

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ ENERJİ ENSTİTÜSÜ**

**BİNA OTOMASYON SİSTEMLERİNİN ENERJİ VERİMLİLİĞİNE  
ETKİSİNİN ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Hüma AKSAKAL**

**Anabilim Dalı : Enerji Bilim ve Teknoloji**

**Programı : Enerji Bilim ve Teknoloji**

**ŞUBAT 2011**

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ ENERJİ ENSTİTÜSÜ**

**BİNA OTOMASYON SİSTEMLERİNİN ENERJİ VERİMLİLİĞİNE  
ETKİSİNİN ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
HÜMA AKSAKAL  
(301081046)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 20 Aralık 2010**

**Tezin Savunulduğu Tarih : 25 Ocak 2011**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Sermin ONAYGİL (İTÜ)  
Diğer Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Önder GÜLER (İTÜ)  
Yrd. Doç. Dr. Adem ÜNAL(YTÜ)**

**ŞUBAT 2011**

## **ÖNSÖZ**

Yüksek lisans tez çalışmam boyunca bana her açıdan yol gösteren, yardımcı olan ve desteğini esirgemeyen değerli hocam Sayın Prof.Dr.Sermin ONAYGİL'e ve çalışmalarımın daha hızlı ilerlemesine katkıda bulunan Arş.Gör.Emre ERKİN'e teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca her zaman yanımda olan ve beni her zaman destekleyen anneme, babama, ablama ve arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

ŞUBAT 2011

Hüma Aksakal

Elektrik Mühendisi

## İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET .....</b>	<b>xi</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>xii</b>
<b>1.GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>2. AKILLI BİNALAR HAKKINDA GENEL BİLGİLER .....</b>	<b>4</b>
2.1 Akıllı Bina Nedir ? .....	4
2.2 Akıllı Binaların Tarihçesi .....	4
2.3 Akıllı Bina Tanımları .....	6
2.4 Akıllı Bina Sistemleri .....	7
2.4.1 Aktif Sistemler .....	8
2.4.2 Pasif Sistemler .....	9
2.5 Akıllı / Yeşil Binalar .....	10
2.6 Akıllılık / Verimlilik İlişkisi .....	12
<b>3. BİNALAR İLE İLGİLİ YASAL MEVZUATLAR.....</b>	<b>14</b>
3.1 Binalarda Enerji Performans Direktifi .....	14
3.2 Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği .....	18
3.2.1 Binalarda Enerji Performans Yönetmeliğine Göre Bina Sistemleri ve Otomatik Kontrol Yöntemleri .....	19
3.2.1.1 Isıtma Sistemi .....	19
3.2.1.4 Sıcak Su Sistemi .....	20
3.2.1.5 Aydınlatma Sistemi .....	21
3.2.1.6 Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Isı Pompası, Kojenerasyon ve Mikrokojenerasyon Sistemleri .....	21
3.2.2 Enerji Kimlik Belgesi .....	22
3.2.2.1 Enerji Kimlik Belgesinde Bulunması Gereken Bilgiler .....	22
3.2.2.2 Enerji Kimlik Belgesi Vermeye Yetkili Kuruluşlar .....	23
3.2.3 Enerji Performansının Hesaplanması .....	23
3.2.3.1 Aylık / Mevsimsel Statik Hesaplama Yöntemi .....	23
3.2.3.2 Basit Saatlik Dinamik Hesaplama Yöntemi .....	24
3.2.3.3 Detaylı Dinamik Hesaplama Yöntemi .....	24
3.2.3.4 BEP-TR Hesaplama Yöntemi .....	25
<b>4. EN 15232 BİNA OTOMASYON VE KONTROL SİSTEMİNİN BİNANIN ENERJİ VERİMLİLİĞİNE ETKİSİ.....</b>	<b>27</b>
4.1 Bina Otomasyon Sistemi Fonksiyonları ve Verimlilik Sınıflarına Göre Değerlendirilmesi .....	29
4.1.1 Isıtma Kontrolü .....	29
4.1.1.1 Emisyon Kontrolü .....	30
4.1.1.2 Isıtma Suyu Dağıtımının Kontrolü .....	32
4.1.1.3 Pompaların Kontrolü .....	32
4.1.1.4 Emisyon Veya Dağıtımın Kesintili Kontrolü .....	33
4.1.1.5 Jeneratör Kontrolü .....	33
4.1.1.6 Farklı Jeneratörlerin Kademeli Olarak Devreye Alınması .....	34

4.1.2 Soğutma Kontrolü .....	34
4.1.3 Havalandırma ve İklimlendirme Kontrolü.....	36
4.1.4 Aydınlatma Kontrolü .....	37
4.1.4.1 Doluluk Kontrolü .....	37
4.1.4.2 Gün Işığı Kontrolü .....	38
4.1.5 Perde / Jaluzi Kontrolü.....	39
4.1.6 Ev ve Bina Otomasyon Sistemi Kontrolü.....	40
4.1.7 Bina Yönetimi Sistemi Kontrolü .....	40
4.1.7.1 Ev ve Bina Sistemlerinde Hataları Belirlemek ve Bu Hataları Gidermek İçin Destek Sağlamak.....	41
4.1.7.2 İç Mekân Şartları, Enerji Tüketimi Gibi Değişen Değerleri Raporlama .....	41
4.2 EN 15232 Standardına Göre Binaların Enerji Performans Sınıfının Hesaplanması .....	41
<b>5.KONTROL VE OTOMASYON SİSTEMLERİNİN BİNA ENERJİ PERFORMANSI HESAPLAMA YÖNTEMİNDEKİ YERİ.....</b>	<b>51</b>
5.1 Isıtma Sistemleri.....	51
5.2 Soğutma Sistemi.....	53
5.3 Havalandırma Sistemi .....	55
5.4 Kullanım Sıcak Suyu.....	56
5.5 Aydınlatma Sistemi .....	56
5.5.1 Bağımlılık Faktörleri.....	57
5.5.1.1Günüşiği Bağımlılık Faktörü .....	58
5.5.1.2 Kullanıma Bağlı Faktör.....	61
5.5.1.3 Sabit Aydınlık Faktörü.....	62
<b>6.AYDINLATMA ENERJİ PERFORMANSINDA KONTROL SİSTEMLERİNİN ETKİSİNİN İNCELENMESİ.....</b>	<b>63</b>
6.1 İstanbul Bölgesi İçin İnceleme .....	64
6.2 Diyarbakır Bölgesi İçin İnceleme .....	73
6.3 Çalışmanın Sonuçları .....	79
<b>7.SONUÇ.....</b>	<b>87</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>90</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>92</b>
EK-A .....	92
EK-B .....	100
EK-C .....	105
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>107</b>

## KISALTMALAR

<b>AB</b>	: Avrupa Birliği
<b>AESG</b>	: Aydınlatma Enerjisi Sayısal Göstergesi
<b>BAC</b>	: Bina otomasyon ve kontrolü (Building Automation and Control)
<b>BEP-TR</b>	: Bina Enerji Performansı Yazılımı
<b>ECCP</b>	: Avrupa İklim Değişikliği Programı (European Climate Change Programme)
<b>EIBG</b>	: Avrupa Akıllı Binalar Topluluğu (European Intelligent Building Group)
<b>EKB</b>	: Enerji Kimlik Belgesi
<b>EPBD</b>	: Binalarda Enerji Performans Direktifi (Energy Performance of Buildings Directive)
<b>EU.BAC</b>	: Avrupa Bina Otomasyonu ve Kontrolleri Birliğini (European Building Automation Controls Association)
<b>IBG</b>	: Akıllı Bina Enstitüsü (The Intelligent Building Institute)
<b>IT</b>	: Bilgi Teknolojileri (Information Technology)
<b>UTPS</b>	: United Technology Building Systems

## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

Çizelge 4.1	: Isıtma sistemi kontrol fonksiyonları .....	31
Çizelge 4.2	: Soğutma sistemi kontrol fonksiyonları.....	35
Çizelge 4.3	: Havalandırma ve İklimlendirme sistemi kontrol fonksiyonları .....	36
Çizelge 4.4	: Aydınlatma sistemi kontrol fonksiyonları.....	38
Çizelge 4.5	: Perde / Jaluzi sistemi kontrol fonksiyonları .....	40
Çizelge 4.6	: Ev ve Bina otomasyon sistemi kontrol fonksiyonları .....	40
Çizelge 4.7	: Bina yönetim sistemi kontrol fonksiyonları .....	41
Çizelge 4.8	: Ticari binalar için BAC verimlilik faktörü (ısı enerjisi için).....	47
Çizelge 4.9	: Konut binalar için BAC verimlilik faktörü (ısı enerjisi için).....	49
Çizelge 4.10	: Ticari binalar için BAC verimlilik faktörü (elektrik enerjisi için).....	49
Çizelge 4.11	: Konut binalar için BAC verimlilik faktörü (elektrik enerjisi için).....	50
Çizelge 5.1	: Isıtma sistemi için radyatör kullanıldığı durumda verim değerleri.....	52
Çizelge 5.2	: Isıtma sisteminde Gider faktörü için $C_{p1}$ ve $C_{p2}$ sabit değerleri.....	53
Çizelge 5.3	: HVAC sistemi için etkenlik faktörleri.....	54
Çizelge 5.4	: Soğutma sisteminde gider faktörü için $C_{p1}$ ve $C_{p2}$ değerleri .....	54
Çizelge 5.5	: Oda Isı Kontrolü ve Emisyonu için Genel Verim .....	55
Çizelge 5.6	: Sıcak su sistemi için dolaşım pompasının $C_{p1}$ ve $C_{p2}$ değerleri .....	56
Çizelge 5.7	: $D_C$ ve $D$ değerlerine göre gün ışığı etkisinin belirlenmesi.....	60
Çizelge 5.8	: $F_{D,S}$ değerinin hesaplanması için a ve b katsayıları.....	59
Çizelge 5.9	: Türkiye’de yer alan enlemler için hesaplanmış $F_{D,S}$ .....	61
Çizelge 5.10	: Gün ışığı girişine bağlı olarak $F_{D,C}$ değerleri .....	61
Çizelge 5.11	: Aydınlatma kontrolüne bağlı faktör .....	64
Çizelge 6.1	: Aydınlık düzeylerine göre kullanılacak armatür sayısı.....	64
Çizelge 6.2	: İstanbul için günışığı bağımlılık faktörü ( $F_D$ ) .....	64
Çizelge 6.3	: Farklı kontrol sistemleri için $F_A$ değerlerine bağlı $F_o$ değerleri .....	65
Çizelge 6.4	: İstanbul için hesaplanan $t_D$ ve $t_N$ değerleri .....	66
Çizelge 6.5	: 300 lx için $F_D * F_o$ matrisi .....	66
Çizelge 6.6	: 500lx için $F_D * F_o$ matrisi .....	67
Çizelge 6.7	: 750lx için $F_D * F_o$ matrisi .....	67
Çizelge 6.8	: Ortalama 300 lx aydınlık düzeyinin sağlandığı 200 m <sup>2</sup> ofis binası için aydınlatma enerjisi tüketimi (İstanbul) .....	69
Çizelge 6.9	: Ortalama 500 lx aydınlık düzeyinin sağlandığı 200 m <sup>2</sup> ofis binası için aydınlatma enerjisi tüketimi (İstanbul) .....	69
Çizelge 6.10	: Ortalama 750 lx aydınlık düzeyinin sağlandığı 200 m <sup>2</sup> ofis binası için aydınlatma enerjisi tüketimi (İstanbul) .....	70
Çizelge 6.11	: Aydınlık düzeylerine göre değerlerin karşılaştırılması (İstanbul).....	70
Çizelge 6.12	: 300 lx için $F_D$ ve $F_o$ faktörlerinin etkisi .....	71
Çizelge 6.13	: 500 lx için $F_D$ ve $F_o$ faktörlerinin etkisi .....	72
Çizelge 6.14	: 750 lx için $F_D$ ve $F_o$ faktörlerinin etkisi .....	72
Çizelge 6.15	: Diyarbakır için günışığı bağımlılık faktörü ( $F_D$ ).....	73

<b>Çizelge 6.16</b> : Diyarbakır için hesaplanan $t_D$ ve $t_N$ değerleri.....	74
<b>Çizelge 6.17</b> : 300lx için $F_D^* F_o$ matrisi .....	75
<b>Çizelge 6.18</b> : 500lx için $F_D^* F_o$ matrisi .....	75
<b>Çizelge 6.19</b> : 750lx için $F_D^* F_o$ matrisi .....	75
<b>Çizelge 6.20</b> : Diyarbakır ilinde ortalama 300 lx aydınlık düzeyinin sağlandığı 200 $m^2$ ofis binası için aydınlatma enerjisi tüketimi.....	77
<b>Çizelge 6.21</b> : Diyarbakır ilinde ortalama 500 lx aydınlık düzeyinin sağlandığı 200 $m^2$ ofis binası için aydınlatma enerjisi tüketimi .....	77
<b>Çizelge 6.22</b> : Diyarbakır ilinde ortalama 750 lx aydınlık düzeyinin sağlandığı 200 $m^2$ ofis binası için aydınlatma enerjisi tüketimi.....	78
<b>Çizelge 6.23</b> : Diyarbakır ilinde aydınlık düzeylerine göre değerlerin karşılaştırılması .....	78



## ŞEKİL LİSTESİ

## Sayfa

Şekil 2.1 : Akıllı-Yeşil binalar arasındaki ilişki .....	11
Şekil 3.1 : Enerji Performansının belirlenmesi için hesaplama şeması .....	16
Şekil 3.2 : Enerji Performansının belirlenmesi için detaylı hesap şeması .....	17
Şekil 4.1 : Ofis binasının kullanıcı profili .....	42
Şekil 4.2 : Konferans salonunun kullanıcı profili .....	43
Şekil 4.3 : Okul binasının kullanıcı profili .....	44
Şekil 4.4 : Hastane binasının kullanıcı profili .....	44
Şekil 4.5 : Otel binasının kullanıcı profili .....	45
Şekil 4.6 : Restoran binasının kullanıcı profili .....	46
Şekil 4.7 : Toptan ve parakende satış yapan ticari binaların kullanıcı profili .....	46
Şekil 5.1 : Aydınlatma enerjisi gereksiniminin belirlenmesinde farklı yolları gösteren akış diyagramı .....	56
Şekil 5.2 : Güneş ışığı bağımlılık faktörünün belirlenmesi ile ilgili akış diyagramı .....	58
Şekil 6.1 : Kontrol sistemlerine bağlı AESG değerlerinin karşılaştırılması(300 lx)..	80
Şekil 6.2 : Kontrol sistemlerine bağlı AESG değerlerinin karşılaştırılması(500lx)..	84
Şekil 6.3 : Kontrol sistemlerine bağlı AESG değerlerinin karşılaştırılması (750lx)..	85

