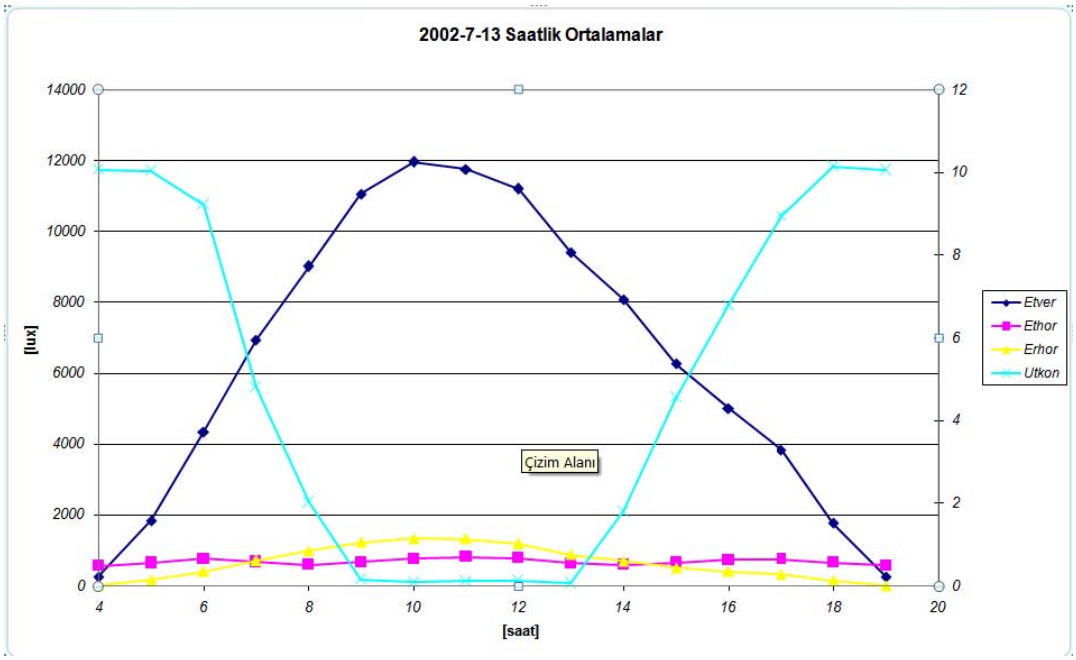
saat	Etver	Ethor	Erhor	Utkon	Enerji	G.O.
4	141.4	442.7	3.3	10.0	344.15	
5	934.1	486.9	46.5	10.2	345.24	0.0
6	2,634.9	554.8	139.6	9.6	339.37	0.0
7	5,396.9	537.9	296.1	6.4	236.49	0.3
8	7,093.8	489.1	449.0	3.9	116.59	0.1
9	7,939.2	486.1	559.6	1.2	19.64	0.2
10	8,762.7	572.8	637.0	0.3	2.96	1.0
11	9,017.0	595.0	644.2	0.3	2.42	1.0
12	8,426.2	536.0	569.3	0.5	5.51	0.9
13	6,174.1	514.6	352.3	4.0	124.77	0.6
14	6,939.7	463.3	398.6	2.7	66.27	0.2
15	2,900.9	566.0	161.1	9.5	337.73	0.0
16	2,591.7	571.1	143.7	10.1	344.53	0.0
17	1,804.1	530.8	91.8	10.0	344.06	0.0
18	803.1	480.2	38.6	10.1	344.65	0.0
19	229.3	447.6	7.5	10.1	344.82	0.0
20	79.0	438.9	0.0	10.0	344.25	0.0

Ayrıca grafikteki denklem kullanılarak sistemin çekmiş olduğu güç hesaplanmıştır. Her bir U_{tkon} kontrol gerilimine karşılık olarak şebeken çekilen enerjinin hesaplanması, için U_{tkon} 'lerine karşılık gelen enerjiler alınarak eğri uydurulmuştur. Bu eğri ikisinin arasındaki bağıntıyı göstermektedir. Her kontrol gerilimine karşılık şebekeden çekilen enerji ayrı bir sütun halinde yazılmıştır. Ayrıca Kandilli Rasathanesi'nden alınan güneşlenme süreleri de verilerle eşleştirilerek yazılmıştır.



Şekil 8.6: Kontrol Gerilimi İle Şebekeden Çekilen Gücün Grafiği

5. kısımda ise bulunan tüm saatlik ortalamalar bir grafikte çizdirilip değerlendirilmiştir.



Şekil 8.7: Tüm Verilerin Çizdiridiği Grafik

Temmuz ayında en büyük güneş yükseklik açısı yaklaşık 70° 'dir.

Temmuz ayının 13. günündeki 511 veriden 12 tanesi atıldı. 12 tane veri tek bir sensör çalışmadığından atılmıştır. Grafikte görüldüğü üzere Temmuz ayında gün ışığı aydınlatmasının dikey bileşeni 12 klux' e kadar çıkmıştır. Saat 9 ile 13 arası gerekli aydınlatma çalışma düzleminde var olduğu için lambalar sönmüştür.

Günlük verilerde tek bir değer dahi 0 ise o dakikaya ait tüm verileri sistemde bir sorun olduğu düşünüldüğünden dolayı atılmıştır. Bazı günlerde sistem tüm sensörleri ile devre dışı kaldığı için blok halinde atılmıştır. Çoğunlukla bunun sebebi elektrik kesintisi olmaktadır.

Güneşlenme süreleri güneş doğuşu ve batışı yani yükseklik açısı 10°' den büyük iken güneşlenme olasılığı ile eşit değerdedir. Her saatte güneş yükseklik açısını hesaplayıp 10°' den küçük olan değerler veri dosyasından atıldı. Tüm aylara ait saatlik ortalama verileri, sadece gün doğumundan gün batımına kadar olan kısımları alınmak suretiyle bir dosyada toplandı.

8.2 Aylara Göre Veri Ayıklanması

Her bir ayda toplanan verilerin hata ayıklama sürecini ayrı tablolar halinde inceliyoruz.

8.2.1 2002 Temmuz verilerinin incelenmesi

Kandilli Rasathanesi'nden alınan 2002 Temmuz verilerinde 17-25 Temmuz arasındaki güneşlenme olasılık değerleri bulunmadığı için o güne ait dosyalarda bulunan 2626 veri kullanılmamıştır. Ölçümlerin saatlik ortalamaları hesaplanırken veri toplayıcıda oluşan hatalardan dolayı yanlış ölçülmüş 608 veri dosyalardan çıkarılmıştır. Güneş yükseklik açısı 10°' den küçük olan zamanlarda alınan verilerin doğruluğunda problem olduğu için çıkartılmaktadır. Bu nedenle her bir saat için 30. dakikasına tekabül eden güneş yükseklik açıları hesaplanmıştır. Güneş yükseklik açısı 10°' den küçük olan saatlerdeki veriler çıkartılmıştır. Temmuz ayında bu saatlerde 1110 veri bulunmaktadır ve grafiklerde bu veriler kullanılmamaktadır. Kısaca Temmuz 2002' de toplam 8230 veri bulunmaktadır. Bu verilerin 608' i veri toplayıcıda oluşan sorunlar nedeniyle, 2626' sı o saatlere tekabül eden güneşlenme olasılığı değerleri olmadığı için, 1110' sı 10°' den küçük güneş yükseklik açısından dolayı çıkarılmıştır. Toplam da 4334 veri çıkarılmıştır.

Tablo 8.4: 2002 Temmuz Günlük Veri Tablosu

12.07.2002	Sistemdeki tüm sensörlerdeki bir hata sonucu 282 veri okunamamıştır.
13.07.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 12 veri çıkarılmıştır.
14.07.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 10 veri çıkarılmıştır.
15.07.2002	Sistemdeki tüm sensörlerdeki bir hata sonucu 218 veri okunamamıştır.
16.07.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 8 veri çıkarılmıştır.
17.07.2002	Kandilli Rasathanesi'nin bu tarihe ait güneşlenme olasılığı verisi yoktur.
18.07.2002	Kandilli Rasathanesi'nin bu tarihe ait güneşlenme olasılığı verisi yoktur.

19.07.2002	Kandilli Rasathanesi'nin bu tarihe ait güneşlenme olasılığı verisi yoktur.
22.07.2002	Kandilli Rasathanesi'nin bu tarihe ait güneşlenme olasılığı verisi yoktur.
23.07.2002	Kandilli Rasathanesi'nin bu tarihe ait güneşlenme olasılığı verisi yoktur.
24.07.2002	Kandilli Rasathanesi'nin bu tarihe ait güneşlenme olasılığı verisi yoktur.
25.07.2002	Kandilli Rasathanesi'nin bu tarihe ait güneşlenme olasılığı verisi yoktur.
26.07.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 21 veri çıkarılmıştır.
27.07.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 15 veri çıkarılmıştır.
28.07.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 8 veri çıkarılmıştır.
29.07.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 6 veri çıkarılmıştır.
30.07.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 14 veri çıkarılmıştır.
31.07.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 14 veri çıkarılmıştır.

8.2.2 2002 Ağustos verilerinin incelenmesi

2002 Ağustos ayında 15841 tane veri bulunmaktadır. Bu verilerin 620' si veri toplayıcıda oluşan sorun nedeniyle elenmiştir. Güneş yükseklik açısı 10°' den küçük olan 4590 tane veri çıkarılmıştır. 18 Ağustos' ta elenen veriler kalan verilerden fazla olduğu için dosya kullanılmamış ve 90 veri bu nedenle çıkarılmıştır. Toplamda 15841 veriden 5300 veri kullanılmamıştır.

Tablo 8.5 : 2002 Ağustos Günlük Veri Tablosu

01.08.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 9 veri çıkarılmıştır.
02.08.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 11 veri çıkarılmıştır.
03.08.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 11 veri çıkarılmıştır.
04.08.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 10 veri çıkarılmıştır.
05.08.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 11 veri çıkarılmıştır.
06.08.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 10 veri çıkarılmıştır.
07.08.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 15 veri çıkarılmıştır.
08.08.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 7 veri çıkarılmıştır.
09.08.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 8 veri çıkarılmıştır.
10.08.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 1 veri çıkarılmıştır.
11.08.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 6 veri çıkarılmıştır.
12.08.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 9 veri çıkarılmıştır.
13.08.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 11 veri çıkarılmıştır.
14.08.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 6 veri çıkarılmıştır.
15.08.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 8 veri çıkarılmıştır.
16.08.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 7 veri çıkarılmıştır.
17.08.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 11 veri çıkarılmıştır.
18.08.2002	Sensör ölçüm hataları ve yükseklik açısı elemelerinden sonra çok az veri kaldığı için bu dosya kullanılmamıştır.

19.08.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 10 veri çıkarılmıştır.
20.08.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 13 veri çıkarılmıştır.
21.08.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 9 veri çıkarılmıştır.
22.08.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 11 veri çıkarılmıştır.
23.08.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 11 veri çıkarılmıştır.
24.08.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 9 veri çıkarılmıştır.
25.08.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 13 veri çıkarılmıştır.
26.08.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 7 veri çıkarılmıştır.
27.08.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 10 veri çıkarılmıştır.
28.08.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 13 veri çıkarılmıştır.
29.08.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 12 veri çıkarılmıştır.
30.08.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 8 veri çıkarılmıştır.
31.08.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 6 veri çıkarılmıştır.