## SEMBOL LİSTESİ

$a_{fds}$	:Hacimde istenen aydınlık düzeyi ve günışığı etkisine göre değişen katsayı
$b_{fds}$	:Hacimde istenen aydınlık düzeyi ve günışığı etkisine göre değişen katsayı
$F_A$	:Yokluk faktörü
$F_C$	:Sabit aydınlık faktörü
$F_D$	:Günışığı bağımlılık faktörü
$F_{D,S}$	:Günışığı sağlama faktörü
$F_{D,C}$	:Günışığı bağımlı yapma aydınlatma kontrol faktörü
$F_o$	:Kullanıma bağlı faktör
$F_{oc}$	:Aydınlatma kontrolüne bağlı faktör
$I_{DE}$	: Derinlik indisi
$I_O$	: Engel indisi
$I_{O,OB}$	: Karşı bina engel için düzeltme faktörü
$I_{O,OV}$	:Yatay saçak için düzeltme faktörü
$I_{O,VF}$	:Düşey gölgeleme elemanı için düzeltme faktörü
$I_{O,CA}$	:Avlu veya atrium için düzeltme faktörü
$I_{O,GDF}$	: Camlı çift cidarlı cephe için düzeltme faktörü
$I_T$	: Geçirgenlik indisi
$k_1$	: Pencere doğrama çarpanı
$k_2$	: Cam kirlilik faktörü
$k_3$	:Dik gelmeyen ışık düzeltmesi
$P_{em}$	: Bir hacimdeki acil durum aydınlatma aygıtlarının şarj güçlerinin toplamı
$P_n$	: Bir hacim veya bölüme ilişkin toplam kurulu aydınlatma gücü
$P_{pc}$	: Bir hacimdeki toplam parazit güç
$t_D$	: Gün saatleri kullanımı (h)
$t_{em}$	: Acil durum aydınlatma aygıtlarının şarj süresi (h)
$t_N$	: Gün saatleri dışında kullanım(h)
$t_y$	: Bir yıl içindeki toplam süre (h)
$W_t$	: Aydınlatma için harcanan toplam enerji (kWh)
$W_{L,t}$	: Aydınlatma için harcanan enerji (kWh)
$W_{p,t}$	: Parazit güç için harcanan enerji (kWh)
$\tau$	: Cam ışık geçirgenliği (dik gelen ışık için)
$Y_{enlem}$	: Hacmin bulunduğu yerin enlem değeri

# **BİNA OTOMASYON SİSTEMLERİNİN ENERJİ VERİMLİLİĞİNE ETKİSİNİN ANALİZİ**

## **ÖZET**

Enerji kaynak rezervlerinin giderek azalmasına karşın, enerji tüketimi sürekli arttığı için günümüzün en güncel ve çözüm bekleyen konusu enerjidir. Enerji kaynaklarının etkin kullanılması amaçlı çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Bu kapsamda, binalarda enerjiyi daha verimli kullanabilmek amacı ile “akıllı bina” fikri ortaya çıkmıştır. Akıllı binaların vazgeçilmez bir unsuru olan bina otomasyon sistemleri ile binanın enerji tüketimi büyük oranda azalabilmektedir.

Bu tez çalışmasında öncelikli olarak akıllı bina kavramı ile ilgili genel bilgiler verilmiştir. Avrupa Birliği tarafından yayımlanan Binalarda Enerji Performans Direktifi ve bu direktif doğrultusunda Türkiyede yayımlanan Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği detaylı bir şekilde incelenerek, bina otomasyon ve kontrol fonksiyonlarının binanın enerji verimliliğine etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Binaya eklenen kontrol fonksiyonları ile enerji tüketim miktarındaki değişimler ve bu sistemlerin binanın enerji verimliliğine ne derecede katkı sağladığı tespit edilmeye çalışılmıştır. Az enerji tüketerek gereken konfor ve kullanıcı ihtiyaçlarını karşılayan binalar daha verimli binalar olarak tanımlandığı için bu çalışma ile bina otomasyon sistemleri ile enerji verimliliği arasındaki ilişkinin analiz edilmesi amaçlanmıştır. Bu ilişkinin daha net anlaşılabilmesi için Binalarda Enerji Performans hesaplama yöntemi baz alınarak örnek bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada, aydınlatma sistemi için çeşitli senaryolar oluşturulmuş, bu senaryolara göre kontrol fonksiyonları elle (manuel) ya da otomatik olarak değiştirilerek ve gün ışığı etkisi de göz önüne alınarak aydınlatma enerjisi tüketiminde kontrol sistemlerinin ve doğal aydınlatmanın etkileri belirlenmeye çalışılmıştır.

## **ANALYSIS OF THE IMPACT OF BUILDING AUTOMATION SYSTEMS ON ENERGY EFFICIENCY**

### **SUMMARY**

Despite the decrease in the reserves of energy resources, because of constant increase in the amount of energy consumption, the latest issue of present-day that needs a solution is energy. Various studies have been done for effective use of energy resources. In this direction, the idea of “intelligent building” has emerged with the aim of using energy efficiently in buildings. Energy consumption of buildings can be decreased substantially with building automation systems, the indispensable element of intelligent buildings.

In this thesis study, first of all general information about the concept of “intelligent building” has been provided. By analyzing “Directive on the Energy Performance of Buildings”, published by European Union, and “Energy Performance of Buildings Regulations”, published in Turkey in parallel with this directive, in detail, the impact of building automation and control functions on energy efficiency has been tried to be determined. Whether a change in the amount of energy consumption occurs with control functions added to building and to what extent these systems contribute to energy efficiency have been tried to be determined. Due to the fact that buildings which meet required comfort level and needs of user by consuming little energy are defined as more efficient buildings, with this study the relation between building automation systems and energy efficiency is aimed to be analyzed. To get a clear understanding of this relation, a case study is done based on calculation methods of energy performance in buildings. In this case study, various scenarios for lighting system are created. According to these scenarios, by changing control functions automatically or manually, and by taking daylight effect into consideration, the effects of control systems and natural lighting on the consumption of luminous energy have been tried to be determined.

## 1.GİRİŞ

Dünya nüfusunun hızla artması, teknolojinin sürekli gelişme göstermesi ve bu gelişmelere bağlı olarak enerji tüketiminin artması ile enerji ihtiyacı giderek fazlalaşmaktadır. Bunların sonucunda enerji rezerv kaynakları gün geçtikçe sınırlı bir hale geldiğinden “sürdürülebilir enerji” nin sağlanabilmesi için ülkeler çeşitli önlemler almaya başlamışlardır. Bu doğrultuda alternatif enerji kaynaklarından yararlanma ve “enerji verimliliği” kavramları tartışılmakta, enerji tasarrufu ile ilgili konular ön plana çıkmaktadır.

Dünya enerji kullanımının sektörel dağılımına baktığımız zaman tüketilen enerjinin yaklaşık %40’ı binalarda kullanılmaktadır [1]. Bu oranın önümüzdeki yıllarda artacağı da tahmin edilmektedir. Toplam enerji tüketimi için de büyük paya sahip binalar enerji verimliliği çalışmalarında önemli uygulamalardır.

1973 yılında yaşanan petrol krizinden sonra enerji kavramı daha da önem kazanmış ve fazla enerji tüketen sektörlerden biri olan binalarda enerji tüketimini azaltma amaçlı çalışmalar yapılmaya başlamıştır. Aynı dönemde inşaat sektöründe yaşanan gelişmeler, haberleşme ve bilgi teknolojilerinin hızlı bir şekilde ilerleme göstermesi ile bina tasarımları farklı bir boyutta değerlendirilmeye başlanmıştır. 1980’li yılların başında endüstrileşmiş ülkelerin teknolojik gelişmeler ile binaları entegre ederek değerlendirmesi sonucunda “akıllı bina“ kavramı ortaya çıkmıştır. Bir binanın akıllı bina olarak tanımlanabilmesi için kesinlikle bina otomasyon sisteminin olması gerekmektedir. Bu kavram ile birlikte geleneksel bina tasarımının yerini, daha verimli, daha az enerji tüketen sistemler ile donatılmış binalar almaya başlamıştır. Mekanik, elektrik, mimari boyutların hepsi değerlendirilerek, disiplinlerarası ortaklaşa bir çalışma ile verimli binalar tasarlanmaya çalışılmıştır.

Akıllı bina kavramının ilk ortaya çıktığı günden bugüne kadar tanımı tam olarak yapılamamaktadır. Çeşitli kuruluş ve topluluklar tarafından farklı yorumlandığı gibi ülkeden ülkeye göre de “akıllı bina” kavramı değişiklik gösterebilmektedir.

Bu tez kapsamında bina otomasyon sistemlerinin enerji verimliliğine etkisini tespit edebilmek için öncelikli olarak bina otomasyon sistemi ile ilişkili olan akıllı bina kavramından bahsedilerek, bina otomasyon sistemlerinin önemi vurgulanmaya çalışılmıştır. Bir binanın enerji verimliliği sağlayabilmesi için hangi sistemler ile donatılması, özellikle hangi otomasyon ve kontrol fonksiyonlarına sahip olması gerektiği üzerinde durulmuştur. Bu kontrol fonksiyonlarının binanın akıllı diye nitelendirilmesinde hangi ölçüde etkili olduğu açıklanmaya çalışılmıştır. Otomasyon ve kontrol sistemine sahip her binayı akıllı bir bina olarak tanımlayabilir miyiz? Ya da bir binanın “akıllı” olarak tanımlanabilmesi için otomasyon ve kontrol sistemine sahip olması zorunlu mudur? gibi sorulara cevap bulmak amaçlanmıştır.

Bu amaç doğrultusunda tezin başlangıç bölümünde akıllı bina kavramı ile ilgili genel bilgiler verilmiş ve akıllı binaların çeşitli topluluklara göre tanımının farklı yorumlandığı vurgulanmıştır.

Gelişme bölümünde binalarda enerji verimliliğinin sağlanabilmesi için Avrupada yayımlanan Binalarda Enerji Performans Direktifinden ve bu direktif ile doğrudan ilgili olan standartlardan bahsedilmiş, bir binanın enerji performansının hesaplanması için hangi sistemlerin olması ve hangi verilerin bilinmesi gerektiği açıklanmaya çalışılmıştır. Bu amaç doğrultusunda Türkiyede yayımlanan Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği incelenmiş ve bu yönetmelikte yer alan otomasyon ve kontrol ile ilgili fonksiyonların binanın enerji verimliliğini ne kadar etkilediği üzerinde durulmaya çalışılmıştır. Bina otomasyon ve kontrolünün binanın enerji verimliliğine etkisini inceleyen Avrupa Standardı EN 15232 detaylı bir şekilde incelenerek binaların enerji verimliliği sağlayabilmesi için hangi kontrol fonksiyonlarına sahip olması gerektiği belirlenmiştir. Kontrol sistemleri ile bina enerji tüketimi arasındaki ilişkinin daha net anlaşılabilmesi için Binalarda Enerji Performans hesaplama yöntemi baz alınarak örnek bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada, aydınlatma sistemi için çeşitli senaryolar oluşturulmuş, bu senaryolara göre kontrol fonksiyonları elle (manuel) ya da otomatik olarak değiştirilerek ve gün ışığı etkisi de göz önüne alınarak aydınlatma enerjisi tüketiminde kontrol sistemlerinin ve doğal aydınlatmanın etkileri belirlenmeye çalışılmıştır.

Son bölümde ise incelenen mevcut durumlar ile yapılan örnek çalışmayı göz önüne alarak değerlendirme yapılmış ve bir binanın “enerji verimli bina” olarak nitelendirilmesi için kontrol fonksiyonlarının hangi ölçüde önemli olduğu ile ilgili bilgiler verilmiştir.

## **2. AKILLI BİNALAR HAKKINDA GENEL BİLGİLER**

### **2.1 Akıllı Bina Nedir ?**

Teknolojinin hızlı bir şekilde gelişmesi ve endüstriyel faaliyetlerin artması sadece iş hayatı üzerinde etkili olmamış, günlük yaşamı da etkilemeye başlamıştır. Bu gelişmeler yeni iş kollarının doğmasını sağlamış, farklı yaşam standartlarını oluşturmuştur.

1980’li yılların başında teknolojiye yenilikler ile inşaat sektöründeki gelişmelerin birleşmesiyle binalar yüksek teknoloji sistemler ile donatılmaya başlanmıştır. Otomasyon sistemlerinin binalarda uygulanmaya başlanması kullanıcının yaşam standartlarını arttırırken, aynı zamanda büyük enerji kayıplarına yol açmış ve önemli maliyet artışlarına neden olmuştur. Bu yüzden enerji verimliliğinin ön plana çıktığı binaların tasarlanması fikri doğmuştur.

Kullanıcının hayat standartlarını arttıran, aynı zamanda da enerji tasarrufu sağlayan bina tasarımı fikri ile doğan “akıllı bina” kavramı ilk olarak Amerikada 1981 yılında UTPS (United Technology Building Systems) şirketi tarafından kullanılmıştır.

Otomasyon teknolojisinin binalarda uygulanması fikrinde bilgisayarların paket programlar şeklinde giderek ağırlık kazanması ve hizmet alanını sürekli geliştirmesi önemli bir yer tutmaktadır. Bu fikir doğrultusunda 1981-1983 yılları arasında Connecticut Hartford’da “City Place” binası yapılmıştır [2]. Akıllı bina fikri ve yapım sonrasında kurulan merkezi bilgisayar sistemi, işletimi ve kullanımı ile enerjinin etkin kullanılması amaçlanmıştır.

### **2.2 Akıllı Binaların Tarihçesi**

Akıllı bina kavramı ilk kullanılmaya başlandığı dönemde daha çok karmaşık iletişim sistemlerini, bina otomasyonu ve kullanıcılara yönelik servis hizmetleri gibi önemli ölçüde teknolojik gelişmelere bağlı olarak tanımlanmaktaydı. IT sisteminin gelişmesine paralel olarak akıllı bina teknolojisi de gelişme göstermiştir. Bu teknoloji ile kullanıcının çalışma ve yaşam koşullarını, güvenli, konforlu, etkin ve verimli



yapan binayı yaratmaya çalışmak amaçlanmıştır. Zaman ilerledikçe, mini bilgisayarların hayatımıza daha çok dahil olması ile bina otomasyonu ve bina kontrol sistemi de bu yeni teknolojiye faydalanmaya başlamıştır. Fakat bu dönemde yapılan binalar sadece otomasyon olarak ele alınmış ve değişen şartlara uyum sağlayamamıştır [3].

1985 yılından sonra IT teknolojileri çok fazla gelişme kaydetmiştir. Fakat kullanıcıların ihtiyaçlarına karşılık veremediği ve değişen çevre koşullarına göre sistemin kendisini ayarlayamadığı farkedilmiştir. Bu dönemde DEGW tarafından yürütülen Orbit araştırma çalışması ile binanın içinde yer alan organizasyonlar ve IT teknolojileri arasında karşılaştırma yapılmıştır [3]. Orbit çalışması yeni teknolojilerin İngilteredeki ofislerin tasarımı üzerindeki etkisini açıklamaktadır. Bu çalışma farklı yaşlara, boyutlara, şekillere, yüksekliklere, plan türlerine sahip olan ve farklı fonksiyonlar tarafından işgal edilmiş olan ofis binalarına uyarlanmıştır. Bu çalışmadaki amaç binaların içinde yaşayanların ihtiyaçlarını ne ölçüde karşıladığını tespit edebilmektir [4]. Bu yaklaşımla akıllı bina kavramı teknolojik tanımlamanın dışına çıkarılarak “kullanıcının ihtiyaçlarına göre kendini ayarlayan sistemler” olarak değiştirilmiştir.

1992 yılı ve daha sonraki dönemlerde Avrupa’da akıllı bina kavramı Amerika ve Japonya’daki gelişmelere göre çok geride kalmıştır. Çünkü Avrupa’daki ofis binaları Amerika’da ya da Japonya’daki binalara göre çok küçük boyutta olduğundan bu kavram Avrupa’da çok fazla ilerleme kaydedememiştir. Bu nedenle DEGW ve Teknibank danışmanları bir araya gelerek bir araştırma projesi başlatmışlar ve bu projeye göre bir model oluşturmuşlardır. Bu model sonucunda akıllı bina tanımı tam anlamıyla öncekilerden farklı bir hale gelmiştir. Tanımın IT teknolojilerinden daha çok kullanıcının ihtiyaçları üzerine kurulu olduğu görülmektedir. Bu modele göre akıllı binalar üç ana kavram üzerinde durmaktadır. Bu kavramlar, bina yönetimi, hacim yönetimi ve iş yönetimi olmaktadır. Bina yönetimi binanın fiziksel özelliklerinin insan ve bilgisayar teknolojisi kullanılarak yönetilmesi, hacim yönetimi binanın iç mekanının değişen şartlara göre ayarlanarak minimum işletme maliyetinde yönetilmesi, iş yönetimi ise yönetim sürecinin bir bütün olarak ele alınarak yönetilmesidir. Bu dönemdeki tanıma göre akıllı binalar kullanıcıların ihtiyaçlarına göre etkili bir otomasyon sistemine sahip olarak, çevreyi destekleyen ve içerisindeki değişen şartlara uyum sağlayabilen binalar olarak tanımlanmaya başlanmıştır [3].

### 2.3 Akıllı Bina Tanımları

Akıllı binaların gelişim sürecine baktığımız zaman, “akıllı bina “ kavramının ilk kullanıldığı zamandan günümüze kadar olan süreçte kesin bir tanım yapılamadığını görmekteyiz. Farklı kurum ve kuruluşlar tarafından yapılan hem sektörel hem de akademik çalışmalara göre her topluluk akıllı bina kavramını farklı yorumlamaktadır.

Avrupa Akıllı Bina Grubu akıllı binayı “Akıllı bina; bina sahiplerinin, kullanıcılarının ve yöneticilerinin performans gereksinimlerini karşılayacak ya da bu gereksinimleri daha iyi bir düzeye getirecek bir bina yapmak için mevcut olan en iyi konseptleri, materyalleri, sistemleri ve teknolojileri entegre ederek bir bütün oluşturan yapılardır” olarak tanımlamaktadır [5].

Bu tanım dışında Avrupa Akıllı Bina Topluluğunun daha sık kullandığı bir tanım daha bulunmaktadır. Bu tanıma göre ise “Akıllı bir bina, bir yandan kaynakların en düşük maliyetlerle etkin yönetimini sağlayan bir yandan da kullanıcı etkinliğini en yüksek seviyeye çıkarmaya çalışan binalar olarak” tanımlanmaktadır [5].

Amerikan Akıllı Bina Enstitüsü’ne göre ise “Akıllı bir bina sistemler, strüktür, servisler ve yönetimin oluşturduğu başlıca dört elemanın optimizasyonu ve bunlar arasındaki karşılıklı ilişkilerin sağlanmasıyla üretken ve uygun maliyetli bir ortam sağlayan” binalar olarak belirtilmektedir [5].

Washington Akıllı Bina Enstitüsü ise akıllı binaları; “ Yatırım ve işletme maliyetlerinde tasarrufu, esnekliği ve teknik performansı maksimum yapmak için pek çok sistemi entegre ederek kaynakların etkili bir şekilde yönetilmesini sağlayan yapılar “olarak tanımlamaktadır [6].

Essex Akıllı Binalar Topluluğu ise bu binaları “Kullanıcı konforunu, enerji tüketimini, güvenlik ve iş verimliliğini optimize etmek amacıyla, bina ortamını özerk olarak yöneten ve bunun için bilgisayar teknolojisini kullanan binalar” olarak tanımlamaktadır [7].

Akıllı bina kavramı için genel bir tanımlama yapılamamasında akıllı binanın ülkeye, binanın bulunduğu bölgeye, kullanıcılara, sistemlere göre farklılık göstermesi etkilidir. Akıllı binalar değerlendirilirken binanın bulunduğu ortamın iklim verileri, o bölgedeki kullanıcı yoğunluğu, kullanıcının taleplerine cevap verebilme potansiyeli

incelenmektedir. Akıllı bina sistemindeki amaç etkin ve verimli bir bina tasarlamının yanı sıra kullanıcının ihtiyaçlarına cevap verebilen, konfor koşullarını sağlayabilen, güvenli, optimum bir bina yaratmaktır.

İlk olarak Amerika'da ortaya çıkan akıllı bina kavramı kısa sürede dünyanın hemen hemen her bölgesinde kullanılmaya başlanmıştır. Amerika ve Uzak Doğu'da bu konuda pek çok gelişme yaşanmasına rağmen, Avrupa bu bölgeleri geriden takip etmiştir. Bu oluşumda kullanıcı profiline etkisi büyüktür.

Akıllı bina uygulamaları daha çok enerji harcamalarının çok yüksek olduğu büyük kamu ve ofis binaları gibi kullanım alanı ve kullanıcı sayısı fazla olan binalar için öngörülmektedir.

#### **2.4 Akıllı Bina Sistemleri**

Bir binanın akıllı bir bina olarak tanımlanabilmesi için kesinlikle bina otomasyon sisteminin olması gerekmektedir. Binada enerji tüketen sistemler; ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma gibi mekanik ve elektriksel sistemlerdir. Bu sistemlerin zamanla artan fonksiyonlarından dolayı kontrolleri de zorlaşmıştır. Bilgisayar teknolojisinin gelişmesi ile bu sistemlerin kontrolünü merkezi bir bilgisayardan sağlamak olanaklı hale gelmiştir. Tüm tesisatların tek bir merkezden izlenebilme ve kumanda edilebilme olanağı, binanın özelliklerine göre sistem tasarım ve programlama yeteneği sayesinde, bina otomasyon sistemleri özellikle çok katlı veya geniş alana yayılmış binalarda kaçınılmaz hale gelmiştir. Bu anlamda akıllı bina kavramının uygulanabileceği ticari binalar;

- Ofisler
- Konferans Salonları
- Okul
- Hastahane
- Otel
- Restoran
- Toptan ve parakende satış yapan binalardır.

Bu tip binaların çalışma koşulları çok çeşitli ve fazla olduğu için, akıllı bina çalışma ömrünün her saniyesinde işletme maliyetini düşürmekte, kapsamına ve binanın yapısına göre kısa sürede maliyetini geri ödeyebilmektedir. Akıllı bina sistemlerinde

farklı kontrol sistemleri diğer bina sistemleri ile entegre şekilde bulunmaktadır. Bu sistemler;

- Bina otomasyon sistemi
- Enerji yönetimi sistemi
- Enerji kontrolü sistemi
- Merkezi kontrol ve izleme sistemi olarak sıralanabilir.

#### **2.4.1 Aktif Sistemler**

Binadaki aktif sistemler enerji tüketen ekipmanlardan oluşan mekanik ve elektriksel sistemlerdir. Isıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma, güvenlik ve haberleşme sistemlerini kapsayan aktif sistem cihazlarının seçimi, tasarımı, işletilme koşulları binanın özelliğine ve kullanım şartlarına göre farklılık gösterebilmektedir.

Günümüzde özellikle orta ve büyük ölçekli ticari binalarda bina yönetim sistemi vazgeçilmez bir unsur haline gelmiştir. Bu sistemin farklı tip binalarda uygulanmaya başlanması ile binadaki elektrik ve mekanik sistemler tek bir merkezden izlenebilme özelliği kazanarak enerji yönetim sistemi kolaylaşmıştır. Enerji yönetimi sayesinde enerji tasarrufu sağlanabilmekte ve işletme maliyetleri düşmektedir.

Aktif sistemlerin tek bir merkezden yönetilme özelliğinin sağladığı yararlar: [8]

- Bina yönetim sistemi ile otomatik çalışma için programlanmış rutin ve tekrarlayıcı fonksiyonlarla daha basit çalışma
- Yangın alarm sistemleriyle yazılım ve donanım olarak entegrasyon sayesinde HVAC sistemlerinin yangın senaryosu içerisinde daha etkin kullanımı
- Binada bulunan insanların ihtiyaçlarına ve acil durumlara daha iyi ve daha hızlı tepki verme
- Tesisin ihtiyaçlarına büyüklüğüne organizasyonuna ve genişleme ihtiyaçlarına göre programlama esnekliği
- Ekrandan komutlar ve bunu destekleyen grafik görüntülerle teknisyenin daha kısa zamanda eğitilebilmesi
- Arşivleme bakım yönetimi programları ve otomatik alarm raporlaması yardımı ile aksaklıkların ve verimsiz çalışan kısımların belirlenmesi
- Daha düşük enerji sarfiyatı

## 2.4.2 Pasif Sistemler

Akıllı binalar tasarlanırken öncelikle enerji yönetimi ile otomatik kontrol sistemleri ön planda tutulmakta, bina tasarım ve yapımının enerji verimliliğine katkısı göz ardı edilebilmektedir. Oysaki enerji korunumlu binalar için bütün sistemler bir bütün olarak değerlendirilmelidir.

Binalardaki mekanik ve elektriksel sistemler binaların pasif sistem olarak gösterdikleri enerji performansı ile doğrudan ilgilidir. Bu aşamada mimari tasarımın da önemi büyüktür.

Binanın pasif sistem olarak enerji performansını etkileyen başlıca tasarım parametreleri; [9]

- Binanın yeri,
- Binanın diğer binalara olan mesafesi ve konumlandırılış durumu,
- Binanın yönü,
- Binanın formu,
- Binayı çevreleyen kabuk elemanlarının ısı geçişini etkileyen fiziksel özellikleri,
- Güneş kontrol ve doğal havalandırma sistemleri olarak sıralanabilir.

Bu parametrelerden binanın yeri, diğer binalara göre konumu, yönü, formu ve bina kabuğu ayrı bir öneme sahiptir. Bu parametrelerin her biri enerji etkin bina tasarımında, dolayısıyla akıllı bina tasarımında önemli rol oynayan ve binanın enerji performansına etkileri birbirleriyle bağlantılı parametreler olup, her birinin değeri binanın yenilenebilir enerji kaynaklarından optimum yararlanmasını gerçekleştirecek şekilde birbirleriyle ilişkili olarak belirlenmelidir. Bu parametrelerin enerji tasarrufu açısından doğru değerleri belirlenmedikçe binadaki mekanik ve elektrik sistemlerinin otomasyonundan yeterli verim elde edilemez.

Binanın bulunduğu bölge enerji etkinliğinde çok önemli bir rol oynamaktadır. Çünkü gün ışığından yararlanma, hava sıcaklığı, nem, hava hareketi gibi iklim elemanlarının değerleri binanın bulunduğu bölgeden bölgeye değişiklik göstermektedir. Bu özelliklere göre ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma sistemlerinin özellikleri de değişmektedir.

Ayrıca, binanın şehir ya da kırsal kesimde yer almasına göre tasarımda farklılıklar olmaktadır. Soğuk iklim bölgelerinde enerji kaybeden yüzeylerin alanını minimize etmek üzere kompakt formlar; sıcak kuru iklim bölgelerinde ısı kazançlarını

minimize etmek, gölgeli ve serin yaşama alanları elde etmek açısından kompakt ve avlulu formlar; sıcak nemli iklim bölgesinde karşılıklı havalandırmaya maksimum düzeyde olanak sağlayan hâkim rüzgar doğrultusuna uzun cephesi yönlendirilmiş ince uzun formlar ve ılımlı iklim bölgelerinde mümkün olduğunca kompakt ama soğuk iklim bölgesine göre daha esnek bina formları enerji etkin tasarımda göz önünde bulundurulması gereken konular arasındadır [9].

Bina kabuğu binanın ve ısıtma sisteminin ısısal performansını etkileyen önemli bir tasarım parametresidir. U değeri dediğimiz ısı geçirme katsayısı, genlik küçültme faktörü, zaman geciktirmesi, güneş ışınımına karşı geçirgenlik, yutuculuk ve yansıtıcılık katsayıları gibi fiziksel özellikler iç çevre koşullarının oluşmasında rol oynayan önemli tasarım parametreleridir.

Bu kriterlerin dışında binanın doğal havalandırma, aydınlatma, ısıtma gibi sistemlerden yararlanabilmesi enerji tüketimini azaltmak için en etkili yöntemlerden biridir.

## **2.5 Akıllı / Yeşil Binalar**

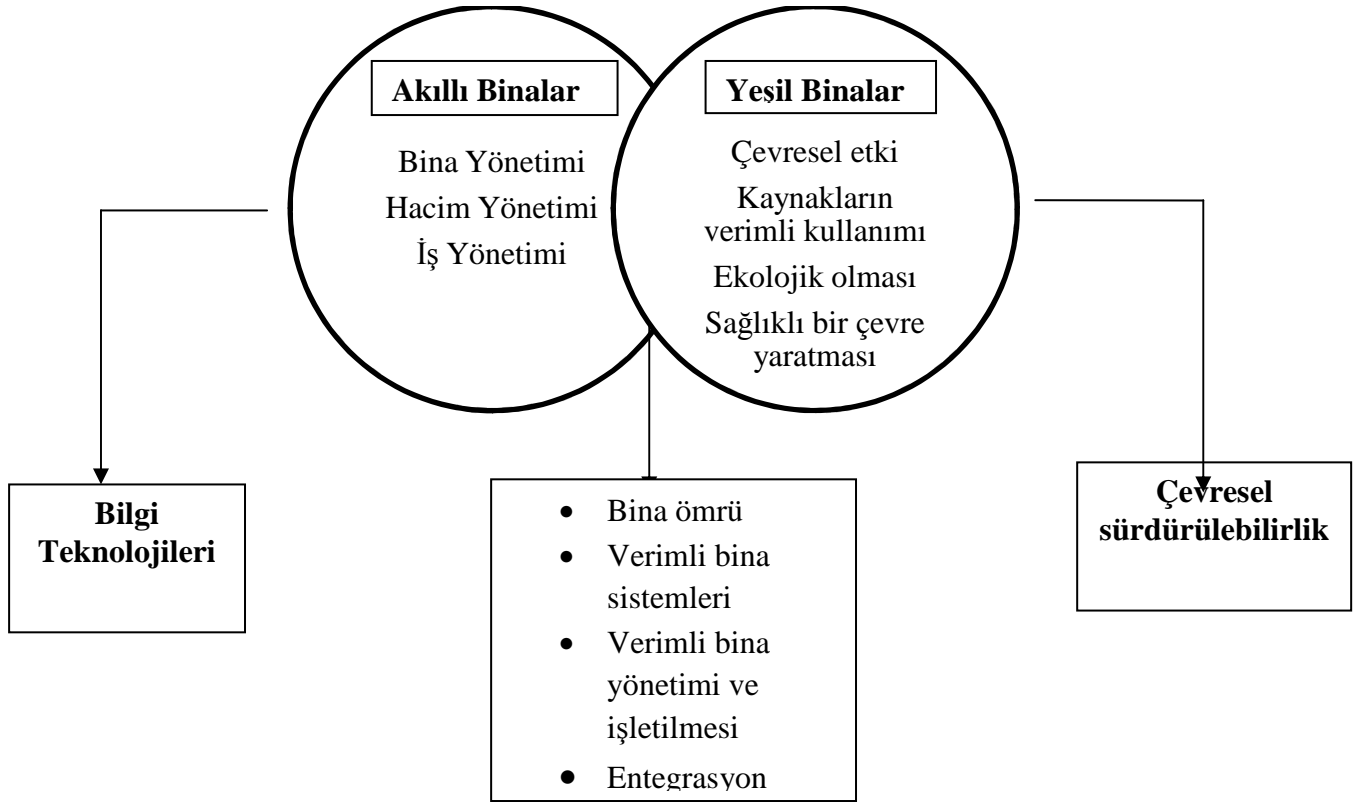
Enerji kaynak rezervlerinin sınırlı olması ve 1973 petrol krizinin de etkisi ile enerji tüketimi konusuna daha fazla önem verilmeye başlanmıştır. Enerji tüketimi ile ön plana çıkan diğer bir konu ise emisyonlar sebebi ile karbondioksit gazı salınımının artmasıdır.