8.2.3 2002 Eylül verilerinin incelenmesi

2002 Eylül ayında 15330 tane veri bulunmaktadır. Bu verilerin 1053’ ü veri toplayıcıdan oluşan sorun nedeniyle elenmiştir. Güneş yükseklik açısı 10°’ den küçük olan 5880 tane veri çıkarılmıştır. 3 ve 4 Eylül’ de elenen veriler kalan verilerden fazla olduğu için dosya kullanılmamış ve 120 veri bu nedenle çıkarılmıştır. Toplamda 15330 veriden 7053 veri kullanılmamıştır.

Tablo 8.6 : 2002 Eylül Günlük Veri Tablosu

01.09.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 13 veri çıkarılmıştır.
02.09.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 12 veri çıkarılmıştır.
03.09.2002	Sensör ölçüm hataları ve yükseklik açısı elemelerinden sonra çok az veri kaldığı için bu dosya kullanılmamıştır.
04.09.2002	Sensör ölçüm hataları ve yükseklik açısı elemelerinden sonra çok az veri kaldığı için bu dosya kullanılmamıştır.
05.09.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 13 veri çıkarılmıştır.
06.09.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 8 veri çıkarılmıştır.
07.09.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 15 veri çıkarılmıştır.
08.09.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 10 veri çıkarılmıştır.
09.09.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 10 veri çıkarılmıştır.
10.09.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 15 veri çıkarılmıştır.
11.09.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 13 veri çıkarılmıştır.
12.09.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 14 veri çıkarılmıştır.
13.09.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 8 veri çıkarılmıştır.
14.09.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 12 veri çıkarılmıştır.
15.09.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 11 veri çıkarılmıştır.
16.09.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 7 veri çıkarılmıştır.
17.09.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 12 veri çıkarılmıştır.

18.09.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 9 veri çıkarılmıştır.
19.09.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 11 veri çıkarılmıştır.
20.09.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 15 veri çıkarılmıştır.
21.09.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 9 veri çıkarılmıştır.
22.09.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 9 veri çıkarılmıştır.
23.09.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 13 veri çıkarılmıştır.
24.09.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 10 veri çıkarılmıştır.
25.09.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 11 veri çıkarılmıştır.
26.09.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 12 veri çıkarılmıştır.
27.09.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 15 veri çıkarılmıştır.
28.09.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 7 veri çıkarılmıştır.
29.09.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 13 veri çıkarılmıştır.
30.09.2002	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 10 veri çıkarılmıştır.

8.2.4 2002 Ekim verilerinin incelenmesi

2002 Ekim ayında 8687 tane veri bulunmaktadır. Bu verilerin 17.10.2002 tarihli dosyadan sistem hatası nedeniyle 19’ u elenmiştir. Güneş yükseklik açısı 10°’ den küçük olan 3690 tane veri çıkarılmıştır. Toplamda 8687 veriden 3709 veri kullanılmamıştır.

8.2.5 2003 Aralık Verilerinin İncelenmesi

2003 Aralık ayında 11242 tane veri bulunmaktadır. Bu verilerin 217’ ü veri toplayıcıda oluşan sorun nedeniyle elenmiştir. Güneş yükseklik açısı 10°’ den küçük olan 5940 tane veri çıkarılmıştır. Toplamda 11242 veriden 6157 veri kullanılmamıştır.

Tablo 8.7: 2003 Aralık Günlük Veri Tablosu

01.12.2003	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 8 veri çıkarılmıştır.
02.12.2003	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 7 veri çıkarılmıştır.
03.12.2003	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 6 veri çıkarılmıştır.
04.12.2003	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 5 veri çıkarılmıştır.
05.12.2003	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 13 veri çıkarılmıştır.
06.12.2003	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 14 veri çıkarılmıştır.
10.12.2003	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 11 veri çıkarılmıştır.
11.12.2003	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 8 veri çıkarılmıştır.
12.12.2003	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 5 veri çıkarılmıştır.
13.12.2003	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 6 veri çıkarılmıştır.
14.12.2003	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 5 veri çıkarılmıştır.
15.12.2003	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 13 veri çıkarılmıştır.
16.12.2003	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 12 veri çıkarılmıştır.
17.12.2003	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 18 veri çıkarılmıştır.
18.12.2003	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 14 veri çıkarılmıştır.
19.12.2003	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 13 veri çıkarılmıştır.
20.12.2003	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 7 veri çıkarılmıştır.
21.12.2003	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 8 veri çıkarılmıştır.

22.12.2003	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 13 veri çıkarılmıştır.
23.12.2003	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 8 veri çıkarılmıştır.
24.12.2003	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 11 veri çıkarılmıştır.
25.12.2003	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 12 veri çıkarılmıştır.

8.2.6 2004 Ocak Verilerinin İncelenmesi

2004 Ocak ayında 15330 tane veri bulunmaktadır. Bu verilerin 617' si veri toplayıcıda oluşan sorun nedeniyle elenmiştir. Güneş yükseklik açısı 10°' den küçük olan 8790 tane veri çıkarılmıştır. Toplamda 15330 veriden 9407 veri kullanılmamıştır.

Tablo 8.8 : 2004 Ocak Günlük Veri Tablosu

01.01.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 5 veri çıkarılmıştır.
02.01.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 6 veri çıkarılmıştır.
03.01.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 10 veri çıkarılmıştır.
04.01.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 7 veri çıkarılmıştır.
05.01.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 8 veri çıkarılmıştır.
06.01.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 7 veri çıkarılmıştır.
07.01.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 16 veri çıkarılmıştır.
08.01.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 19 veri çıkarılmıştır.
09.01.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 6 veri çıkarılmıştır.
10.01.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 10 veri çıkarılmıştır.
11.01.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 7 veri çıkarılmıştır.

12.01.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 11 veri çıkarılmıştır.
13.01.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 7 veri çıkarılmıştır.
14.01.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 11 veri çıkarılmıştır.
15.01.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 8 veri çıkarılmıştır.
16.01.2004	Sistemdeki tüm sensörlerdeki bir hata sonucu 116 veri okunamamıştır.
17.01.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 5 veri çıkarılmıştır.
18.01.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 12 veri çıkarılmıştır.
19.01.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 10 veri çıkarılmıştır.
20.01.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 9 veri çıkarılmıştır.
21.01.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 12 veri çıkarılmıştır.
22.01.2004	Sistemdeki tüm sensörlerdeki bir hata sonucu 179 veri okunamamıştır.
23.01.2004	Sistemdeki tüm sensörlerdeki bir hata sonucu 59 veri okunamamıştır.
24.01.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 9 veri çıkarılmıştır.
25.01.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 19 veri çıkarılmıştır.
26.01.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 14 veri çıkarılmıştır.
27.01.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 8 veri çıkarılmıştır.
28.01.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 8 veri çıkarılmıştır.
29.01.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 7 veri çıkarılmıştır.
30.01.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 12 veri çıkarılmıştır.

8.2.7 2004 Şubat Verilerinin İncelenmesi

2004 Şubat ayında 6132 tane veri bulunmaktadır. Bu verilerin 117'si veri toplayıcıda oluşan sorun nedeniyle elenmiştir. Güneş yükseklik açısı 10°'den küçük olan 2880 tane veri çıkarılmıştır. Toplamda 6132 veriden 2997 veri kullanılmamıştır.

Tablo 8.9: 2004 Şubat Günlük Veri Tablosu

01.02.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 15 veri çıkarılmıştır.
02.02.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 11 veri çıkarılmıştır.
03.02.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 12 veri çıkarılmıştır.
04.02.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 7 veri çıkarılmıştır.
05.02.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 7 veri çıkarılmıştır.
06.02.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 14 veri çıkarılmıştır.
07.02.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 10 veri çıkarılmıştır.
08.02.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 10 veri çıkarılmıştır.
09.02.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 7 veri çıkarılmıştır.
10.02.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 9 veri çıkarılmıştır.
11.02.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 8 veri çıkarılmıştır.
12.02.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 7 veri çıkarılmıştır.

8.2.8 2004 Mart Verilerinin İncelenmesi

2004 Mart ayında 15826 tane veri bulunmaktadır. Bu verilerin 290'i veri toplayıcıda oluşan sorun nedeniyle elenmiştir. Güneş yükseklik açısı 10°' den küçük olan 6750 tane veri çıkarılmıştır. Toplamda 15826 veriden 6750 veri kullanılmamıştır.

Tablo 8.10: 2004 Mart Günlük Veri Tablosu

01.03.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 8veri çıkarılmıştır.
02.03.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 14 veri çıkarılmıştır.
03.03.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 14 veri çıkarılmıştır.
04.03.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 9 veri çıkarılmıştır.
05.03.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 5 veri çıkarılmıştır.
06.03.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 4 veri çıkarılmıştır.
07.03.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 8 veri çıkarılmıştır.
08.03.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 4 veri çıkarılmıştır.
09.03.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 7 veri çıkarılmıştır.
10.03.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 7 veri çıkarılmıştır.
11.03.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 8 veri çıkarılmıştır.
12.03.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 6 veri çıkarılmıştır.
13.03.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 9 veri çıkarılmıştır.
14.03.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 5 veri çıkarılmıştır.
15.03.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 8 veri çıkarılmıştır.
16.03.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 7 veri çıkarılmıştır.
17.03.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 6 veri çıkarılmıştır.
18.03.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 7 veri çıkarılmıştır.
19.03.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 13 veri çıkarılmıştır.

20.03.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 12 veri çıkarılmıştır.
21.03.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 6 veri çıkarılmıştır.
22.03.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 10 veri çıkarılmıştır.
23.03.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 16 veri çıkarılmıştır.
24.03.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 8 veri çıkarılmıştır.
25.03.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 11 veri çıkarılmıştır.
26.03.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 17 veri çıkarılmıştır.
27.03.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 12 veri çıkarılmıştır.
28.03.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 8 veri çıkarılmıştır.
29.03.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 11 veri çıkarılmıştır.
30.03.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 14 veri çıkarılmıştır.
31.03.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 16 veri çıkarılmıştır.

8.2.9 2004 Nisan Verilerinin İncelenmesi

2004 Nisan ayında 14956 tane veri bulunmaktadır. Bu verilerin 278'i veri toplayıcıda oluşan sorun nedeniyle elenmiştir. Güneş yükseklik açısı 10°'den küçük olan 4830 tane veri çıkarılmıştır. Toplamda 15330 veriden 5108 veri kullanılmamıştır.

Tablo 8.11: 2004 Nisan Günlük Veri Tablosu

01.04.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 2 veri çıkarılmıştır.
02.04.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 9 veri çıkarılmıştır.
03.04.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 5 veri çıkarılmıştır.
04.04.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 4 veri çıkarılmıştır.

05.04.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 6 veri çıkarılmıştır.
06.04.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 12 veri çıkarılmıştır.
07.04.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 10 veri çıkarılmıştır.
08.04.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 10 veri çıkarılmıştır.
09.04.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 14 veri çıkarılmıştır.
10.04.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 12 veri çıkarılmıştır.
11.04.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 5 veri çıkarılmıştır.
12.04.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 15 veri çıkarılmıştır.
13.04.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 17 veri çıkarılmıştır.
14.04.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 9 veri çıkarılmıştır.
15.04.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 12 veri çıkarılmıştır.
16.04.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 17 veri çıkarılmıştır.
17.04.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 4 veri çıkarılmıştır.
18.04.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 6 veri çıkarılmıştır.
19.04.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 4 veri çıkarılmıştır.
20.04.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 6 veri çıkarılmıştır.
21.04.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 12 veri çıkarılmıştır.
22.04.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 8 veri çıkarılmıştır.
23.04.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 18 veri çıkarılmıştır.