Enerji tüketiminin sektörel dağılımına baktığımızda binaların karbondioksit gazının salınımı açısından çevre için tehlike oluşturan önemli sektörlerden biridir. “Enerji” kavramının daha fazla önem kazanmaya başladığı bu dönemde “Sürdürülebilirlik” kavramının da ön plana çıkması ile gelecek nesiller için hem sürekli bir enerji sağlama hem de çevreye karşı duyarlı binaların tasarlanması hedeflenmiştir.

Binalar tasarlanırken sadece mekanik sistemler olarak düşünülmemekte çevreye duyarlı ekolojik yapılar olmasına da önem verilmektedir. Doğadan elde edilen malzemelerin birçoğu yapılarda ham madde olarak kullanıldığı için enerji verimliliği ile birlikte ekolojik yapı ihtiyacı da önemli bir konuma gelmiştir.

Bu gelişmeler doğrultusunda “yeşil bina” kavramı ortaya çıkmıştır. Bu bağlamda yeşil binalar “doğal kaynakları verimli kullanabilecek şekilde tasarlanan, inşa edilen, yenilenen ve işletilen binalar” olarak tanımlanabilir.

Binalarda enerji verimliliğinin tam olarak sağlanabilmesi için, akıllı bina kavramı ile birlikte ortaya çıkan yeşil bina kavramını da beraber değerlendirmek gerekir. Bir yandan binayı, enerji tüketimini mümkün olduğunca azaltacak sistemler ile donatmak, diğer yandan ise enerji tüketiminin çevreye olan etkisini minimuma indirmek için çeşitli malzemelerden, doğal sistemlerden yararlanarak tasarlamak gerekmektedir. Bu iki kavramın birleşmesi ile “akıllı-yeşil” bina kavramı ortaya çıkmaktadır.



**Şekil 2.1:** Akıllı-Yeşil binalar arasındaki ilişki [10]

Şekil 2.1 ‘den de görüldüğü üzere binalarda enerji verimliliğini sağlamak için akıllı ve yeşil binaları birlikte değerlendirmek gereklidir. Bilgi teknolojilerinin yoğun olarak kullanıldığı değişken hız sürücüler, havalandırma için değişken hava hacimli sistemler, ısı değiştiricileri, kojenerasyon sistemleri gibi sadece aktif sistemler üzerinde durulmamalı, pasif sistemler olan bina kabuğu, binanın yönü, gölgeme sistemleri gibi konulara da önem verilmelidir.

Enerji tasarrufu sağlayabilmek için bina daha tasarım aşamasında iken mimari boyutlar düşünülerek çeşitli önlemler alınmalıdır. İklim şartları ile uyumlu, doğal

havalandırma, aydınlatma gibi doğa özelliklerinden yararlanabilen binaların tasarlanması ile enerji tüketimi ve  $CO_2$  salınım miktarı azalabilecektir.

Sonuç olarak, bir binanın akıllı bir bina olarak adlandırılabilmesi için ekolojik özellikleri de sağlaması gerekmektedir. Enerji kaynağı kullanılırken fosil yakıtlardan mümkün olduğu ölçüde kaçınılmalı, temiz enerji kaynaklarına yönelmeli ve dışarıya minimum bağımlı olarak yani kendi enerjisini kendi üreten binalar geliştirilmelidir. Bunun yanı sıra bilgi teknolojilerini yoğun olarak kullanan otomasyon sistemleri kullanılmalı, binalar kullanıcının ihtiyaçlarına cevap verebilecek düzeyde sistemler ile donatılmalıdır.

## **2.6 Akıllılık / Verimlilik İlişkisi**

Akıllı binalar ile enerji verimliliği arasında çok önemli bir ilişki bulunmaktadır. Önceki konularda anlatılanları da göz önünde bulundurarak “akıllı bir binanın amacının enerjinin verimli kullanılmasını sağlamak” olduğunu söyleyebiliriz. Verimlilik en düşük düzeyde girdi ile en üst düzeyde çıktı sağlanması olarak tanımlanabilir. Bina tipine göre kullanım amaçları farklı olmasına rağmen, minimum maliyetle tasarlanan, enerjiyi verimli kullanan ve bunu yaparken de fosil enerji kaynaklarından daha çok doğal enerji kaynaklarını kullanan binalar “verimli” olarak tanımlanabilir.

Akıllı bina, verimli bir enerji yönetim sistemi ile kullanıcının güvenliğini, ihtiyaçlarını, konfor koşullarından ödün vermeden minimum enerji tüketerek sağlamalıdır. Bu nedenle binalarda, bina otomasyon sisteminin bulunması binalarda verimliliği sağlamak için en önemli parametredir.

Binadardaki enerji tüketen sistemler kazan, soğutma grubu, klima santralleri, pompalar, eşanjörler, vav kutuları, aydınlatma, gibi sistemlerdir. Bu sistemler arasında entegrasyon, bilgi alışverişi yaratılarak binalarda enerji verimliliği sağlanabilmektedir. Günümüzde bu sistemler için ayrı bilgisayarlar kullanılması yerine hepsinin entegrasyonu sağlanarak tek bir bilgisayar altında toplanması arzu edilmektedir. Bilgi teknolojilerinin hızla gelişmesi ile, bu kavram da ilerleme kaydetmiş, artık entegrasyon sadece sistemler bazında değil, bina otomasyonu tarafından bilgi alınan veya yönetilen cihazlarla sağlanabilmekte ve cihazlar birbirleri ile haberleşebilmektedir. Örneğin bina otomasyonu ile yangın alarm sistemi arasında



bir entegrasyon sağlandığında, yangın alarm sistemi gelecek yangın alarm bilgilerine ve yangın senaryosuna göre bazı fanların durdurulmasını veya çalıştırılmasını bazı yangın duman damperlerinin açılıp kapatılmasını yaparken bina otomasyon sistemi ile haberleşerek bu bilgileri ona aktarmalıdır. Bu şekilde kontrol fonksiyonlarına ve otomasyona sahip bir binada enerji verimliliği de sağlamak mümkündür.

### **3. BİNALAR İLE İLGİLİ YASAL MEVZUATLAR**

#### **3.1 Binalarda Enerji Performans Direktifi**

Yapı sektöründe enerji ekonomisi çalışmaları 1973 petrol krizinin de etkisiyle bütün dünyada önem kazanmaya başlamış ve bu konuyla ilgili standartlar ve yönetmelikler hazırlanmıştır. Yapılan ilk çalışmalarda binalar sadece “ısı tasarrufu” ele alınarak değerlendirilmiş fakat 2000’li yıllardan itibaren “sürdürülebilirlik” kavramının da ön plana çıkmasıyla farklı yaklaşımlar göz önüne alınarak değerlendirilmeye başlanmıştır.

Avrupa Birliği, Kyoto Protokolünün bir sonucu olarak, ilk taahhüt periyodu olan 2008-2012 yılları arasındaki toplam sera gazı emisyonunu 1990 yılındaki seviyenin altına düşürmek için anlaşmıştır [11]. Bu doğrultuda, Avrupa Komisyonu 2000 yılında Avrupa İklim Değişikliği Programını (ECCP) başlatmıştır. Bu program ile Kyoto Protokolünün yükümlülüklerinin uygulanmasını sağlayacak bir topluluk oluşturulması amaçlanmaktadır [12].

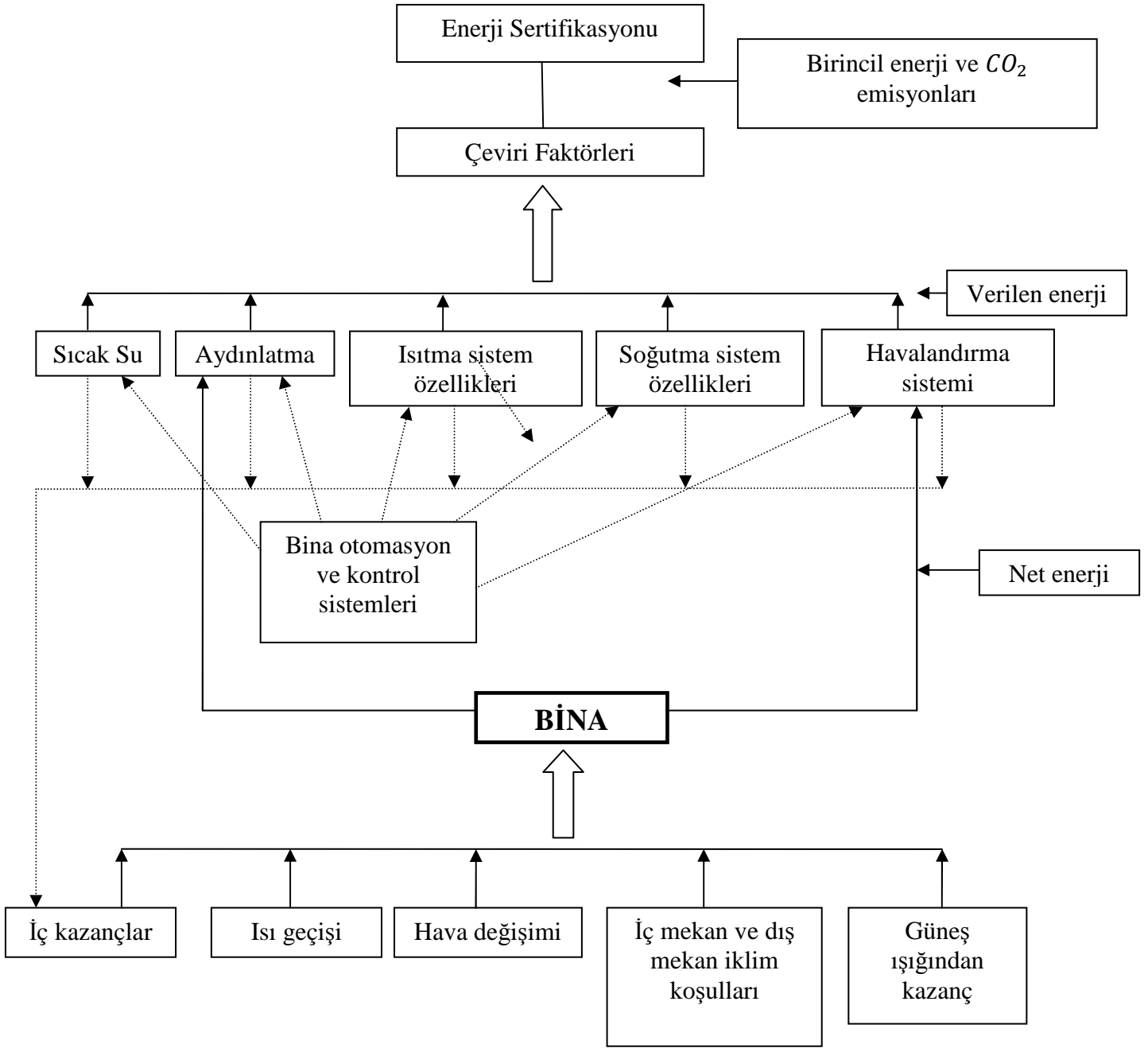
İlk ECCP raporu içinde sera gazı emisyonunun azaltılması için uygun maliyetli önlemler belirlenmiş, kamu düzeyinde öncelikli olarak yapılması gerekenler listelenmiştir. Bu önceliklerin içinde binaların enerji performansının geliştirilmesi önemli bir yer tutmaktadır.

Konutlar ve ticari binalar, Avrupa’daki toplam birincil enerji tüketiminin yaklaşık yüzde % 40’ını, CO<sub>2</sub> salınımının ise yaklaşık %36’sını oluşturmaktadır. Kyoto Protokolüne göre karbondioksit salınımını azaltmayı hedeflemiş olan Avrupa Birliği bu hedef doğrultusunda Binalarda Enerji Performansı Direktifini (2002/91/EC) hazırlamıştır. Bu direktif, AB’nin daha önce yayımlamış olduğu Sıcak Su Kazanları Direktifi (92/42/EEC), Yapı Malzemeleri Direktifi (89/106/EEC) ve enerji verimliliğini artırarak karbondioksit salınımını sınırlamayı amaçlayan SAVE Direktifi’nin (93/76/EEC) bir devamı niteliğinde görülebilir [13].