24.04.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 8 veri çıkarılmıştır.
25.04.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 12 veri çıkarılmıştır.
26.04.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 6 veri çıkarılmıştır.
27.04.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 7 veri çıkarılmıştır.
28.04.2004	Ölçülemeyen değerler ölçülen değerler daha az olduğu için bu dosya kullanılmadı.
29.04.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 12 veri çıkarılmıştır.
30.04.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 16 veri çıkarılmıştır.

8.2.10 2004 Mayıs Verilerinin İncelenmesi

2004 Mayıs ayında 15841 tane veri bulunmaktadır. Bu verilerin 352' i veri toplayıcıda oluşan sorun nedeniyle elenmiştir. Güneş yükseklik açısı 10°' den küçük olan 4650 tane veri çıkarılmıştır. Toplamda 15841 veriden 5002 veri kullanılmamıştır.

Tablo 8.12: 2004 Mayıs Günlük Veri Tablosu

01.05.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 11 veri çıkarılmıştır.
02.05.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 11 veri çıkarılmıştır.
03.05.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 16 veri çıkarılmıştır.
04.05.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 11 veri çıkarılmıştır.
05.05.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 13 veri çıkarılmıştır.
06.05.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 14 veri çıkarılmıştır.
07.05.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 8 veri çıkarılmıştır.
08.05.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 9 veri çıkarılmıştır.

09.05.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 5 veri çıkarılmıştır.
10.05.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 14 veri çıkarılmıştır.
11.05.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 9 veri çıkarılmıştır.
12.05.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 6 veri çıkarılmıştır.
13.05.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 5 veri çıkarılmıştır.
14.05.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 9 veri çıkarılmıştır.
15.05.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 7 veri çıkarılmıştır.
16.05.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 16 veri çıkarılmıştır.
17.05.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 12 veri çıkarılmıştır.
18.05.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 31 veri çıkarılmıştır.
19.05.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 8 veri çıkarılmıştır.
20.05.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 5 veri çıkarılmıştır.
21.05.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 11 veri çıkarılmıştır.
22.05.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 12 veri çıkarılmıştır.
23.05.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 14 veri çıkarılmıştır.
24.05.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 12 veri çıkarılmıştır.
25.05.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 9 veri çıkarılmıştır.
26.05.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 17 veri çıkarılmıştır.
27.05.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 14 veri çıkarılmıştır.

28.05.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 12 veri çıkarılmıştır.
29.05.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 6 veri çıkarılmıştır.
30.05.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 14 veri çıkarılmıştır.
31.05.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 11 veri çıkarılmıştır.

8.2.11 2004 Haziran Verilerinin İncelenmesi

2004 Haziran ayında 15330 tane veri bulunmaktadır. Bu verilerin 355' i veri toplayıcıda oluşan sorun nedeniyle elenmiştir. Güneş yükseklik açısı 10°' den küçük olan 4500 tane veri çıkarılmıştır. Toplamda 15841 veriden 4855 veri kullanılmamıştır.

Tablo 8.13: 2004 Haziran Günlük Veri Tablosu

01.06.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 8 veri çıkarılmıştır.
02.06.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 12 veri çıkarılmıştır.
03.06.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 11 veri çıkarılmıştır.
04.06.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 8 veri çıkarılmıştır.
05.06.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 11 veri çıkarılmıştır.
06.06.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 8 veri çıkarılmıştır.
07.06.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 12 veri çıkarılmıştır.
08.06.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 14 veri çıkarılmıştır.
09.06.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 15 veri çıkarılmıştır.
10.06.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 10 veri çıkarılmıştır.
11.06.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 14 veri çıkarılmıştır.

12.06.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 13 veri çıkarılmıştır.
13.06.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 9 veri çıkarılmıştır.
14.06.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 18 veri çıkarılmıştır.
15.06.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 9 veri çıkarılmıştır.
16.06.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 13 veri çıkarılmıştır.
17.06.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 7 veri çıkarılmıştır.
18.06.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 18 veri çıkarılmıştır.
19.06.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 17 veri çıkarılmıştır.
20.06.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 10 veri çıkarılmıştır.
21.06.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 17 veri çıkarılmıştır.
22.06.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 13 veri çıkarılmıştır.
23.06.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 5 veri çıkarılmıştır.
24.06.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 8 veri çıkarılmıştır.
25.06.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 10 veri çıkarılmıştır.
26.06.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 15 veri çıkarılmıştır.
27.06.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 16 veri çıkarılmıştır.
28.06.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 10 veri çıkarılmıştır.
29.06.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 14 veri çıkarılmıştır.
30.06.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 12 veri çıkarılmıştır.

31.06.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 11 veri çıkarılmıştır.

8.2.12 2004 Temmuz Verilerinin İncelenmesi

2004 Temmuz ayında 15841 tane veri bulunmaktadır. Bu verilerin 471'i veri toplayıcıda oluşan sorun nedeniyle elenmiştir. Güneş yükseklik açısı 10°' den küçük olan 3900 tane veri çıkarılmıştır. Toplamda 15841 veriden 4371 veri kullanılmamıştır.

Tablo 8.14: 2004 Temmuz Günlük Veri Tablosu

01.07.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 8 veri çıkarılmıştır.
02.07.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 10 veri çıkarılmıştır.
03.07.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 18 veri çıkarılmıştır.
04.07.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 5 veri çıkarılmıştır.
05.07.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 13 veri çıkarılmıştır.
06.07.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 16 veri çıkarılmıştır.
07.07.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 8 veri çıkarılmıştır.
08.07.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 10 veri çıkarılmıştır.
09.07.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 17 veri çıkarılmıştır.
10.07.2004	Sistemdeki tüm sensörlerin belli bir zaman aralığında ölçüm alamamalarından dolayı 63 veri çıkarılmıştır.
11.07.2004	Sistemdeki tüm sensörlerin belli bir zaman aralığında ölçüm alamamalarından dolayı 63 veri çıkarılmıştır.
12.07.2004	Sistemdeki tüm sensörlerin belli bir zaman aralığında ölçüm alamamalarından dolayı 30 veri çıkarılmıştır.
13.07.2004	Sistemdeki tüm sensörlerin belli bir zaman aralığında ölçüm alamamalarından dolayı 39 veri çıkarılmıştır.

14.07.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 10 veri çıkarılmıştır.
15.07.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 11 veri çıkarılmıştır.
16.07.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 10 veri çıkarılmıştır.
17.07.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 9 veri çıkarılmıştır.
18.07.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 12 veri çıkarılmıştır.
19.07.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 8 veri çıkarılmıştır.
20.07.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 8 veri çıkarılmıştır.
21.07.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 11 veri çıkarılmıştır.
22.07.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 12 veri çıkarılmıştır.
23.07.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 14 veri çıkarılmıştır.
24.07.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 14 veri çıkarılmıştır.
25.07.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 10 veri çıkarılmıştır.
26.07.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 14 veri çıkarılmıştır.
27.07.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 12 veri çıkarılmıştır.
28.07.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 35 veri çıkarılmıştır.
29.07.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 11 veri çıkarılmıştır.
30.07.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 4 veri çıkarılmıştır.
31.07.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 8 veri çıkarılmıştır.

8.2.13 2004 Ağustos Verilerinin İncelenmesi

2004 Ağustos ayında 15841 tane veri bulunmaktadır. Bu verilerin 333' ü veri toplayıcıda oluşan sorun nedeniyle elenmiştir. Güneş yükseklik açısı 10°' den küçük olan 4500 tane veri çıkarılmıştır. Toplamda 14819 veriden 4833 veri kullanılmamıştır.

Tablo 8.15: 2004 Ağustos Günlük Veri Tablosu

01.08.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 10 veri çıkarılmıştır.
02.08.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 8 veri çıkarılmıştır.
03.08.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 14 veri çıkarılmıştır.
04.08.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 13 veri çıkarılmıştır.
05.08.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 12 veri çıkarılmıştır.
06.08.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 8 veri çıkarılmıştır.
07.08.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 6 veri çıkarılmıştır.
08.08.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 6 veri çıkarılmıştır.
09.08.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 9 veri çıkarılmıştır.
10.08.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 6 veri çıkarılmıştır.
11.08.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 10 veri çıkarılmıştır.
12.08.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 11 veri çıkarılmıştır.
13.08.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 18 veri çıkarılmıştır.
14.08.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 9 veri çıkarılmıştır.
15.08.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 10 veri çıkarılmıştır.

16.08.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 7 veri çıkarılmıştır.
17.08.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 11 veri çıkarılmıştır.
18.08.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 7 veri çıkarılmıştır.
19.08.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 12 veri çıkarılmıştır.
20.08.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 9 veri çıkarılmıştır.
21.08.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 9 veri çıkarılmıştır.
22.08.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 6 veri çıkarılmıştır.
23.08.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 7 veri çıkarılmıştır.
24.08.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 15 veri çıkarılmıştır.
25.08.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 10 veri çıkarılmıştır.
26.08.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 8 veri çıkarılmıştır.
27.08.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 7 veri çıkarılmıştır.
28.08.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 7 veri çıkarılmıştır.
29.08.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 11 veri çıkarılmıştır.

8.2.14 2004 Eylül Verilerinin İncelenmesi

2004 Eylül ayında 14819 tane veri bulunmaktadır. Bu verilerin 246’ sı veri toplayıcıda oluşan sorun nedeniyle elenmiştir. Güneş yükseklik açısı 10°’ den küçük olan 5730 tane veri çıkarılmıştır. Toplamda 14819 veriden 5976 veri kullanılmamıştır.

Tablo 8.16: 2004 Eylül Günlük Veri Tablosu

01.09.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 10 veri çıkarılmıştır.
02.09.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 7 veri çıkarılmıştır.
03.09.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 8 veri çıkarılmıştır.
04.09.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 9 veri çıkarılmıştır.
05.09.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 7 veri çıkarılmıştır.
06.09.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 9 veri çıkarılmıştır.
07.09.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 9 veri çıkarılmıştır.
08.09.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 7 veri çıkarılmıştır.
09.09.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 6 veri çıkarılmıştır.
10.09.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 13 veri çıkarılmıştır.
11.09.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 9 veri çıkarılmıştır.
12.09.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 6 veri çıkarılmıştır.
13.09.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 9 veri çıkarılmıştır.
14.09.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 10 veri çıkarılmıştır.
15.09.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 8 veri çıkarılmıştır.
16.09.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 6 veri çıkarılmıştır.
17.09.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 11 veri çıkarılmıştır.
18.09.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 8 veri çıkarılmıştır.
19.09.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 10 veri çıkarılmıştır.

20.09.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 7 veri çıkarılmıştır.
21.09.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 6 veri çıkarılmıştır.
22.09.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 11 veri çıkarılmıştır.
23.09.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 7 veri çıkarılmıştır.
24.09.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 14 veri çıkarılmıştır.
25.09.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 8 veri çıkarılmıştır.
26.09.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 8 veri çıkarılmıştır.
27.09.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 5 veri çıkarılmıştır.
28.09.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 8 veri çıkarılmıştır.
29.09.2004	Sensörün anlık ölçüm hatasından dolayı 10 veri çıkarılmıştır.

Tüm verilerin aylara göre hata istatistikleri Tablo 8.17 gösterilmiştir.

Tablo 8.17: Tüm Verilerin Hata İstatiği

Aylar	Toplam Veri	Veri Toplayıcıdaki Sorun Nedeniyle AVS*	GYA* 10°'den Küçükken AVS*	G.O.* değeri bulunmadığı için AVS*	Atılan Toplam Veri
07-2002	8230	608	1100	2626	4334
08-2002	15841	620	4590	90	5300
09-2002	15330	1053	5880	120	7053
10-2002	8687	19	3690	-	3709
12-2003	11242	217	5940	-	6157

01-2004	15330	617	8790	-	9407
02-2004	6132	117	2880	-	2997
03-2004	15826	290	6750	-	7040
04-2004	14956	278	4830	-	5108
05-2004	15841	352	4650	-	5002
06-2004	15330	355	4500	-	4855
07-2004	15841	471	3900	-	4371
08-2004	15841	333	4500	-	4833
09-2004	14819	246	5730	-	5976
Toplam	189246	5576	67730	2836	76142

Yukarıdaki tablodadaki kısaltmalar AVS atılan veri sayısı, GYA güneş yükseklik açısı, G.O. güneşlenme olasılığıdır.

Sonuçta toplam 189246 veriden 5576' sı veri toplayıcıdaki sorun nedeniyle, 67730 güneş yükseklik açısının 10°' den küçük olması sebebiyle, 2836' sı güneşlenme olasılığının bulunmaması sebebiyle atılarak toplam hatalı veri sayısı 76142 olmaktadır. Böylece kullanılan veri sayısı 113104 tanedir.

8.3 Veri Analizi Yöntemleri

Deney sisteminden elde edilen değişkenler arasındaki ilişkinin şeklini, yönünü ve kuvvetini saptayabilmemiz için istatiksel analiz yöntemlerinden korelasyon ve regresyon analizini kullanmamız gerekmektedir.

8.3.1 Korelasyon Analizi

İki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkinin yönü ve gücünü belirlemek amacıyla yapılan bir analizdir. R harfi ile gösterilir. R değeri daima –1 ile +1 arasında bulunur. Korelasyon katsayısının işareti ilişkinin yönünü, mutlak değeri ise

ilişkinin gücünü gösterir. R^2 ise belirlilik katsayısıdır. Bu değer iki değişkenden birisinin diğerindeki değişimi ne ölçüde tanımladığını gösterir. Örneğin yaş ve kalp hastalığı arasındaki R^2 değeri %74.3 ise bunun anlamı yaş değişkeni kalp hastalığı üzerindeki değişimin %74.3' ünü açıklamaktadır. Geriye kalan %25.7' lik değişim modele katılacak başka değişkenler tarafından açıklanabilir.

8.3.2 Regresyon Analizi

İki değişken arasında önemli bir korelasyon bulunduğunda, bu ilişki bir denklem ve bir grafik ile gösterilebilir. Bu amaçla regresyon analizi uygulanır. Verilen noktalara birinci derece polinom uydurmaya doğrusal, daha yüksek derece polinom uydurmaya çoklu regresyon analizi denir. Regresyon işlemlerinde sapmaların minimum olmasını esas alan en küçük kareler yöntemi kullanılır. Bilinen verilerden, bilinmeyen gelecekteki olaylarla ilgili tahminler yapılmasına izin verir.

8.3.3 Yapay Sinir Ağları

Genel anlamda yapay sinir ağları, beynin bir işlevi yerine getirme yöntemini modellemek için tasarlanan bir sistem olarak tanımlanabilir. Yapay sinir ağları, yapay sinir hücrelerinin birbirleri ile çeşitli şekillerde bağlanmasından oluşur ve genellikle katmanlar şeklinde düzenlenir. Donanım olarak elektronik devrelerle ya da bilgisayarlarda yazılım olarak gerçeklenebilir. Beynin bilgi işleme yöntemine uygun olarak yapay sinir ağları, bir öğrenme sürecinden sonra bilgiyi toplama, hücreler arasındaki bağlantı ağırlıkları ile bu bilgiyi saklama ve genelleme yeteneğine sahip paralel dağılmış bir işlemcidir. Öğrenme süreci, arzu edilen amaca ulaşmak için yapay sinir ağları ağırlıklarının yenilenmesini sağlayan öğrenme algoritmalarını ihtiva eder.

Yapay sinir ağlarının hesaplama ve bilgi işleme gücünü, paralel dağılmış yapısından, öğrenebilme ve genelleme yeteneğinden aldığı söylenebilir. Genelleme, eğitim ya da öğrenme sürecinde karşılaşılmayan girişler için de yapay sinir ağlarının uygun tepkileri üretmesi olarak tanımlanır. Bu üstün özellikleri, yapay sinir ağlarının karmaşık problemleri çözebilme yeteneğini gösterir. Günümüzde birçok bilim alanında yapay sinir ağları, aşağıdaki özellikleri nedeniyle etkin olmuş ve uygulama yeri bulmuştur.

Yapay sinir ağlarının temel işlem elemanı olan hücre doğrusal değildir. Dolayısıyla hücrelerin birleşmesinden meydana gelen yapay sinir ağları da doğrusal değildir ve

bu özellik bütün ağa yayılmış durumdadır. Bu özelliği ile yapay sinir ağları, doğrusal olmayan karmaşık problemlerin çözümünde en önemli araç olmuştur.

Yapay sinir ağlarının arzu edilen davranışı gösterebilmesi için amaca uygun olarak ayarlanması gerekir. Bu, hücreler arasında doğru bağlantıların yapılması ve bağlantıların uygun ağırlıklara sahip olması gerektiğini ifade eder. Yapay sinir ağlarının karmaşık yapısı nedeniyle bağlantılar ve ağırlıklar önceden ayarlı olarak verilemez ya da tasarlanamaz. Bu nedenle yapay sinir ağları, istenen davranışı gösterecek şekilde ilgilendiği problemden aldığı eğitim örneklerini kullanarak problemi öğrenmelidir.

Yapay sinir ağları, ilgilendiği problemi öğrendikten sonra eğitim sırasında karşılaşmadığı test örnekleri için de arzu edilen tepkiyi üretebilir. Örneğin, karakter tanıma amacıyla eğitilmiş bir yapay sinir ağı, bozuk karakter girişlerinde de doğru karakterleri verebilir ya da bir sistemin eğitilmiş yapay sinir ağları modeli, eğitim sürecinde verilmeyen giriş sinyalleri için de sistemle aynı davranışı gösterebilir.

Yapay sinir ağları, ilgilendiği problemdeki değişikliklere göre ağırlıklarını ayarlar. Yani, belirli bir problemi çözmek amacıyla eğitilen yapay sinir ağları, problemdeki değişimlere göre tekrar eğitilebilir, değişimler devamlı ise gerçek zamanda da eğitime devam edilebilir. Bu özelliği ile yapay sinir ağları, uyarlamalı örnek tanıma, sinyal işleme, sistem tanılama ve denetim gibi alanlarda etkin olarak kullanılır.

Yapay sinir ağları, çok sayıda hücrenin çeşitli şekillerde bağlanmasından oluştuğundan paralel dağılmış bir yapıya sahiptir ve ağın sahip olduğu bilgi, ağdaki bütün bağlantılar üzerine dağılmış durumdadır. Bu nedenle, eğitilmiş bir yapay sinir ağının bazı bağlantılarının hatta bazı hücrelerinin etkisiz hale gelmesi, ağın doğru bilgi üretmesini önemli ölçüde etkilemez. Bu nedenle, geleneksel yöntemlere göre hatayı tolere etme yetenekleri son derece yüksektir.

Yapay sinir ağları, paralel yapısı nedeniyle büyük ölçekli entegre devre teknolojisi ile gerçeklenebilir. Bu özellik, yapay sinir ağlarının hızlı bilgi işleme yeteneğini artırır ve gerçek zamanlı uygulamalarda arzu edilir.

Yapay sinir ağlarının temel işlem elemanı olan hücrenin yapısı ve modeli, bütün yapay sinir ağları yapılarında yaklaşık aynıdır. Dolayısıyla, yapay sinir ağlarının farklı uygulama alanlarındaki yapıları da standart yapıdaki bu hücrelerden oluşacaktır. Bu nedenle, farklı uygulama alanlarında kullanılan yapay sinir ağları

benzer öğrenme algoritmalarını ve teorilerini paylaşabilirler. Bu özellik, problemlerin yapay sinir ağları ile çözümünde önemli bir kolaylık getirecektir.

Evrensel yaklaşıklık teoremi herhangi bir f fonksiyonunun, bu fonksiyon belli bir aralıkta sürekli ise, alttan ve üstten sınırlı sürekli monoton artan keyfi bir aktivasyon fonksiyonu kullanılarak 2 katmanlı bir ileri beslemeli yapay sinir ağı ile yaklaşık olarak gerçeklenebileceğini söyler. Yapılan yaklaşıklık hatası ε yapay sinir ağındaki gizli katmandaki hücre sayısı arttırılarak istenildiği kadar azaltılabilir. 8.1 ve 8.2'deki ifadelerde F ağın temsil ettiği fonksiyonu ifade ederken x_i ağın girişlerini α_i, ω_{ij}, b_i ağın ağırlıklarını σ keyfi aktivasyon fonksiyonunu, N giriş sayısını, M gizli katmandaki hücre sayısını ifade etmektedir.

$$\left|F(x_1, x_2, ...x_N) - f(x_1, x_2, ...x_N)\right| < \varepsilon \quad \textbf{(8.1)}$$

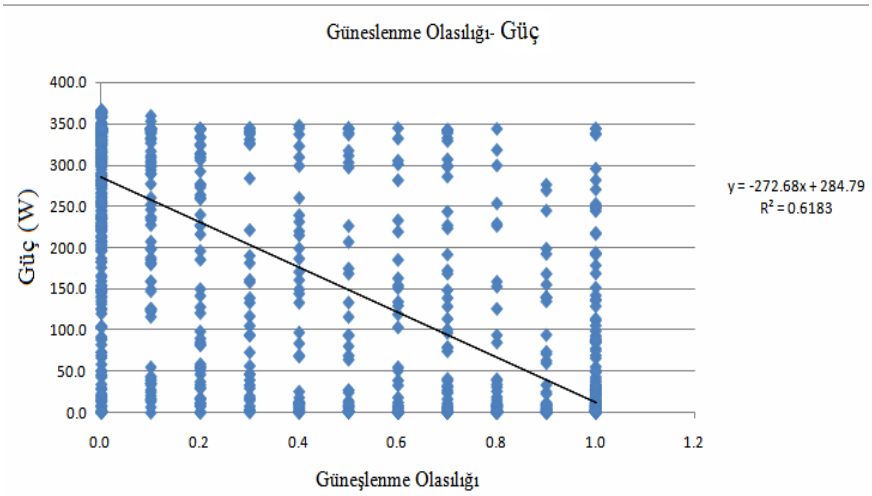
$$F(x_1, x_2, ..., x_N) = \sum_{i=1}^{M} (\alpha_i \sigma \sum_{j=1}^{N} (\omega_{ij} x_j + b_i)) \quad \textbf{(8.2)}$$

8.4 Veri Analizi Sonuçları

Veri analizi için tek boyutlu ve çoklu regresyon analizi ile yapay sinir ağlarını kullanılmıştır.