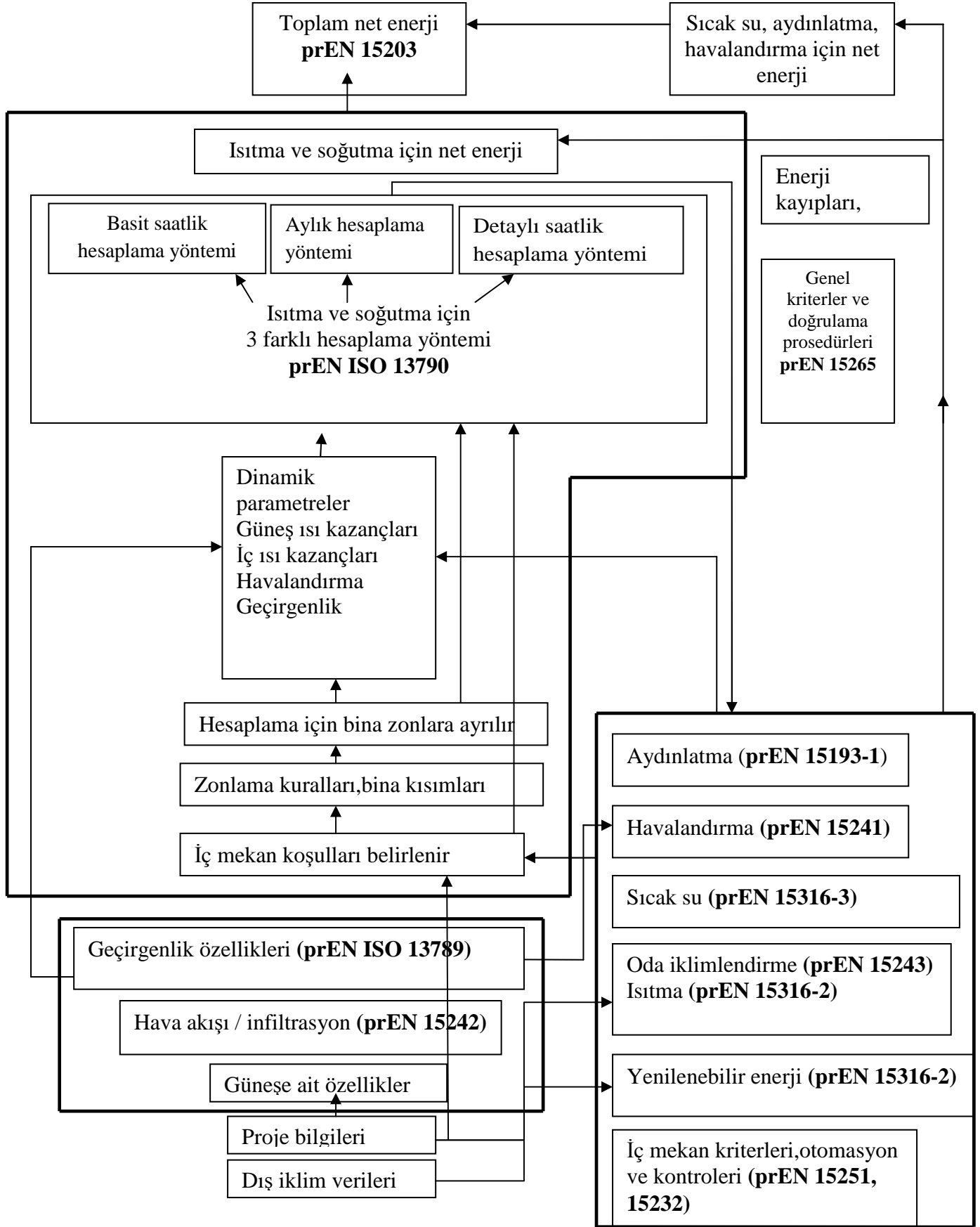
4 Ocak 2003 tarihinde yürürlüğe giren Binalarda Enerji Performansı Direktifi Avrupa'da hem mevcut hem de yeni yapılacak binalarda enerjinin daha verimli kullanılmasını sağlamayı amaçlamaktadır. Tüm bu düzenlemeler sonucunda binalardaki mevcut enerji tüketiminde 2010 yılı itibariyle %22'lik tasarruf sağlanabileceği ve karbondioksit salınımında ise 45 milyon tonluk bir düşüş elde edilebileceği belirtilmektedir.

Binalarda Enerji Performansı Direktifi, binaların enerji performansını belirleyecek yöntemleri; binanın ısı ve hava sızdırmazlık özelliklerini, doğal havalandırmayı, ısıtma soğutma ekipmanlarını, izolasyon ve ısı köprü karakteristiğini, aydınlatmayı ve iç ortam koşullarını tanımlamasını şart koşmaktadır.

Bu direktife göre bir binanın enerji performansının hesaplanabilmesi için gerekli olan hesaplama şeması Şekil 3.1'de verildiği gibidir. Bu hesaplama şemasında binanın enerji performansını etkileyen faktörler ve sistemler gösterilmektedir. Şekil 3.2'de ise binanın enerji performansını etkileyen faktörler detaylı bir şekilde verilerek, ilgili sistem için hangi Avrupa Standartlarına bakılması gerektiği üzerine de bilgiler verilmektedir. Bu şemalardan anlaşılacağı üzere bir binanın enerji performansının hesaplanabilmesi için iklim verilerinden, yalıtım özelliklerine kadar binayı oluşturan bütün iç ve dış parametrelerin etkisi hesaba katılmalıdır.



Şekil 3.1: Enerji Performansının belirlenmesi için hesaplama şeması [14]



Şekil 3.2: Detaylı hesaplama şeması [14]

### 3.2 Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği

Türkiye, Avrupa Birliği'ne üyelik sürecinde mevzuatını Binalarda Enerji Performans Direktifinin öngördüğü şekilde revize etmektedir. Bu kapsamda ilk önce 18/04/2007 tarihinde, 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu [15] yürürlüğe girmiş ve bu kanun çerçevesinde Bayındırlık ve İskân Bakanlığı tarafından Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği[13] yayımlanmıştır. Bu yönetmeliğin amacı, binalarda enerjinin ve enerji kaynaklarının etkin ve verimli kullanılmasına, enerji israfının önlenmesine ve çevrenin korunmasına ilişkin usul ve esasları düzenlemektir.

Bu yönetmelik, mevcut ve yeni yapılacak binalarda; [16]

- a) Mimari tasarım, mekanik tesisat, aydınlatma, elektrik tesisatı gibi binanın enerji kullanımını ilgilendiren konularda bina projelerinin ve enerji kimlik belgesinin hazırlanmasına ve uygulanmasına ilişkin hesaplama metotlarına, standartlara, yöntemlere ve asgari performans kriterlerine,
- b) Enerji kimlik belgesi düzenlenmesi, bina kontrolleri ve denetim faaliyetleri için yetkilendirmelere,
- c) Enerji ihtiyacının, kojenerasyon sistemi ve yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanmasına,
- ç) Ülke genelindeki bina envanterinin oluşturulmasına ve güncel tutulmasına, toplumdaki enerji kültürü ve verimlilik bilincinin geliştirilmesine yönelik eğitim ve bilinçlendirme faaliyetlerine,
- d) Korunması gerekli kültür varlığı olarak tescil edilen binalarda, enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik önlemler ve uygulamalar ile ilgili, Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulunun görüşünün alınarak bu görüş doğrultusunda yapının özelliğini ve dış görüntüsünü etkilemeyecek biçimde enerji verimliliğini artırıcı uygulamaların yapılmasına ilişkin iş ve işlemleri kapsar.

Bu yönetmeliğe göre “Sanayi alanlarında üretim faaliyetleri yürütülen binalar, planlanan kullanım süresi iki yıldan az olan binalar, toplam kullanım alanı 50 m<sup>2</sup>'nin altında olan binalar, seralar, atölyeler ve münferit olarak inşa edilen ve ısıtılmasına ve soğutulmasına gerek duyulmayan depo, cephanelik, ardiye, ahır, ağıl gibi binalar “ bu yönetmeliğin kapsamı dışındadır.

### **3.2.1 Binalarda Enerji Performans Yönetmeliğine Göre Bina Sistemleri ve Otomatik Kontrol Yöntemleri**

Binalar için hazırlanan yasal düzenlemeler binaların enerji verimliliği konusunu ön plana çıkararak gerçek tasarruf potansiyellerinin belirlenmesini sağlamaktadır. Tasarruf potansiyelleri yalıtım, sistem cihazlarının verimli seçilmesi, ihtiyaç duyulan enerjinin gerektiği kadar üretimi, kayıpların azaltılması gibi birçok konuyu kapsamaktadır. Bu potansiyellerin tam etkili olabilmesi için kontrol teknolojisinin kullanılması şarttır. Örneğin güneş ısıısına karşı, çok güçlü güneş ışınlarında otomatik olarak gölgelendirme görevini sağlayan güneşlikler ile binanın soğutma yükü azaltılabilmektedir. Uygun bir şekilde ayarlanmış otomatik kontrol sistemleri ile bütün alanlarda kayda değer bir tasarruf potansiyeli elde edilebilmektedir.

Binalarda Enerji Performans Yönetmeliğine göre 10.000  $m^2$ 'nin üzerinde olan ve merkezi ısıtma, soğutma, iklimlendirme ve aydınlatma sistemleri birlikte bulunan binalarda bilgisayar kontrollü bina otomasyon sistemi kurulmak zorundadır. Yeni yapılacak binalarda ise aydınlatma, ısıtma, soğutma ve sıhhi sıcak su ihtiyacı için kullanılan enerjilerin ayrı ayrı ölçülmesine olanak sağlayacak tasarımlar yapılmalı ve buna uygun ölçüm ve izleme sistemleri tesis edilmelidir [16].

Binalarda Enerji Performans Yönetmeliğinde tanımlanan bina sistemleri ve otomatik kontrol sisteminin özellikleri aşağıda açıklanmaktadır.

#### **3.2.1.1 Isıtma Sistemi**

Binalarda Enerji Performans Yönetmeliğine göre ısıtma sistemi tasarım hesapları TS 2164 standardına göre yapılmaktadır. Isıtma sistemi için toplam kullanım alanı 2000  $m^2$  den büyük olan binalar için merkezi ısıtma sisteminin olması zorunludur. Merkezi ısıtma sistemine sahip olan binaların bağımsız bölümlerindeki hacimlerde sıcaklık kontrol cihazları ile ısı merkezinde iç ve/veya dış hava sıcaklığına bağlı kontrol cihazları kullanılacaktır. Binanın her odanın sıcaklığını, ayrı ayrı düzenleyecek otomatik cihazlarla donatılması gerekmektedir. Ayarlanılan set değeri, otomatik kontrol sistemi ile edilmektedir. Sıcaklık kontrol cihazlarının kullanılması durumunda, ısıtma tesisatı pompa grupları zamana, basınca veya akışkan debisine göre değişken devirli seçilmektedir. Ayrıca, sıvı ve gaz yakıt kullanan kazanlarda da yanma kontrolü için otomatik kontrol sistemi yapılmalıdır.

### **3.2.1.2 Soğutma Sistemi**

Soğutma ihtiyacı 250 kW'dan büyük olan konut dışı binalarda merkezi soğutma sistemi tasarımları gerçekleştirilecektir. Soğutma sisteminin tasarımında seçilecek olan soğutucu akışkan TS EN 378 standardına uygun olarak seçilmektedir. Merkezi soğutma sistemine sahip binalar, her odanın sıcaklığını ayrı ayrı düzenleyecek otomatik cihazlarla donatılmalıdır.

### **3.2.1.3 Havalandırma ve İklimlendirme Sistemi**

Havalandırma ve iklimlendirme sistemleri tasarımında TS 3419 ve ilgili Avrupa standartlarına, binalardaki ısı konfor memnuniyetinin ve enerji performansının artırılması için gerekli kriterleri içeren EN 7730 ve TS 2164 standartlarına, klima santrallerinin sızıntı, ısı köprüsü ve ısı transfer katsayısının EN 1886 standardına uygun olması gerekmektedir.

Havalandırma sisteminde enerji verimliliğinin sağlanması için mekanın her zaman minimum iç hava kalitesini sağlayacak şekilde kontrol sistem ekipmanları ile donatılması gerekmektedir. Bir mekandaki kullanıcı sayısı sabit olmadığı için kullanıcı değişimine göre iklimlendirme sistemleri değişken hava debisi kontrolü yapabilecek şekilde olmalıdır ve sisteme bağlı fanların değişken debili olması sağlanmalıdır.

İklimlendirme sistemlerinde oda sıcaklığı ayar düzenekleri kullanılmaktadır. Sürekli kullanılmayan bölümler, diğer bölümlerde olduğu gibi yüksek derecelere kadar ısıtılmamalı, konfor koşullarını sağlayacak ölçüde minimum dereceye ayarlanmalıdır. Merkezi iklimlendirme sistemi olan binalarda, ayarlanan değerleri kontrol edecek otomatik kontrol sistemi bulunması şarttır. Ticari binalarda bu cihazların, ayar değerlerine çekilmesinin yanında zamana göre de kontrol edilebilmesi gerekmektedir.

### **3.2.1.4 Sıcak Su Sistemi**

Binalarda sıhhi sıcak su sistemlerinin düzenlenmesi konusunda TS EN 14336 standardına uyulmalı, yıllık enerji ihtiyacının belirlenmesi için gerekli hesaplamalar da prEN 15316-3-1'da verildiği şekilde yapılmalıdır.

Sıhhi sıcak su tesislerinde kullanılacak olan sirkülasyon pompaları, otomatik çalışmayı sağlayacak cihazlarla donatılacaktır.



Merkezi ısıtma sistemine sahip ticari olmayan binalardaki cihazlar, en az gidiş suyu kontrolü ve dış hava kompanzasyonu yapacak otomatik kontrol sistemli olacaktır.

### **3.2.1.5 Aydınlatma Sistemi**

Binanın toplam enerji tüketimi içerisindeki aydınlatma enerjisi payının hesaplanmasında EN15193 standardında verilen hesap yöntemi kullanılmaktadır.

Binalarda gün ışığından azami derecede faydalanmak ve yapay aydınlatmayı asgari ölçülerde kullanmak gerekmektedir. Konut olarak kullanılan binalar hariç olmak üzere diğer binalarda, aydınlatma kontrolü zamana, gün ışığına ve kullanıma göre yapılmalıdır. Çalışma saatleri boyunca sürekli aydınlatma gerektiren binalarda zaman ayarlı veya gün ışığı ile bağlantılı foto elektrikli anahtarlar kullanılırken, fazla ışık ihtiyacının olmadığı yerlerde ise varlık sensörleri ya da zaman ayarlı cihazlar kullanılarak yapay aydınlatmadan kaçınılmalıdır. Mekana özel sistemlerin ve cihazların tasarımı ile gereksiz kullanımların önüne geçilmesi gerekmektedir.

Çok özel bir durum olmadığı sürece akkor flamanlı lambaların kullanılmaması, renk algılamının önemli olmadığı ortamlarda A ve B sınıfı elektronik balastlı flüoresan, kompakt flüoresan veya dış ortamlarda ise yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların tercih edilmesi gerekmektedir. Merdiven boşluklarında, tuvalet, lavabo, koridor gibi mekanlarda sensörlü lambaların kullanılması binalarda elektrik enerjisinin verimli kullanılmasını sağlamaktadır. Ayrıca, ticari binaların elektrik sistemlerinde yönetmeliklere uygun olarak merkezi ve/veya lokal düzeyde güç kompanzasyonu yapılması da gerekmektedir.

### **3.2.1.6 Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Isı Pompası, Kojenerasyon ve Mikrokojenerasyon Sistemleri**

Yeni yapılacak olan kullanım alanı  $20.000 m^2$ 'nin üzerinde olan binalarda ısıtma, soğutma, havalandırma, sıhhi sıcak su, elektrik ve aydınlatma enerjisi ihtiyaçlarının tamamen veya kısmen karşılanması amacıyla, yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı, hava, toprak veya su kaynaklı ısı pompası, kojenerasyon ve mikrokojenerasyon gibi sistem çözümleri tasarımcılar tarafından projelendirme aşamasında analiz edilir. Bu uygulamalardan biri veya birkaçının, Bakanlık tarafından yayımlanan birim fiyatlar esas alınmak suretiyle hesaplanan binanın toplam maliyetinin yüzde onundan az olması durumunda gerçekleştirilmesi öngörülmektedir.