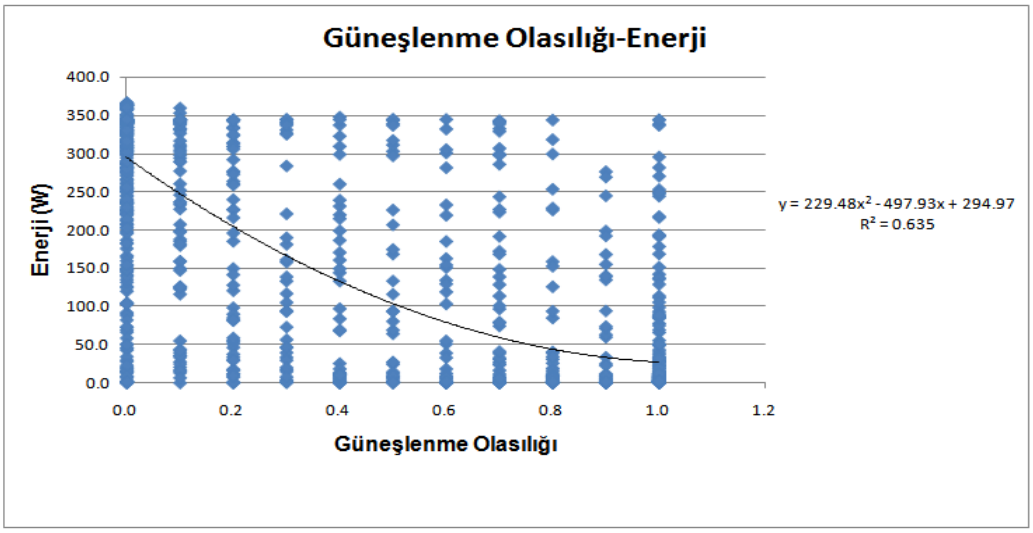
8.4.1 Tek boyutlu regresyon analizi

Bu bilgileri deney verilerine uygulamak gerekirse, öncelikle arasındaki bağıntıyı istediğimiz güneşlenme olasılıkları ve enerji verilerine doğrusal regresyon analizi yapıldı. Bu eğrinin belirlilik katsayısı 0.618 olarak elde edilmiştir. Yani güneşlenme olasılığı ile enerji oldukça ilişkilidir. Elde edilen denklem sayesinde birçok gözlem evinde ölçülen güneşlenme olasılıkları değerlerine karşılık enerji değerleri elde edilebilir.



Şekil 8.8: Güneşlenme Olasılığı-Enerji Verilerine Doğrusal Eğri Uydurulması

Yani eğri cinsinin 2. dereceden seçilmesi belirlilik katsayısında çok büyük bir iyileştirme yapmamıştır.



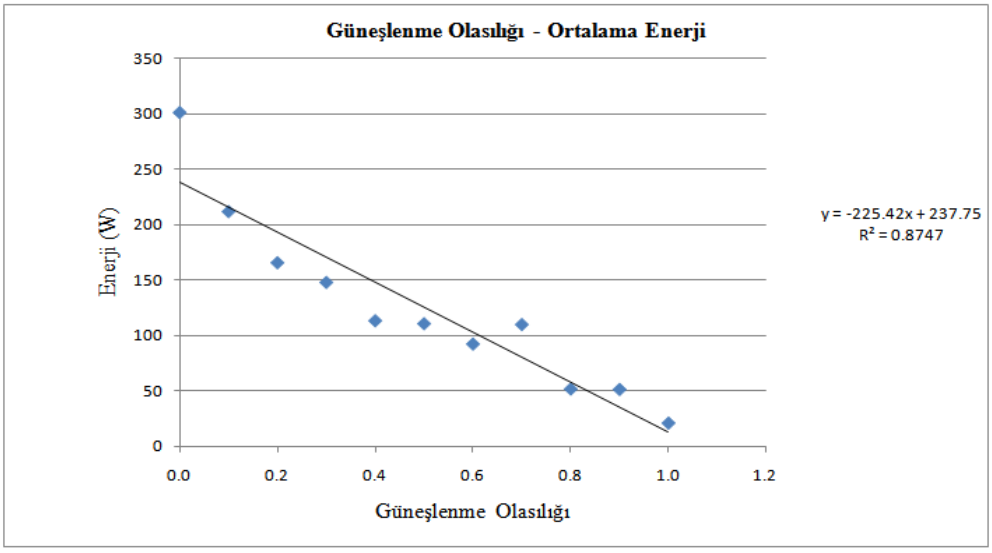
Şekil 8.9: Güneşlenme Olasılığı-Enerji Verilerine 2. Dereceden Eğri Uydurulması

Şekil 8.9' te çizdirilen 2. dereceden bir eğri uydurulduğunda belirlilik katsayısı 0.635' tir. Doğrusal olarak uydurulan eğrinin belirlilik katsayısı ile yaklaşık aynıdır.

Tablo 8.18 : Güneşlenme Olasılıklarına Karşılık Gelen Ortalama Enerjiler

Güneşlenme Olasılığı	Ortalama Enerji
0.0	301
0.1	212
0.2	166
0.3	148
0.4	113
0.5	111
0.6	92
0.7	110
0.8	52
0.9	51
1.0	21

Deneyde ölçülen enerji değerlerine karşılık gelen güneşlenme olasılıklarına göre sınıflandırıp enerjilerin ortalamaları alınırsa yukarıdaki Tablo 8.18 elde edilecektir.



Şekil 8.10: Güneşlenme Olasılığı-Ortalama Enerji Verilerine Eğri Uydurulması

Verilerde bulunan uç değerler yok olduğundan korelasyon değeri daha yüksek çıkacaktır. Beklendiği gibi ortalama enerji ile güneşlenme olasılığı arasındaki belirlilik katsayısı 0.874 gibi yüksek bir değer çıkmıştır.

8.4.2 Çok Boyutlu Regresyon Analizi

Çoklu regresyon için azimut açısı, güneş yükseklik açısı, güneşlenme olasılığı bağımsız değişkenler olarak seçilmiştir. Azimut ve güneş yükseklik açısı güneşin gökyüzündeki konumunu belirtmek için, güneşlenme olasılığı ise bulutluluk ve iklimsel etkileri modelleyebilmek için kullanılmıştır. Son olarak modele sabit bir terim de eklenerek yapay aydınlatmada tüketilen enerji için (8.3)' deki model elde edilmiştir.

$$\text{Enerji} = \beta_0 + \beta_1\alpha + \beta_2\gamma + \beta_3 p_g \qquad \textbf{(8.3)}$$

Yapay aydınlatmadaki enerji tüketiminin tahminindeki toplam karesel hatayı enazlayan β değerleri aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanmıştır. Tablo 8.19' daki gösterilmektedir [15].

$$\hat{\beta}_3 = \frac{\sum(x_{3i} - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum(x_{3i} - \bar{x})^2} \qquad \textbf{(8.4)}$$

$$\hat{\beta}_2 = \frac{\sum(x_{2i} - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum(x_{2i} - \bar{x})^2} \qquad \textbf{(8.5)}$$

$$\hat{\beta}_1 = \frac{\sum(x_{1i} - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum(x_{1i} - \bar{x})^2} \qquad \textbf{(8.6)}$$

$$\hat{\beta}_0 = \bar{y} - \hat{\beta}_1\bar{x}_1 - \hat{\beta}_2\bar{x}_2 - \hat{\beta}_3\bar{x}_3 \qquad \textbf{(8.7)}$$

Elde edilen β değerleri Tablo 8.19' daki gösterilmektedir.

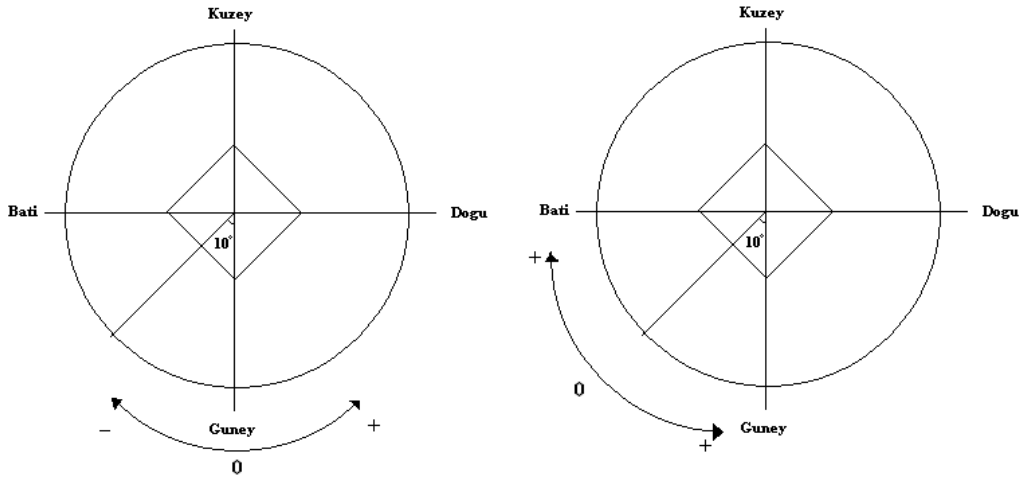
Tablo 8.19 : Optimum β Değerleri

Katsayılar	**Değerler**
β_0	287
β_1	-0.81
β_2	-1.2
β_3	-160

Azimut ve yükseklik açısı bağımsız değişkenlerinin mertebeleri 100˚ iken güneşlenme olasılığı 0-1 arasında değişmektedir. Bu durumda uygun normalizasyon yapılarak 8.7 bağıntısı elde edilir. Bu bağıntıdan yola çıkarak tüketilen enerji üzerinde güneşlenme olasılığının yükseklik açısından, yükseklik açısının da azimut açısından daha etkili olduğu söylenebilir.

$$\left|\frac{\beta_3}{100}\right| > |\beta_2| > |\beta_1| \qquad \textbf{(8.8)}$$

Bu katsayıların işaretleri göz önüne alındığında artan yükseklik açısıyla ve artan güneşlenme olasılığıyla tüketilen enerjinin düşmesi beklenen bir durum iken test odası güneye baktığından gün içinde azimut açısı azaldıkça tüketilen enerjinin önce azalması daha sonra artması beklenmektedir. Ayrıca test odası güneyden 10˚' lik sapma ile güneybatı doğrultusunda olduğundan pozitif bir katsayısı olması beklenmektedir. Bu durumu düzeltmek amacıyla azimut değişkenine Şekil 8.11' de gösterilen dönüşüm uygulandı. Bu dönüşüm uygulandıktan sonra elde edilen regresyona ait katsayılar Tablo 8.20' de verilmiştir.



Şekil 8.11: Azimut Açısı Dönüşümü

Azimut dönüşümü yapıldıktan sonra Ek A' daki çoklu regresyon yazılımı kullanılarak elde edilen β değerleri Tablo 8.20' de belirtilmiştir. 0.95' lik güven aralığında 0 değerlerinin bulunmaması, bulunan β değerlerinin güvenilirliğinin yüksek olduğunu göstermiştir.

Tablo 8.20 : Optimum β Değerleri

	Bulunan değer	En düşük	En yüksek
β_0	269	253	285
β_1	0.64	0.48	0.79
β_2	-1.12	-1.43	-0.82
β_3	-191	-202	-180

Çapraz korelasyon değerleri düşük olduğundan herhangi bir bağımsız değişkenin regresyondan çıkarılmasına gerek kalmamıştır. Bu değerler Ek A' daki bağımsız değişkenler arasındaki çapraz korelasyon yazılımı kullanılarak elde edilmiş ve Tablo 8.20' de gösterilmiştir.

Tablo 8.21 : Çapraz Korelasyon Değerleri

	Azimut	Yükseklik Açısı	Güneşlenme Olasılığı
Azimut	1	-0.40	-0.16
Yükseklik Açısı	-0.40	1	0.57
Güneşlenme Olasılığı	-0.16	0.57	1

Toplam karesel hata hesaplanmasında N veri sayısı, e hata değeridir [15].

$$TKH = \sum_{i=1}^{N} e^2 \tag{8.9}$$

$$\sigma_\varepsilon = \sqrt{\frac{TKH}{N-2}} \tag{8.10}$$

Hataların %95'lik güven aralığını belirlerken standart sapması, formül 8.10' a göre hesaplanmışır.

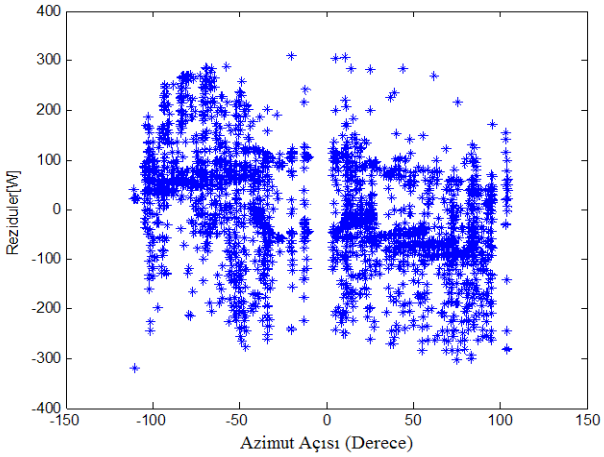
β değerlerinin standart sapmalarının hesabı aşağıdaki formüllere göre yapılmıştır. Formüllerdeki $\bar{x}$ ifadeleri ortalama değerlerdir. Bu formüllere göre standart sapmalarına göre % 95 lik güven aralıkları oluşturulmuştur [15].

$$\hat{\sigma}_{\beta_0} = \hat{\sigma}_\varepsilon \sqrt{\frac{1}{N} + \frac{\bar{x}_1^{\,2}}{\sum (x_1 - \bar{x}_1)^2} + \frac{\bar{x}_2^{\,2}}{\sum (x_2 - \bar{x}_2)^2} + \frac{\bar{x}_1^{\,2}}{\sum (x_3 - \bar{x}_3)^2}} \tag{8.11}$$

$$\hat{\sigma}_{\beta_1} = \hat{\sigma}_\varepsilon \sqrt{\frac{1}{\sum (x_1 - \bar{x}_1)^2}} \tag{8.12}$$

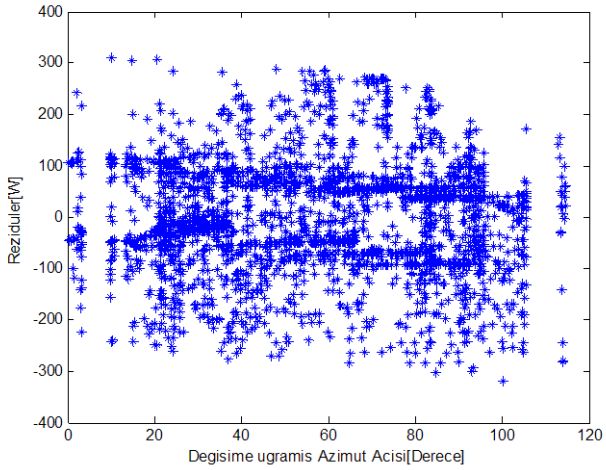
$$\hat{\sigma}_{\beta_2} = \hat{\sigma}_\varepsilon \sqrt{\frac{1}{\sum (x_2 - \bar{x}_2)^2}} \tag{8.13}$$

$$\hat{\sigma}_{\beta_3} = \hat{\sigma}_\varepsilon \sqrt{\frac{1}{\sum (x_3 - \bar{x}_3)^2}} \tag{8.14}$$



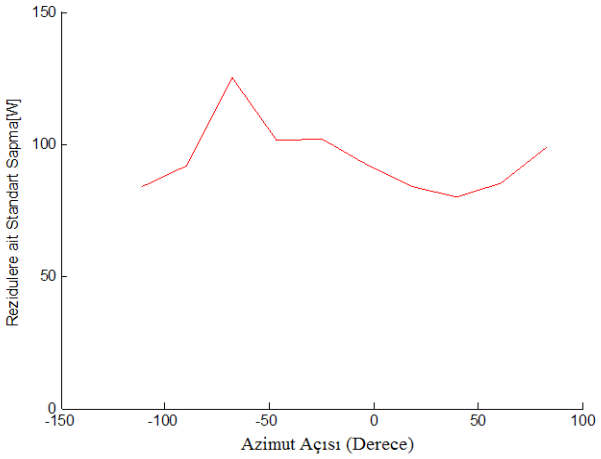
Şekil 8.12: Azimut Açısı Rezidüleri

Herbir bağımsız değişkenin rezidülerinin dağılımları belli bir şekli oluşturmamalıdır [15]. Ama azimut açısının rezidüsünün tamamen rasgele dağılmadığı görülmüş ve dönüşümün gerekli olduğu ortaya konmuştur. Azimut dönüşümü yapıldıktan sonra saçılmış rezidülerin oluşturduğu şekil yok olmuştur.



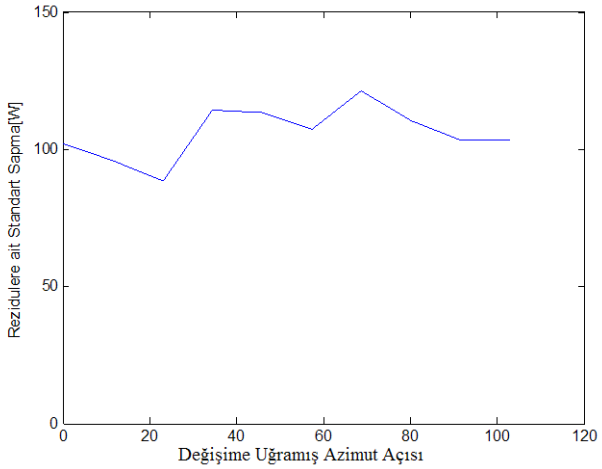
Şekil 8.13: Değişime Uğramış Azimut Açısı Rezidüleri

Değişkenlerin rezidülerinin standart sapmaları da kontrol edilmelidir [15]. Örneğin azimut değişkeninin dönüşüm öncesi rezidüsüne ait standart sapma grafiğinde, belli bir noktadan sonra eğri karakterinde görülen farklılık dönüşüm gerekliliğini ortaya koymuştur.



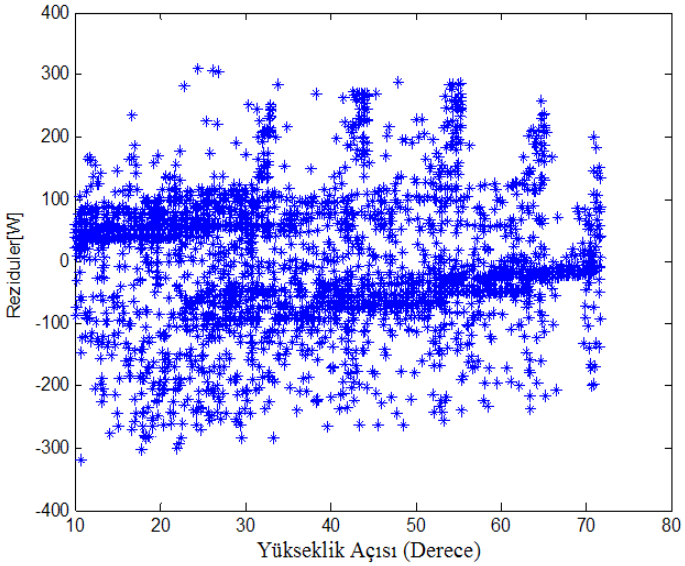
Şekil 8.14: Azimut Açısı Rezidülerinin Standart Sapma Grafiği

Dönüşüm yapıldıktan sonra rezidü standart sapmasında bölgesel bir değişim görülmemiştir.



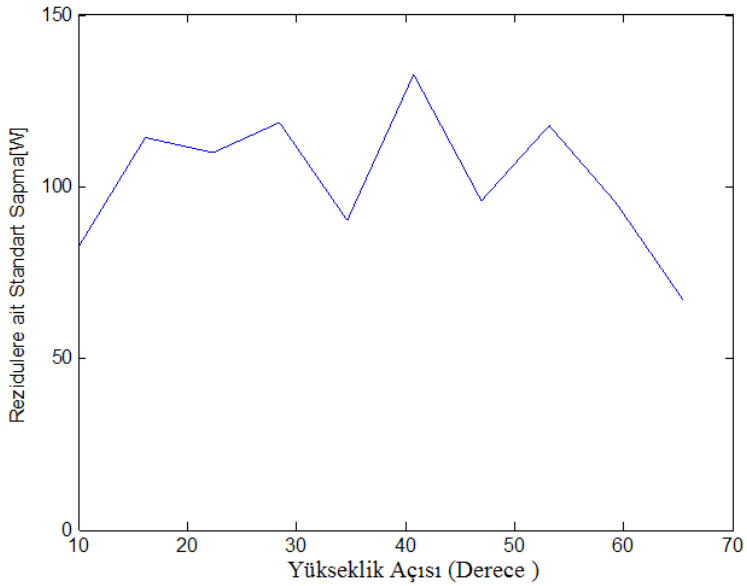
Şekil 8.15: Değişime Uğramış Azimut Açısı Rezidülerinin Standart Sapma Grafiği

Azimut için yapılan kontroller yükseklik açısı içinde yapılmıştır.

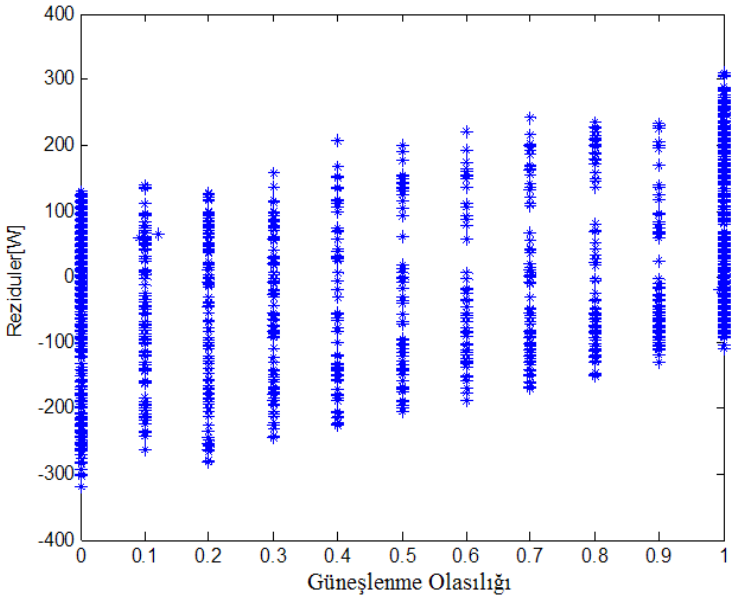


Şekil 8.16: Yükseklik Açısı Rezidüleri

Yükseklik açısının rezidü dağılımı ve standart sapması istenilen şekilde çıkmıştır. Herhangi bir dönüşüme gerek duyulmamıştır.