### 3.2.2 Enerji Kimlik Belgesi

5 Aralık 2008 tarihinde yayımlanan Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, bazı maddeleri değiştirilerek 1 Nisan 2010 da yeniden yayımlanmıştır. Bu yönetmelik 2000  $m^2$  den büyük mevcut binaların enerji kimlik belgesi almasını yasal olarak zorunlu kılmaktadır. Binaların enerji kimlik belgesi alabilmesi için enerji performanslarının hesaplanması gerekmektedir. Enerji Kimlik Belgesi düzenlenirken Bakanlık tarafından tebliğ ile yayımlanan hesaplama yöntemi kullanılır [17]. Bu hesaplamadaki amaç, binanın enerji tüketimine etki eden tüm parametrelerin binaların enerji verimliliğine etkisini değerlendirmek ve binanın enerji performans sınıfını belirlemektir. Enerji Kimlik Belgesinin bir nüshası bina sahibi, yöneticisi, yönetim kurulu ve/veya enerji yöneticisine muhafaza edilir, bir nüshası da bina girişinde rahatlıkla görülebilecek bir yerde asılı bulundurulur. Enerji Kimlik Belgesi düzenleme tarihinden itibaren 10 yıl süre ile geçerlidir.

#### 3.2.2.1 Enerji Kimlik Belgesinde Bulunması Gereken Bilgiler

Binanın enerji ihtiyacı, yalıtım özellikleri, ısıtma ve/veya soğutma sistemlerinin verimi/etkenliği ve binanın enerji tüketim sınıflandırması ile ilgili bilgilerle birlikte; [17]

- a) Bina ile ilgili genel bilgiler,
- b) Düzenleme ve düzenleyen bilgileri,
- c) Binanın kullanım alanı ( $m^2$ ),
- ç) Binanın kullanım amacı,
- d) Binanın ısıtılması, soğutulması, iklimlendirmesi, havalandırması ve sıhhi sıcak su temini için kullanılan enerjinin miktarı (kWh/yıl),
- e) Tüketilen her bir enerji türüne göre yıllık birincil enerji miktarı (kWh/yıl),
- f) Binaların kullanım alanı başına düşen yıllık birincil enerji tüketiminin, A ile G arasında değişen bir referans ölçeğine göre sınıflandırılması,
- g) Nihai enerji tüketiminin oluşturduğu sera gazlarının kullanım alanı başına yıllık miktarı ( $kg CO_2/ m^2$ -yıl),
- ğ) Binaların kullanım alanı başına düşen yıllık sera gazı salınımının, A ile G arasında değişen bir referans ölçeğine göre sınıflandırılması ( $kg CO_2/ m^2$ -yıl),
- h) Binanın aydınlatma enerjisi tüketim değeri,
- ı) Birincil enerji tüketimine göre enerji sınıfı,

- i) Nihai enerji tüketimine göre,  $CO_2$  salınımı sınıfı,
- j) Binanın yenilenebilir enerji kullanım oranı

gibi verilerin bulundurulması gerekmektedir.

### **3.2.2.2 Enerji Kimlik Belgesi Vermeye Yetkili Kuruluşlar**

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından 10/06/2010 tarihinde yayımlanan “Enerji Kimlik Belgesi Uzmanlarına ve eğitici kuruluşlara verilecek eğitimlere” dair tebliğ’e göre eğitici kuruluşlar ilk önce eğitim verme yetkisi alabilmek için Bakanlığa başvururlar. Bakanlık eğitici kurumlara eğitim verdikten sonra, eğitici kurumlar Enerji Kimlik Belgesi Uzmanı eğitimlerine başlamaktadır. Enerji kimlik belgesi düzenleme yetkisine sahip olmak için mühendis ya da mimar olma şartı aranır. Yapılan eğitimler sonunda Bakanlık tarafından yapılacak veya yaptırılacak sınavda yüz üzerinden en az yetmiş puan alanlara enerji kimlik belgesi düzenlemek için yetki belgesi verilmektedir. Alınan yetki belgesinin geçerlilik süresi 10 yıldır. Bu sürenin bitiminde eğitime katılmaksızın, yeniden sınava girilerek başarılı olma durumunda yetki belgesi yenilenir. Bakanlık, eğitimi tamamlamış ve sınavdan başarılı şekilde geçen Enerji Kimlik Belgesi (EKB) uzmanlarına, kişiye özgü kullanıcı adı ve şifre verir. Enerji kimlik belgesi BEP-TR yazılımı kullanılmak suretiyle hazırlanır.

### **3.2.3 Enerji Performansının Hesaplanması**

EN ISO 13790 “ Binaların Enerji Performansı – Isıtma ve Soğutma enerji tüketimi hesaplamaları “ standardı, binaların ısıtılması ve soğutulması için net enerji miktarının hesaplanmasında üç yöntem tanımlamaktadır [18].

1. Aylık / mevsimsel statik hesaplama yöntemi
2. Basit saatlik dinamik hesaplama yöntemi,
3. Detaylı dinamik hesaplama yöntemi,

#### **3.2.3.1 Aylık / Mevsimsel Statik Hesaplama Yöntemi**

Statik hesaplama yönteminde, ısıtma ve soğutma için enerji ihtiyacı aylık ya da mevsimsel olarak hesaplanmaktadır. Ülkemizde 2000 yılında yürürlüğe giren TS 825 ısı yalıtım standardı statik hesaplama yöntemine göre binanın ısı ihtiyacını hesaplamaktadır. Bu hesaplama yönteminde, Türkiye 4 iklim bölgesine ayrılmakta ve bu iklim bölgelerinin aylık ortalama meteorolojik verileri kullanılmaktadır [18].

Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı, toplam kayıplardan güneş enerjisi kazançları ve iç kazançlar çıkartılarak hesaplanmaktadır. Bu kazançlar fayda faktörü düzeltmesi ile aylık olarak hesaplanmaktadır. Kullanılan aylık değerler binanın bulunduğu konuma ait olmayıp, o iklim bölgesinin ortalama değerleridir. Binayı tek bir bölge olarak kabul etmekte ve sürekli ısıtma rejimi uygulamaktadır. Soğutma amaçlı enerji ihtiyacı hesabı ise EN ISO 13791'e göre yapılmaktadır. Isı yalıtımı için yeterli bir standart olmasına rağmen binanın gerçek ısıl davranışını hesaba katmadığından yıllık enerji tüketimini belirlemek için uygun değildir. Ortalama bir enerji tüketim değeri sunduğundan özellikle geçiş mevsimlerinde hata payı yüksektir.

### **3.2.3.2 Basit Saatlik Dinamik Hesaplama Yöntemi**

Basit saatlik hesaplama yönteminde, binanın ısıtma ve soğutma tüketimleri saatlik iklim verileri ve zaman çizelgeleri kullanılarak hesaplanmaktadır.

Isıl girişkenlik yöntemi, CIBSE (Chartered Institution of Building Services Engineers) İngiltere tarafından geliştirilmiş basit saatlik dinamik bir yöntemdir [20].

Bu yöntemin ön gördüğü kabuller ;

1. Sol – air yaklaşımı (iletimle gerçekleşen ısı kaybı-kazancı hesaplanırken opak elemanların dış yüzey sıcaklığının, o yüzeye düşen güneş radyasyonunun sıcaklığını arttırıcı etkisi göz önüne alınarak hesaplanması),
2. İç kazançların radyasyon – taşınım bileşenlerine ayrılması (2/3 radyasyon, 1/3 taşınım)

Bu hesaplama yönteminde, RC (direnc-kapasite) modeli ile binanın saatlik ısıl davranışı gerçeğe yakın bir şekilde yansıtılabilmektedir. Binanın ısıtma ve soğutma yükü iki adımda hesaplanmaktadır. İlk adımda çevresel sıcaklık, iç hava sıcaklığı, ve dış hava sıcaklığının ısıl dirençlerle ve ısıl yüklerle olan ilişkisi günlük ortalama değerler kullanılarak oluşturulmaktadır. İkinci adımda ise saatlik bazda günlük ortalama sapan havalandırma, dış sıcaklık, iç kazançlar gibi parametrelerin ısı kayıp-kazancına etkisi belirlenmektedir. Bu yöntemde TS 825 standardında ihmal edilen ısıl kütle etkisi de göz önüne alınarak hesaplamalar yapılmaktadır.

### **3.2.3.3 Detaylı Dinamik Hesaplama Yöntemi**

EN ISO 13790 standardında detaylı dinamik hesaplama yöntemi ile ilgili yalnızca genel bilgiler bulunmaktadır. Bu yöntemde HVAC (ısıtma-soğutma-iklimlendirme)

sistemleri, ısı kütlesi, doğal havalandırma, güneş kazançları ve iç kazançlar, detaylı bir şekilde analiz edilmektedir. ASHRAE (The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) ısı denge hesaplama yöntemi Amerikada geliştirilen detaylı dinamik bir yöntemdir. Bu yöntemde her bir durum dikkate alınarak çok kapsamlı hesaplamalar yapılmaktadır. Örneğin dış duvar için ısı dengeyi hesaplarken güneş kazançları ile uzun dalga radyasyonu ayrı ayrı ele alınmakta ya da duvarda depolanan ısı miktarı dahi hesaplanabilmektedir. Bu şekilde detaylı analiz yapılabildiği için dolaylı gerçeğe en yakın sonuçlar verilerek enerji ihtiyacını hesaplamaktadır. Diğer bir yandan bu şekilde detaylı bir analiz bina enerji sertifikasyonu için çok pratik bir yöntem olmamaktadır.

### **3.2.3.4 BEP-TR Hesaplama Yöntemi**

Türkiye, Avrupa Birliği yasalarına uyum sürecinde Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından “Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği”ni yayımlamış ve bu yönetmelikte belirtildiği gibi “binalara enerji kimlik belgesi verilmesinde kullanılacak ulusal hesaplama yöntemi” için de çalışmalara başlamıştır. 1 Temmuz 2010 da uygulamaya geçmesi planlanan binalara enerji kimlik belgesi verilmesi işlemi 1 Ocak 2011 tarihine ertelenmiştir.

Türkiye, binalara enerji kimlik belgesi verilmesi için Avrupa Birliği standartları ile uyumlu olarak BEP-TR yazılımını geliştirmiştir. Bu yazılım geliştirilirken öncelikli olarak Avrupa Birliği Standartları ve ulusal değerler için Türk standartlarından yararlanılmış ve ikisinin de yetersiz olduğu durumlarda ise ASHRAE standartları esas alınmıştır.

Bina enerji performansı hesaplama yöntemi sayesinde binanın enerji tüketimine etki eden parametrelerin enerji verimliliğine etkisi değerlendirilebilmekte ve enerji performans sınıfı belirlenmektedir. Hesaplama yöntemi konutlar, oteller, alışveriş ve ticaret merkezleri, sağlık binaları, ofisler, eğitim binaları gibi mevcut ve yeni binaların enerji performansını değerlendirmek için kullanılacaktır. Konutlar değerlendirilirken müstakil konut, apartman ya da rezidans olarak ayırım yapılması da gerekecektir.

Bu hesaplama yöntemi;

- Binaların ısıtılması ve soğutulması için binanın ihtiyacı olan net enerji miktarının hesaplanmasını,

- Sistem kayıplarını ve kazançlarını da dikkate alarak binanın toplam ısıtma-soğutma enerji tüketiminin belirlenmesini,
- Sıhhi sıcak su için gerekli enerji tüketiminin hesaplanmasını,
- Havalandırma enerjisi tüketiminin belirlenmesini,
- Güneş ışığı etkileri de göz önüne alınarak binanın aydınlatma enerji ihtiyacının hesaplanmasını kapsamaktadır.

Toplam enerji tüketimi hesaplandıktan sonra gerekli dönüşüm katsayıları kullanılarak binanın enerji sınıfı ve  $CO_2$  salınım sınıfı belirlenmektedir.

BEP-TR, EN ISO 13790 standardında belirtilen 3 yöntemden basit saatlik hesaplama yöntemine göre oluşturulmuştur. Saatlik hesaplama yöntemine göre binanın net enerji ihtiyacını hesaplamak için gerekli olan veriler;

- İklim verileri
- Bina geometrisi
- Binanın havalandırılması ve ısı özellikler
- İç kazançlar ve güneş enerjisi kazançlarına bağlı özellikler
- Bina malzemeleri ve bina bileşenlerinin tanımı
- Binaya bağlı iç konfor şartları
- Bina topolojisine bağlı zonlama yöntemleri

2002 yılında yayımlanan Binalarda Enerji Performans Direktifi'ne göre her Avrupa ülkesi bu yönergeyi kendi ulusal durumlarını, standartlarını göz önüne olarak uyarlamaya başlamıştır. Aylık statik hesaplama yöntemi kullanan özellikle Kuzey Avrupa ülkelerinde soğutma ihtiyacının olmadığı için bu yöntem makul olmakla birlikte, benzer yazılım programlarının güney Avrupa ülkelerinde kullanılması sorun yaratmaktadır.

Ülkemizde hem soğutma hem de ısıtma ihtiyacı bölgeden bölgeye göre çok farklı değişiklikler gösterdiğinden basit saatlik hesaplama yönteminin kullanılması makul çok uygun bir yaklaşım olarak gözükmemektedir. Tek bölge olarak binayı değerlendiren bu yöntemin kompleks yapı binalara uygulanması mümkün olmayacaktır. Ayrıca, ticari binalar gibi aynı anda hem ısıtma hem de soğutma gerektiren kompleks yapı binalar için aylık hesaplama yöntemi ile net enerji değerlerine ulaşmak da olası değildir.

#### **4. EN 15232 BİNA OTOMASYON VE KONTROL SİSTEMİNİN BİNANIN ENERJİ VERİMLİLİĞİNE ETKİSİ**

Avrupa Birliği, binaların enerji verimliliğini hesaplamak ve bunun çevre üzerindeki etkisi hakkında bir tahmin geliştirmek için Avrupa Norm Komisyonu'nu görevlendirmiştir. Bu komisyon, EPBD ile ilgili düzenlemeleri ve yöntemleri formüle ederek Avrupa çapında geçerli tek tip bir standart oluşturmaya çalışmıştır.

Hazırlanan yönetmelikler, test ve sertifikalandırma yöntemleri ile enerji etkinliğinin somut olarak kanıtlanmasını gerektirmektedir. Standartlaştırma, test süreçleri ve sertifikalandırma EPBD'nin taleplerine uygun olarak mümkün olduğunca şeffaf ve adil bir şekilde yürürlüğe koyabilmek için bina otomasyonu konusunda önde gelen firmalar kısaca eu.bac olarak simgelenen Avrupa Bina Otomasyonu ve Kontrolleri Birliğini kurmuşlardır. Bu birlik, enerji etkinliği sağlayan ürünlerin test edilmesini, test edilen ürünlerin minimum standartlara uygun olup olmadığının kontrol edilmesini, ürünlerin sertifikalandırılmasını sağlayarak, tüm ülkelerde geçerli bir güvence oluşturmak amaçlıdır.

Bu amaç doğrultusunda Avrupa Norm Komisyonu, bina otomasyonu ve kontrol sisteminin enerji etkinliği üzerindeki etkisini tanımlayan 'EN 15232: Binaların Enerji Performansı-Bina Otomasyonu Kontrolü ve Bina Yönetiminin Tahmin Edilen Sonuçları'adı altında bir standart hazırlamıştır. Temmuz 2007 de kabul edilen EN15232 standardı bina otomasyonuna, bina yönetimine ve bina enerji performansına yönelik düzenlemeleri kapsamaktadır. Ayrıca bu standart enerji verimliliğinin hesaplanması için, farklı tipteki binalardaki kullanıcı profillerini de hesaba katmaktadır. Bu standart ile bina otomasyonu ve kontrol sistemlerinin binaların enerji verimliliği üzerindeki etkilerinin daha açık bir şekilde belirlenmesi amaçlanmıştır [21].

EN 15232'nin kapsamı:

- Binaların enerji performansını etkileyen bina otomasyonu ve bina yönetimi ile ilgili kontrol listelerini içermek

- Kompleks yapılı binalara uygulanacak kontrol fonksiyonları ile ilgili minimum gereksinimleri tanımlayan bir yöntem belirlemek
- Binaların enerji performansında bu fonksiyonların etkisini genel anlamda yorumlayabilmek için basitleştirilmiş bir yöntem oluşturmak
- Binaların enerji performansını etkileyen faktörler ile ilgili eldeki tüm verileri kullanarak detaylı hesaplama yöntemleri geliştirmek

Binalarda enerji verimliliği ile ilgili çalışmalar yapılmadan önce tasarruf potansiyellerinin belirlenmesi gerekmektedir. Farklı bina tipleri için farklı çözümler olabildiği gibi, bir bina için verimlilik sağlayabilen bir sistem diğer bina tipleri için kullanışlı olmayabilmektedir. Bu nedenle farklı binalara çözüm sunarken doğru bir yol izlemek açısından binalar EN15232 standardı kapsamında sınıflandırılmaktadır.

EN 15232 standardı doğrultusunda bina otomasyon ve kontrol sistemleri için dört farklı enerji performans sınıfı ortaya çıkmıştır. Bu sınıflar;

- D sınıfı; enerji verimliliğine sahip olmayan sistemleri içermektedir. Bu sistemlere sahip olan binalar modernize edilmeli ve yeni binalar artık bu sistemlerle donatılmamalıdır. D sınıfı bir binada otomatik kontrol sistemleri bulunmamaktadır ya da sadece bina tipine bağlı olarak merkezi bir kontrol sistemi vardır. Isıtma ve soğutma için set değerleri aynıdır. Enerjinin kullanılmadığı bir zaman aralığı yoktur. Bütün sistemler 24 saat çalışmaktadır. Örneğin bir ofiste belirlenen ısıtma ısı düzeyi sürekli olarak  $23C^0$  noktasında kalıyor ise bu bina D sınıfı bir binadır.
- C sınıfı; Referans bina için hesaplanan değerlere karşılık gelmektedir. C sınıfına sahip bir binada ısıtma ve soğutma kontrolü elektronik kontrolörler ya da termostatik vanalar ile yapılmaktadır. C sınıfı binalarda sistemler, kullanıcılar binaya gelmeden 2 saat önce çalışmakta, kullanıcılar binadan ayrıldıktan 3 saat sonra da kapanmaktadır.
- B sınıfı; ileri sistemler standardıdır. Açma/kapama periyotları ile sistemlerin çalışmasını optimize etmekte ve bunların izlenmesini sağlamaktadır. Ölü enerji aralığı diye tanımlanan ısıtma ve soğutma set değerleri arasındaki fark fazladır. Isıtma tesisatında kullanılan pompa grupları aç/kapa kontrolü



yapmamakta; zamana, basınca veya akışkan debisine göre değişken devirli olarak ayarlanabilmektedir.

- A sınıfı; yüksek verimliliğe sahip sistemleri içermektedir. Bu sınıfa ait binalardaki sistemler kullanıcının ihtiyaçları doğrultusunda çalışan kontrollere sahiptir. Bu kontroller diğer sistemlerin kontrolleri ile haberleşerek binadaki bütün sistemlerin entegre bir şekilde çalışmasını sağlar. Bu tip binalarda bina otomasyon sistemi, kontrol sistemi ve bina yönetim sistemi bulunmaktadır. Bina yönetim sistemi sayesinde enerji tüketim değerleri, iç mekan koşulları izlenip raporlanabilmekte ve mevcut iyileştirmeler için önlemler alınabilmektedir.

#### **4.1 Bina Otomasyon Sistemi Fonksiyonları ve Verimlilik Sınıflarına Göre Değerlendirilmesi**

EN 15232 standardı binalardaki sistemlere ve kontrol yöntemlerine göre sınıflara ayırmaktadır.

##### **4.1.1 Isıtma Kontrolü**

Dünya nüfusunun sürekli çoğaldığı, fosil kökenli enerji kaynakları rezerv miktarlarının azaldığı, teknolojinin hızla geliştiği ve bu gelişmelere paralel olarak enerji tüketiminin sürekli arttığı görülmektedir. Bu nedenle yakıt giderleri her geçen gün artmakta ve enerji tüketen sistemlerde ekonomi çalışmaları yapılması zorunlu hale gelmektedir. Enerji tüketiminin sektörel dağılımına bakıldığında enerji kullanımının yaklaşık %36 oranında konut ve hizmet sektöründe tüketildiği ve kullanılan bu enerjinin de üçte birinden fazlasının ısıtma ve soğutma amacıyla harcandığı görülmektedir [22]. Bu nedenle ısıtma sistemlerinde yapılacak iyileştirmeler önem kazanmaktadır. Isıtma sistemi, bir binanın sıcak su, mahal ısıtma ve çeşitli alışlagelmiş ısı ihtiyacı olan her uygulama için ısı kaynağı oluşturur. Konutlarda ısınma ihtiyacı; katı, sıvı, gaz yakıtların bireysel veya merkezi ısıtma sistemlerinde kullanımı ile sağlanmaktadır.

Isıtma sistemlerinde otomatik kontrol sistemlerinin kullanılmasıyla daha az yakıt tüketilerek enerji kullanımı sağlanmaktadır. Kontrol edilen bölgenin değişen oda yükü ve dış hava koşullarında sürekli olarak istenilen koşullarda tutulması kontrolün temel amacıdır.

#### **4.1.1.1 Emisyon Kontrolü**

Farklı bina tipleri için farklı enerji kaynakları kullanıldığından, bina otomasyon sisteminde birden fazla kontrol fonksiyonu bulunmaktadır. EN 15232 standardına göre ısıtma elamanı olarak radyatör seçildiği zaman her bir radyatöre bağımsız emisyon kontrolü uygulanabildiği gibi merkezi kontrol sistemi kurularak oda seviyesi kontrolü de yapılabilmektedir.

Çizelge 4.1'den görüldüğü gibi her kontrol özelliğine göre enerji sınıfı değişmektedir. Her uygulama için otomatik kontrolün olmadığı durum D sınıfına girmektedir. Tasarım sırasında sistem parametreleri oluşacak yükün maksimum durumuna göre seçilmektedir. Fakat sistem devreye girdiğinde maksimum yükün altında, değişken yük durumlarında çalışmaktadır. Otomatik kontrolün olmadığı durumda gereksiz güç harcanmakta ve enerji tüketimine sebep olmaktadır.

Merkezi otomatik kontrol olan uygulamalarda tüketicinin ihtiyacına göre enerji harcanmaktadır. Kısmi yükte daha az enerji harcandığından, otomatik kontrolün olmadığı durumlara göre enerji tasarrufu sağlanmış olur. Farklı konumlarda bulunan odalarda elde edilebilecek kazanç ortam şartlarına bağlı olarak değişken olduğundan bu kontrol sistemide optimum kazanç sağlayamamaktadır.

Termostatik valf ya da elektronik kontrolör kullanılan uygulamalarda enerji tasarrufu daha fazladır ve bu tip uygulamalar C sınıfına girmektedir. Elektronik kontrolörler çalışma prensibi olarak termostatik valflerden hızlı çalıştığından sistemlerde sağladığı verim ve kazanç daha fazla olmaktadır.

Sistem geneline bakacak olursak kullanılan kontrolörler merkezle haberleşme sağlamadığından elde edilebilecek kazanç kurulum esnasında yapılan hesaplamalar dahilinde sınırlı kalmaktadır. Çeşitli senaryolar oluşturulmadığından enerji verimliliği yeterli seviyede olmamaktadır.

Bir yapının enerji verimlilik sınıfı B olabilmesi için kontrolörler ve merkez arasında haberleşme özelliğinin olması gerekmektedir. Haberleşme, sistemlerde senaryolar oluşturulmasına ve buna bağlı olarak farklı fonksiyonlar gerçekleştirilmesine imkan sağlayan faktördür. B sınıfı sistemlerde, yapı içerisinde kullanıcıların bulunmadığı ya da yoğunluğun az olduğu durumlarda ısı yayan cihazlar devreden kademeli olarak çıkartılarak sistemden yüksek kazanç sağlanmaktadır. Sistemden elde edilen kazanç ve uygulanan senaryonun aşamaları merkezi kontrol sisteminde izlenebilmektedir.

Bu sayede sistem raporlanarak enerji tüketimi doğru bir şekilde takip edilebilmektedir.

Optimum enerji verimliliğinin sağlandığı A sınıfı binalarda tüm sistemler entegre bir şekilde çalışmaktadır. Isıtma, soğutma, havalandırma ve iklimlendirme gibi sistemler daha kapsamlı bir haberleşme ağı altında çalışarak bir bütün olarak işletilmektedir. Bu haberleşme ağında varlık sensörleri, sıcaklık kontrolleri, hava kalitesi sensörleri gibi algılayıcılarla çevre birimlerinden veriler toplanılarak oluşturulan senaryolar dahilinde tüm sistemlerin kontrolleri entegre bir şekilde yapılabilmektedir.

**Çizelge 4.1 : Isıtma sistemi kontrol fonksiyonları [21]**

Isıtma Kontrolü		Enerji Verimlilik Sınıfları							
		Ticari olmayan binalarda				Ticari binalarda			
		D	C	B	A	D	C	B	A
<b>Emisyon (Isı yayma )Kontrolü</b>									
0	Otomatik kontrol yok								
1	Merkezi otomatik kontrol								
2	Termostatik vana veya elektronik kontrolörler ile bireysel oda otomatik kontrolü								
3	Kontrolörler arasında ve Bina Otomasyon sistemi ile haberleşme olacak şekilde bireysel oda kontrolü								
4	Talep kontrolü dahil entegre bireysel oda kontrolü (varlık kontrolü, hava kalitesi kontrolü, vs.)								
<b>Isıtma suyu dağıtımının kontrolü (gidiş veya dönüş)</b>									
0	Otomatik kontrol yok								
1	Dış hava kompanzasyonu ile otomatik kontrol								
2	İç mekân sıcaklığı kontrolü								
<b>Pompaların kontrolü</b>									
0	Kontrol yok								
1	Açma/Kapama kontrolü								
2	Sabit $\Delta p$ ile değişken hızlı pompa kontrolü								
3	Oransal $\Delta p$ ile değişken hızlı pompa kontrolü								
<b>Emisyon veya dağıtımın kesintili kontrolü</b>									
0	Otomatik kontrol yok								
1	Sabit zamanlı program ile otomatik kontrol								
2	Optimum açma/kapama yaparak otomatik kontrol								
<b>Jeneratör kontrolü</b>									
0	Sabit sıcaklık								
1	Dış sıcaklığa bağlı olarak değişen sıcaklık								
2	Yüke bağlı olarak değişen sıcaklık								

**Çizelge 4.1 (devam) : Isıtma sistemi kontrol fonksiyonları [21]**

Farklı jeneratörlerin kademeli olarak devreye alınması									
0	Yüke dayalı	■	■			■	■		
1	Yüke ve jeneratör kapasitesine dayalı	■	■	■		■	■	■	
2	Jeneratör verimliliğine dayalı	■	■	■	■	■	■	■	■

#### **4.1.1.2 Isıtma Suyu Dağıtımının Kontrolü**

Gidiş ve dönüş ısıtma suyunda, otomatik kontrolün olmadığı durumda sıcak suyun derecesi maksimum olabilecek şekilde ayarlanmakta ve bütün kullanıcılar aynı derecede sıcak suyu kullanabilmektedir. Bu durum kısmi yüklerde enerji kaybına sebep olmaktadır.

Merkezi ısıtma sistemlerinde dış hava sıcaklığına göre suyun sıcaklığı ayarlanarak daha az yakıtla daha çok konfor sağlanmakta ve daha az enerji kaybı olmaktadır. Bu kontrol sistemine sahip binalar C sınıfı olarak kabul edilmektedir.

İç mekan sıcaklığına göre otomatik kontrol sistemine sahip olan binalar A sınıfıdır. Oda sıcaklığına göre gidiş suyunun sıcaklığı belirlenebilmekte bu durumda gereksiz enerji tüketiminden kaçınılmaktadır.

#### **4.1.1.3 Pompaların Kontrolü**

Isıtma sistemlerinde kullanılan sıcak su yüksek basınca dayanıklı kazanlarda ısıtılarak pompalar yardımıyla taşıyıcı borulara nakil edilerek mahallere ulaştırılmaktadır. Taşıyıcı borularda dolaşan su, atmosfer basıncında olup, dış hava ile bağlantılıdır.

Kazandaki sıcak su taşıyıcı borulara farklı pompa kontrol yöntemleri ile uygulanabilmektedir. Pompalarda kontrol sisteminin olmadığı durum D sınıfına girmektedir. Bu sistemlerde pompa sürekli çalışarak maksimum şekilde enerji tüketilmektedir. Bu durum kısmi yüklerde çok fazla enerji kaybına neden olmaktadır.

Açma-kapama kontrolü sayesinde mahalde ısı ihtiyacı olduğu durumlarda pompalar çalıştırılır, ihtiyacın olmadığı durumlarda ise pompalar kapatılarak gereksiz enerji kaybı önlenmiş olmaktadır. Bu tip kontrolün olduğu uygulamalar C sınıfına girmektedir.

Değişken hızlı pompalar kullanılan sistemlerde sabit basınç değişimi ve oransal basınç değişimi olmak üzere iki kontrol yöntemi vardır. Bu iki kontrol yöntemide A sınıfı olarak değerlendirilmektedir.

Sabit basınç değişimi ile yapılan kontrolde yükteki azalma ile basınç değişmez. Motorun hızı yükteki azalmaya bağlı olarak düşmekte ve çıkıştaki kayıpları azaltmaktadır.