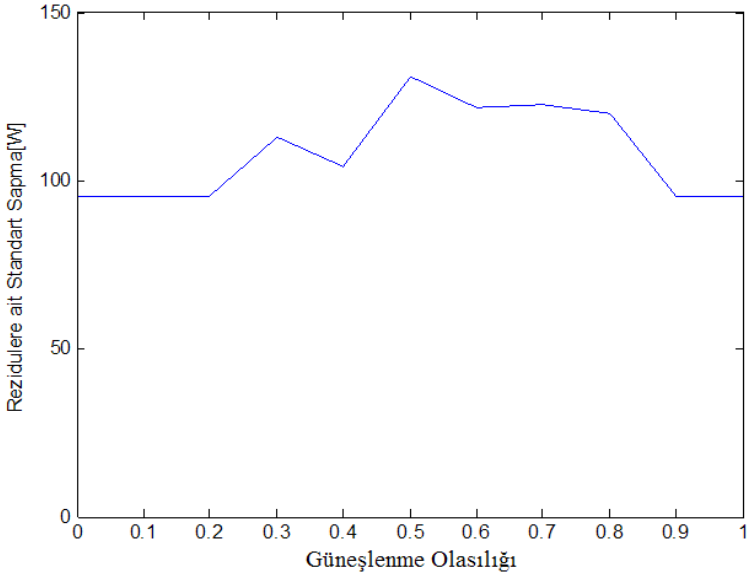


Şekil 8.17: Yükseklik Açısı Rezidülerinin Standart Sapma Grafiği



Şekil 8.18: Güneşlenme Olasılığı Rezidüleri

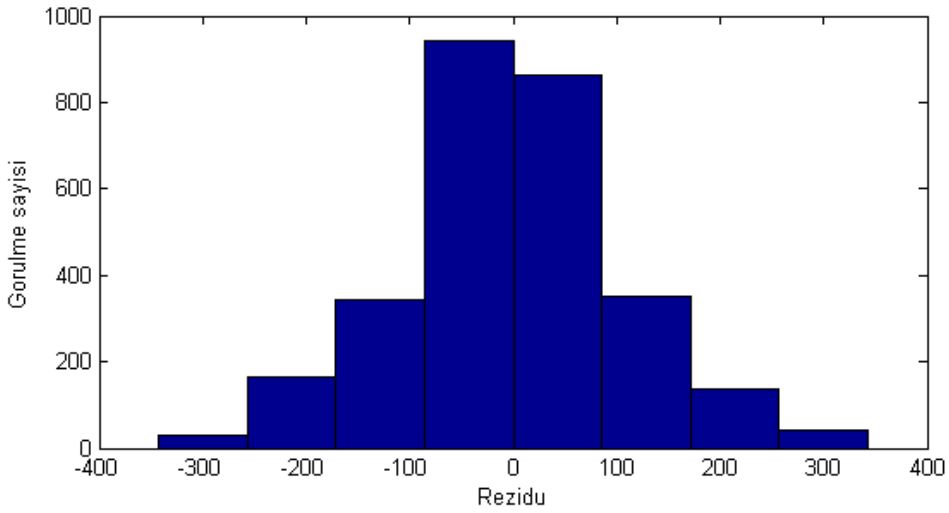
Güneşlenme olasılığının rezidü dağılımı ve standart sapması istenilen şekilde çıkmıştır.



Şekil 8.19: Güneşlenme Olasılığı Rezidülerinin Standart Sapma Grafiği

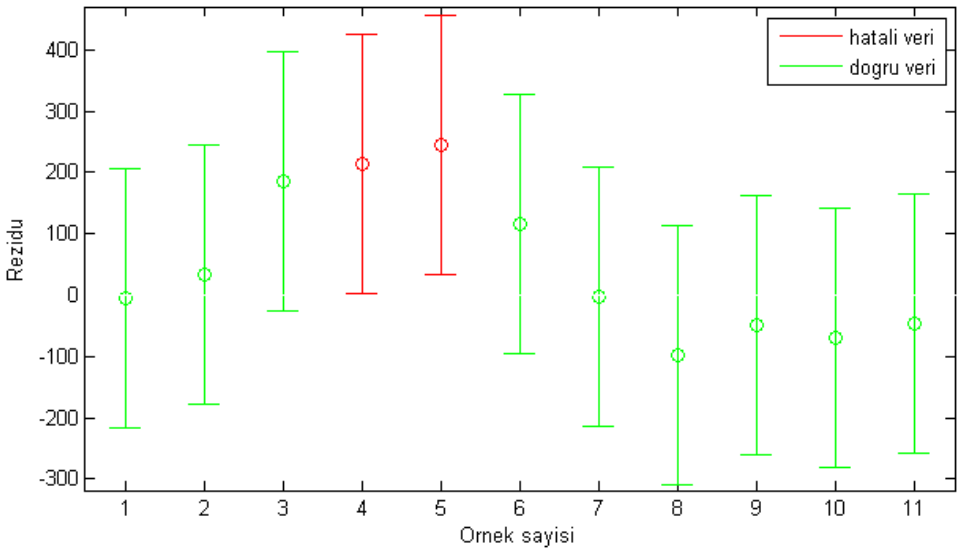
Hataların dağılımının normal dağılım gösterdiği kabulü regresyonun temel varsayımlarından olduğu için Şekil 8.12' de hataların dağılımı incelenmiştir [15].

Ek A' daki rezidülerin histogramı kısmındaki yazılım kullanılarak grafik çizdirilmiştir.



Şekil 8.20: Rezidü Histogramı

%95 güven aralığı göz önüne alınarak 0 değeri güven aralıklarında kalmayan veriler hatalı veriler olarak kabul edilmiştir. Eldeki 2873 verinin %7.45' i atılmış ve yapay sinir ağlarında 2659 veri kullanılmıştır.



Şekil 8.21: Hatalı Verilerin Ayıklanmasına Örnek

Yapılan regresyona ait belirlilik katsayısı ile korelasyon katsayıları Ek A' daki hatalı verilerin ayıklanması kısmındaki yazılım kullanılarak ayıklanmış ve Tablo 8.22' de örnek bir kısım gösterilmiştir.

Tablo 8.22 : R^2 ve R Değerleri

R^2	R
0.4745	0.688815446468235

Çok boyutlu regresyon analizi sonucu Tablo 8.22' de gösterilmiştir.

Çok boyutlu doğrusal regresyon ile yapay sinir ağlarının belli özellikleri karşılaştırılırsa aşağıdaki tablo elde edilir. Uygun model seçme kolaylığı, hatalı verilere daha dayanıklı olması ve doğruluğun daha yüksek olması sebebiyle yapay sinir ağı yapılmıştır [15].

Tablo 8.23 : Çok boyutlu regresyon ile yapay sinir ağı karşılaştırılması

	Çoklu Boyutlu Doğrusal Regresyon	Yapay Sinir Ağları
Doğruluk	Orta	Yüksek
Sonuçların Yorumlanabilirliği	Yüksek	Düşük
Hız	Yüksek	Düşük
Uygun Model Seçme Zorluğu (Genel Olarak Regresyon için)	Yüksek	Düşük
Parametre Ayarlama Gereksinimi	Düşük	Yüksek
Hatalı Veriye Karşı Dayanıklılık	Orta Düşük	Orta Yüksek
Gereksiz Bağımsız Değişkene Karşı Dayanıklılık	Yüksek	Düşük

8.4.3 Yapay Sinir Ağı

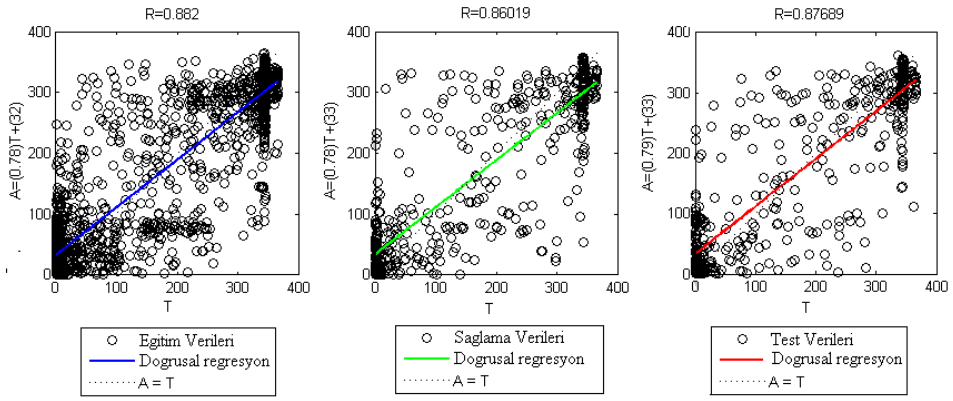
Evrensel yaklaşıklık teoresine göre seçilen 2 katlı ileri beslemeli yapay sinir ağı oluşturulmuş ve Ek B' deki kod kullanılmıştır. Hücre sayısı değiştirilerek en yüksek korelasyon sayısına bakılmıştır.

Yapay sinir ağından elde edilen veriler Tablo 8.23' de ve Şekil 8.14' de verilmiştir.

Tablo 8.24 : Elde edilen R değerleri

	Eğitim kümesi		Sağlama Kümesi		Test Kümesi	
Hücre sayısı	%OKH	R	%OKH	R	%OKH	R
5	18.79	0.8439	21.32	0.823	17.02	0.8529
10	18.71	0.8416	17.55	0.8562	14.34	0.8864
20	17.5717	0.855025	18.2502	0.843183	17.208	0.859953
30	15.84	0.8701	19.06	0.8436	17.07	0.8565
40	15.11	0.8754	21.19	0.8213	16.33	0.8645

En iyi korelasyon sayısı 10 hücrelik yapay sinir ağı ile elde edilmiştir.



Şekil 8.22: Yapay Sinir Ağı Korelasyon Değerleri

9. SONUÇLAR

Dünyada doğal aydınlatma sistemleri son 30 yıldır geliştirilmektedir. Fakat gün ışığından zengin olan ülkemizde istenilen seviyeye halen gelinmemiştir. Halbuki gün ışığı sistemleri doğru kontrol sistemleri ile çalıştırıldıkları zaman çok verimli hale gelebilirler. Bu aydınlatmaya harcanan enerjiden tasarruf etmek anlamına gelir. Özellikle kamu binalarında tasarruf oranı oldukça yüksektir. Bununla beraber gün ışığının insan psikolojisine yaptığı tesir oldukça olumludur. Özellikle ofis ortamında gün ışığı aydınlatması çalışanların verimini ve konforunu arttırmaktadır.

Fakat gün ışığı sistemleri her binanın coğrafi konumu, kat sayısı, yönü, oda geometrisi ve çevre faktörleri göz önünde tutularak seçilmeli ya da o mekana göre tasarlanmalıdır. Gün ışığı sistemleri bina tasarımının ilk evrelerinde göz önünde tutulmaya başlanmalıdır.

Gün ışığı sistemlerinden biri olan ışık rafı direk güneş ışığını oldukça verimli bir şekilde içeri yönlendirmektedir. Işık raflarının kullanım amaçları direk gelen güneş ışınlarını engellemek, gün ışığı aydınlık düzeylerini pencereden belirli bir uzaklığa kadar arttırmak, güneşten kaynaklanan ısınmayı azaltmak ve gün ışığı düzgünlük oranını tek düze hale getirmektir.

Bu çalışmada, İstanbul Teknik Üniversitesi Elektrik Elektronik Fakültesi 3. katındaki test odasına ışık rafı monte edilerek odada kayıt edilen veriler kullanılmıştır. Deney tarihlerindeki güneşlenme olasılıkları Kandilli Rasathanesinden alınmıştır. Test odasında şebekeden çekilen güç ile o andaki güneşlenme olasılıkları eşleştirilmiştir. Eşleşen verilerle tek ve çok boyutlu regresyon analizi yapılmıştır. Tek boyutlu regresyon analizinde 1. dereceden denklemde belirlilik katsayısı 0.6183, 2. dereceden denklemde 0.635 olarak elde edilmiştir. Yani tek boyutlu analizde dereceyi arttırarak belirlilik sayısında yüksek bir iyileşme gerçekleşmemiştir. Herbir güneşlenme olasılığına karşılık gelen enerji değerlerinin ortalaması alınarak oluşturulan verililerle yapılan tek boyutlu regresyon analizinde belirlilik katsayısı 0,87 gibi yüksek bir değer çıkmıştır. Bunun nedeni ortalamaları alınmış verilerin hata değerlerinin azalmasıdır.

Çok boyutlu analizde bağımsız değişkenler olarak azimut açısı, güneş yükseklik açısı ve güneşlenme olasılığı olarak seçilmiştir. Bunun sebebi güneş konumunun azimut ve yükseklik açısı ile, güneşlenme olasılığının ise bulutluluk ve iklimsel etkileri modelleyebilmesidir. Test odasındaki yapay aydınlatma eklenen sabit bir terimle modellenmiştir. Bağımsız değişkenlerden biri olan azimut değişkeninin katsayısının beklendiği gibi çıkmaması üzerine test odasının konumuna göre değişken yeniden tanımlanmış ve daha doğru bir sonuç elde edilmiştir. Ayrıca çoklu regresyonda kullanılan 3 bağımsız değişkenin gerçekten bağımsız olup olmadıklarını kontrol amacıyla çapraz korelasyonlara bakılmış ve değerler istenildiği gibi düşük çıkmışır. Ek A' daki yazılımın uygulanması ile bulunan çoklu regresyon katsayıları belli bir normalizasyondan geçirilip tüketilen enerji ile en ilişkili bağımsız değişkenin güneşlenme olasılığı olduğu görülmüştür.

Regresyon analizine ek olarak model seçme kolaylığı sağlaması, hatalı verilere daha dayanıklı olması ve doğruluğun daha yüksek olması sebebiyle yapay sinir ağı uygulanmıştır. Evrensel yaklaşıklık teoresine göre seçilen 2 katlı ileri beslemeli yapay sinir ağı oluşturulmuş ve Ek B' deki yazılım kullanılmıştır. Hücre sayısı değiştirilerek en yüksek korelasyon sayısına bakılmıştır. Sonuç olarak 10 hücreli bir yapay sinir ağında belirlilik kasayısı 0.78 gibi iyi bir değer vermektedir.

KAYNAKLAR

[1] **Enarun D**.,1987. Bina Tasarımı Aşamasında Hacim İçindeki Doğal Işık Dağılımını Belirlemek İçin Bir Model, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[2] **International Energy Agency Energy Conservation in Buildings and Community Systems Programme,** 2000. Daylight in Buildings;,A Source Book on Daylighting Systems and Components**,** Lawrence Berkeley National Laboratory Press, USA

[3] **Çetegen D**., 2004. Doğal Işığın Hacim İçinde Etkin Kullanımını Sağlayan Düzeneklerin İstanbul İklim Koşulları Altında İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

[4] **Muhammed I.**, 1983 An Introduction to Solar Radiation, Academic Press

[5] **BATMAN, A**., 2001. Elektrik Üretimi İçin Güneş Pillerinin Kullanımında Verimi Arttırıcı Yeni bir Yöntem, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

[6] www.susdesign.com

[7] www.mynasadata.larc.nasa.gov

[8] www.jgiesen.de/astro/suncalc/index.htm

[9] **Ünal, G., Çetegen D. ve Enarun D.,** 2005.Gelişmiş Aydınlatma Sistemleri EMO - III. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu ve Sergisi Bildirileri, Ankara, 23-25 Kasım

[10] www.squ1.org

[11] **Muneer T., Gueymard C., Kambezidis H.,** 2004 Solar Radiation and Daylight Models, Published by Butterworth Heinemann

[12] www.iea-shc.org

[13] **Çetegen, D., Enarun, D., Yener, A.K. ve Batman, A.,** 2004 Günışığı-Yapay Işık Entegrasyonunu Sağlayan Işık Rafı Sisteminin İncelenmesi, 5. Ulusal Aydınlatma Kongresi, İstanbul, 7-8 Ekim, s. 15-22

[14] **Çetegen, D., Enarun, D., Belendorf, H., Aydınlı S. ve Kaase H**., 2005. Optimisation of integrated daylighting and electric lighting with respect to local climatic conditions, Lux Europe, Berlin

[15] www.ocw.mit.edu

EK A. YAPAY SİNİR AĞI YAZILIMI

```
%% Coklu Regresyonun Hesaplanmasi
x=[go*0+1 abs(azimuth+10) yukseklik go ];
[b,bint,r,rint,stats] = regress(enerji(1:2873),x(1:2873,:));
%% Rezidulerin histogrami
hist(r,linspace(-300,300,8))
xlabel('Rezidu')
ylabel('Gorulme sayisi')
%% Herbir bagimsiz degiskenin reziduleri
plot(x(:,4),r,'*')
%title('Guneslenme olasiliginin fonksiyonu olarak reziduler')
xlabel('Guneslenme olasiligi')
ylabel('Reziduler[W]')
plot(azimuth,r,'*')
xlabel('Azimut Acisi[Derece]')
ylabel('Reziduler[W]')
plot(abs(azimuth+10),r,'*')
xlabel('Degisime ugramis Azimut Acisi[Derece]')
ylabel('Reziduler[W]')
plot(x(:,3),r,'*')
xlabel('Yukseklik Acisi[Derece]')
ylabel('Reziduler[W]')
%% Herbir bagimsiz degiskenin rezidulerinin standart sapmasi
xlabel('Rezidu')
ylabel('Gorulme sayisi')
%% Herbir bagimsiz degiskenin reziduleri
plot(x(:,4),r,'*')
%title('Guneslenme olasiliginin fonksiyonu olarak reziduler')
xlabel('Guneslenme olasiligi')
ylabel('Reziduler[W]')
plot(azimuth,r,'*')
xlabel('Azimut Acisi[Derece]')
ylabel('Reziduler[W]')
plot(abs(azimuth+10),r,'*')
xlabel('Degisime ugramis Azimut Acisi[Derece]')
ylabel('Reziduler[W]')
```

```
list=[];
for i=1:11
    list(i)=std(r(go==go(i)));
end
plot(0:0.1:1,list)
ylim([0 150])
%title('Guneslenme olasiliginin fonksiyonu olarak rezidulerin
heteroskedastisite analizi')
xlabel('Guneslenme olasiligi')
ylabel('Rezidulere ait Standart Sapma[W]')
vyukseklik=linspace(min(yukseklik),max(yukseklik),11);
list=[];
for i=1:10

list(i)=std(r(yukseklik<=vyukseklik(i+1)&yukseklik>=vyukseklik(i)));
end
plot(vyukseklik(1:end-1),list)
ylim([0 150])
xlabel('Yukseklik Acisi[Derece]')
ylabel('Rezidulere ait Standart Sapma[W]')
 mazimuth=abs(azimuth+10);
vazimuth=linspace(min(mazimuth),max(mazimuth),11);
list=[];
for i=1:10
    list(i)=std(r(mazimuth<=vazimuth(i+1)&mazimuth>=vazimuth(i)));
end
plot(vazimuth(1:end-1),list)
ylim([0 150])
xlabel('Degisime Ugramis Azimut Acisi[Derece]')
ylabel('Rezidulere ait Standart Sapma[W]')
 mazimuth=azimuth;
vazimuth=linspace(min(mazimuth),max(mazimuth),11);
list=[];
for i=1:10
    list(i)=std(r(mazimuth<=vazimuth(i+1)&mazimuth>=vazimuth(i)));
end
hold on
plot(vazimuth(1:end-1),list,'r')
ylim([0 150])
xlabel('Azimut Acisi[Derece]')
ylabel('Rezidulere ait Standart Sapma[W]')
```

```
plot(x(:,4),abs(r),'*')
 %% Bagimsiz degiskenlerin arasindaki capraz korelasyon
 rzero=rint(:,1).*rint(:,2);
corr(x(:,2:4))
corr(x(:,2),enerji)
plot(x(:,2),x(:,3),'*')
 indices=find(rzero<=0);
%% Hatali verilerin ayiklanmasi
rcoplot(r(indices),rint(indices,:))
ylabel('Rezidu')
xlabel('Ornek sayisi')
legend('hatali veri','dogru veri')
title('')
 X=x(indices,:);
Y=enerji(indices);
```

EK B. YAPAY SİNİR AĞI YAZILIMI

```
function [net,ps,ts] = aydinlanma(p,t)
rand('seed',3.54600556E8)
% Girislerin ve cikislarin normalizasyonu
[normInput,ps] = mapminmax(p);
[normTarget,ts] = mapminmax(t);
% Agin olusturulmasi
numInputs = size(p,1);
numHiddenNeurons = 20;
numOutputs = size(t,1);
net = newff(minmax(normInput),[numHiddenNeurons,numOutputs]);
% Datalarin ayrilmasi
testPercent = 0.20;
validatePercent = 0.20;
[trainSamples,validateSamples,testSamples]                          =
dividevec(normInput,normTarget,testPercent,validatePercent);
% Agin egitimi
[net,tr]                                                            =
train(net,trainSamples.P,trainSamples.T,[],[],validateSamples,testSa
mples);
% Agin benzetimi
[normTrainOutput,Pf,Af,E,trainPerf]                                 =
sim(net,trainSamples.P,[],[],trainSamples.T);
[normValidateOutput,Pf,Af,E,validatePerf]                           =
sim(net,validateSamples.P,[],[],validateSamples.T);
[normTestOutput,Pf,Af,E,testPerf]                                   =
sim(net,testSamples.P,[],[],testSamples.T);
% Cikislarin ters normalizasyonu
trainOutput = mapminmax('reverse',normTrainOutput,ts);
validateOutput = mapminmax('reverse',normValidateOutput,ts);
testOutput = mapminmax('reverse',normTestOutput,ts);
 % Regresyonun cizimi
figure
postreg({trainOutput,validateOutput,testOutput}, ...

{t(:,trainSamples.indices),t(:,validateSamples.indices),t(:,testSamp
les.indices)});
```

ÖZGEÇMİŞ

Erva AKSOYLU 1980 yılında İzmir'de doğdu. Özel İzmir Malhunhatun Lisesini 1997 yılında bitirdi. Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik Bölümünden 2002'de mezun oldu. İstanbul Teknik Üniversitesi Elektrik Mühendisliğinde yüksek lisansa başladı.