Oransal basınç değişimi ile yapılan kontrollerde yükteki azalma ile basınç da azalmakta ve motorun hızı daha efektif bir şekilde kontrol edilerek kazanç daha optimum seviyeye getirilmektedir.

#### **4.1.1.4 Emisyon Veya Dağıtımın Kesintili Kontrolü**

Bu kontrol yönteminde tek bir kontrolör aynı yoğunluk oranına sahip olan bölgeleri kontrol etmektedir. Otomatik kontrolün olmadığı durumda sistemler sürekli çalıştığı için yapı D sınıfına girmektedir.

Belirlenen bir program dahilinde çalıştırılan emisyon ya da dağıtım kontrolü C sınıfına girmektedir. Bu kontrol sisteminde program oluşturulurken ihtiyaçların yoğunluğuna göre günlük çalışma saatleri belirlenmektedir. Sistem yalnızca belirlenen zamanlarda devreye girmektedir.

Optimum açma/kapama yaparak otomatik kontrol edilen sistemler A sınıfı olmaktadır. Bu sistemlerde çevre birimleri yardımıyla mahaldeki yoğunluk ihtiyacı anlık olarak algılanmakta ve sürekli bir kontrol sağlanmaktadır.

#### **4.1.1.5 Jeneratör Kontrolü**

Bina otomasyon sistemlerinde jeneratör kontrolü için de farklı çalışma yöntemleri bulunmaktadır.

Sabit sıcaklık kontrolüne göre çalışan jeneratörlerde sistemde oluşabilecek maksimum sıcaklık göz önünde bulundurularak tasarımlar yapılmaktadır. Fakat bu durumda kısmi yükte çalışma olduğundan, enerji kayıpları olmakta ve sistem D sınıfına dahil olmaktadır.

Dış ortam sıcaklığına ve yüke bağlı olarak yapılan sıcaklık kontrolü A sınıfı olarak değerlendirilmektedir. Bu sistemlerde baz alınan sıcaklık değerlerindeki değişime göre harcanan enerji de azalmaktadır. Sistem kısmi yük durumlarında dahi yüksek verim ile çalışmaktadır.

#### **4.1.1.6 Farklı Jeneratörlerin Kademeli Olarak Devreye Alınması**

Anlık yüke bağlı olarak elektrik sisteminde meydana gelebilecek pik(tepe) ve aşırı akım çekme gibi istenmeyen durumlara karşı önlem olarak jeneratörler aynı anda devreye alınmamaktadır. Bina otomasyon kontrol sistemlerinde jeneratörlerin devreye alınması için çeşitli etkenlere göre öncelikler belirlenmektedir.

Jeneratörler, öncelikli olarak yüke bağlı olarak devreye alındıklarında, çekilen akım oranı yüksek olan jeneratörler ilk önce devreye girmektedir. Bu durumda sistem C sınıfı olarak nitelendirilmektedir.

Eğer jeneratör yüke ve jeneratör kapasitesine göre devreye alınırsa sistem B sınıfına yükselmektedir. Çünkü, yüksek kapasiteli jeneratörlerde kısmi yüklerdeki verimlilik daha fazla olmaktadır.

Jeneratörlerin verimliliklerine göre öncelik kazandığı durumlar A sınıfı olarak tanımlanmaktadır. Kojenerasyon, jeotermik, güneş gibi kaynaklar kullanılan uygulamalarda jeneratörlerin verimliliğine göre seçim yapmak sistem verimliliği açısından daha uygun olmaktadır.

#### **4.1.2 Soğutma Kontrolü**

Isıtma sistemi gibi soğutma sistemi de binalarda enerjinin en fazla tüketildiği alanlardan biridir. Bu nedenden soğutma sisteminde yapılacak iyileştirmeler, sistem cihazlarının verimli seçilmesi ve kullanıcı yoğunluğuna göre kendini ayarlayabilen bina otomasyon sisteminin oluşturulması önemlidir.

Soğutma kontrol fonksiyonlarında ısıtma kontrolünden ayrı olarak bir kontrol özelliği daha bulunmaktadır. Çizelge 4.2 den görüldüğü gibi, bu ısıtma ve soğutma sistemi arasında bağlantının olabilme özelliğidir. Isıtma ve soğutma sistemi birbiri ile haberleşerek sistemlerin kontrolünü sağlıyor ise, bu durum A sınıfına girmektedir. Haberleşmenin olmadığı durumda örneğin ısıtma sistemi ortamda yeteri ölçüde sıcaklık olduğu halde çalışmaya devam ediyor, soğutma sistemi devreye girmiyor ise bu durum D sınıfı olarak tanımlanmaktadır.

**Çizelge 4.2: Soğutma sistemi kontrol fonksiyonları [21]**

Soğutma Kontrolü		Enerji Verimlilik Sınıfları							
		Ticari olmayan binalarda				Ticari binalarda			
		D	C	B	A	D	C	B	A
<b>Emisyon (Isı yayma) Kontrolü</b>									
0	Otomatik kontrol yok								
1	Merkezi otomatik kontrol								
2	Termostatik vana veya elektronik kontrolörler ile bireysel oda otomatik kontrolü								
3	Kontrolörler arasında ve Bina Otomasyon sistemi ile haberleşme olacak şekilde bireysel oda kontrolü								
4	Talep kontrolü dahil entegre bireysel oda kontrolü (varlık kontrolü, hava kalitesi kontrolü, vs.)								
<b>Soğutma suyu dağıtımının kontrolü (gidiş veya dönüş)</b>									
0	Otomatik kontrol yok								
1	Dış hava kompanzasyonu ile otomatik kontrol								
2	İç mekân sıcaklığı kontrolü								
<b>Dağıtım pompalarının kontrolü</b>									
0	Kontrol yok								
1	Açma/Kapama kontrolü								
2	Sabit $\Delta p$ ile değişken hızlı pompa kontrolü								
3	Oransal $\Delta p$ ile değişken hızlı pompa kontrolü								
<b>Emisyon veya dağıtım sisteminin aralıklı kontrolü</b>									
0	Otomatik kontrol yok								
1	Sabit zamanlı program ile otomatik kontrol								
2	Optimum açma/kapama yaparak otomatik kontrol								
<b>Isıtma ve soğutma sistemleri arasındaki bağlantı</b>									
0	Bağlantı yok ise								
1	Kısmi bağlantı (HVAC sistemine bağlı)								
2	Tamamen bağlantılı ise								
<b>Jeneratör kontrolü</b>									
0	Sabit sıcaklık								
1	Dış sıcaklığa bağlı olarak değişen sıcaklık								
2	Yüke bağlı olarak değişen sıcaklık								
<b>Farklı jeneratörlerin kademeli olarak devreye alınması</b>									
0	Yüke dayalı								
1	Yüke ve jeneratör kapasitesine dayalı								
2	Jeneratör verimliliğine dayalı								

### 4.1.3 Havalandırma ve İklimlendirme Kontrolü

Binalarda enerji tüketen diğer bir sistem ise havalandırma ve iklimlendirme sistemidir. Diğer sistemler gibi havalandırma ve iklimlendirme sisteminde de kontrol fonksiyonlarının olması enerji tüketimi için önemlidir. Ayrıca bu sistem konfor şartları ve kullanıcı memnuniyeti ile de doğrudan ilgilidir. Enerji verimliliği, enerji tasarrufunun konfor koşullarından ödün verilmeden gerçekleşmesini gerektirmektedir.

Havanın koşullandırıldıktan sonra hacim içerisindeki dağılımı havanın hızına, sıcaklığa, hava yönlendirmesi gibi parametrelere bağlıdır. Bir hacimde konfor koşullarını ve sürekliliği sağlamak için bu parametreler önemlidir.

Çizelge 4.3'de havalandırma ve iklimlendirme sistemi için kontrol fonksiyonları belirtilmiştir. Bu fonksiyonlar özelliklerine göre diğer sistemlerde olduğu gibi gelişmişlik düzeyine göre D sınıfından A sınıfına kadar sınıflandırılmıştır.

**Çizelge 4.3:** Havalandırma ve iklimlendirme sistemi kontrol fonksiyonları [21]

Havalandırma ve İklimlendirme Kontrolü		Enerji Verimlilik Sınıfları							
		Ticari olmayan binalarda				Ticari binalarda			
		D	C	B	A	D	C	B	A
<b>Hava akış kontrolü (oda seviyesinde)</b>									
0	Kontrol yok ise	■				■			
1	Manuel kontrol	■				■			
2	Zaman kontrolü	■	■	■		■	■		
3	Varlık kontrolü	■	■	■	■	■	■		
4	Talep kontrolü	■	■	■	■	■	■	■	
<b>Hava akış kontrolü (klima santralinde)</b>									
0	Kontrol yok ise	■	■			■			
1	Açma-kapama zamanlı kontrol	■	■	■	■	■	■		
2	Akış veya basınç kontrolü	■	■	■	■	■	■	■	
<b>Isı değiştiricilerinde defrost kontrolü</b>									
0	Defrost kontrolü olmadan	■				■			
1	Defrost kontrolü ile	■	■	■	■	■	■	■	
<b>Isı değiştiricilerinde aşırı ısınma kontrolü</b>									
0	Aşırı ısınmaya karşı kontrol yok ise	■				■			
1	Aşırı ısınmaya karşı kontrol var ise	■	■	■	■	■	■	■	



**Çizelge 4.3 (devam):** Havalandırma ve iklimlendirme sistemi kontrol fonksiyonları [21]

<b>Serbest mekaniksel soğutma</b>									
0	Kontrol yok ise	■				■			
1	Gece soğutması	■	■			■	■		
2	Serbest soğutma	■	■	■	■	■	■	■	■
3	H,x- yönlendirilmiş kontrolü	■	■	■	■	■	■	■	■
<b>Sıcaklık Kontrolü</b>									
0	Kontrol yok ise	■				■			
1	Sabit set değeri	■	■			■	■		
2	Dış hava kompanzasyonu ile değişen set değeri	■	■	■		■	■	■	
3	Yüke bağlı kompanzasyon ile değişen set değeri	■	■	■	■	■	■	■	■
<b>Nem Kontrolü</b>									
0	Kontrol yok ise	■				■			
1	Besleme havası nem sınırını ölçen kontrolör	■	■			■	■		
2	Besleme havasının nem kontrolü	■	■	■	■	■	■	■	■
3	Oda ve atık havanın nem kontrolü	■	■	■	■	■	■	■	■

#### **4.1.4 Aydınlatma Kontrolü**

Aydınlatma kontrolünde doluluk ve günüşiği kontrolleri bulunmaktadır.

##### **4.1.4.1 Doluluk Kontrolü**

Aydınlatılmak istenilen ortamdaki kullanıcı sayısına göre ihtiyacın ne kadar olduğu sistem tarafından algılanarak aydınlatma kontrolü yapılmaktadır.

Manuel(elle) açma kapama anahtarı ile yapılan kontroller C sınıfı olarak tanımlanmaktadır. Konut binalarında kullanıcılar ihtiyaç duydukları anda aydınlatma anahtarlarını kullanarak mahal aydınlatmasını sağlamaktadırlar. Bu çalışma durumunda mahalde ihtiyaç olmadığı durumda aydınlatma yapılmayarak enerji tasarrufu sağlanmış olmaktadır.

Manuel açma kapama anahtarına ek olarak aydınlatma kontrolü için ek kontrol sinyali de kullanılmaktadır. Bu kontrol sinyali ana kontrol mekanizması tarafından mesainin olmadığı hafta sonları ya da akşam saatleri gibi durumlarda üretilmektedir. Bu sinyal aydınlatmayı kontrol ederek sistemde oluşacak gereksiz enerji tüketimlerinin önüne geçmektedir. Bu sistemde C sınıfı olarak değerlendirilmektedir.

**Çizelge 4.4:** Aydınlatma sistemi kontrol fonksiyonları [21]

<b>Aydınlatma Kontrolü</b>		<b>Enerji Verimlilik Sınıfları</b>							
		<b>Ticari olmayan binalarda</b>				<b>Ticari binalarda</b>			
		<b>D</b>	<b>C</b>	<b>B</b>	<b>A</b>	<b>D</b>	<b>C</b>	<b>B</b>	<b>A</b>
<b>Doluluk Kontrolü</b>									
0	Elle (manuel) açma / kapama anahtarı	■	■			■			
1	Elle (manuel) açma /kapama anahtarı + otomatik söndürme sinyali ilaveli	■	■			■	■		
2	Otomatik algılama, otomatik açma / loşlaştırma	■	■	■	■	■	■	■	■
3	Otomatik algılama, otomatik açma / otomatik kapama	■	■	■	■	■	■	■	■
4	Otomatik algılama, elle (manuel) açma / loşlaştırma	■	■	■	■	■	■	■	■
5	Otomatik algılama,elle (manuel) açma / otomatik kapama	■	■	■	■	■	■	■	■
<b>Gün ışığı seviyesine göre kontrol</b>									
0	Elle (manuel) kontrol	■	■	■		■	■		
1	Otomatik kontrol	■	■	■		■	■	■	■

Otomatik açma ve loşlaştırma kontrolünün yapıldığı sistemlerde ortamda hareket algılandığı anda aydınlatma sağlanabilmekte, ortam yoğunluğuna bağlı olarak loşlaştırma yapılabilen ve algılama sona erdikten 5 dakika sonra sistem kendiliğinden devreden çıkmaktadır. Yüksek kazanç sağlayan bu kontrol sistemi A sınıfı olmaktadır.

Otomatik açma ve kapama yapan aydınlatma sistemlerinde varlık sensörleri sayesinde ortamda hareket algılandığı an aydınlatma sistemi devreye girmekte ve algılama sona erdiği zamandan 15 dakika sonra ise sistem kendiliğinden devreden çıkmaktadır.

Otomatik algılama kullanılan sistemlere ek olarak manuel anahtarlar da kullanılarak kontrol yapılabilir. Bu manuel anahtarlar aydınlatma yapılacak bölgeye yakın bir yerde bulunmalıdır. Sensörler yardımı ile ortamda hareket algılanmadığı halde manuel anahtarlar ile lambalar kapatılmaz ise, aydınlatma kontrol sistemi devreye girerek sistemi en geç 15 dakika içinde tamamen kapatmaktadır.

#### **4.1.4.2 Gün Işığı Kontrolü**

Doğal aydınlatmanın yeterli olduğu alanlarda yapay aydınlatmadan olabildiği kadar kaçınmak gerekmektedir. Bina otomasyon sistemlerinde elle (manuel) ve otomatik

olarak doğal aydınlatma algılanabilmektedir. Güneş ışığının yeterli olduğu zaman dilimlerinde aydınlatma elle yapılarak yapay aydınlatmadan kaçınmak gerekir. Bu tarz kontrol sistemi B sınıfı olarak kabul edilmektedir.

Otomatik kontrol sisteminde ise gün ışığını algılayan sensörler yardımı ile yapay aydınlatma devreden çıkarılarak gün ışığından maksimum yararlanma sağlanmaktadır. Bu kontrol sistemi sayesinde daha fazla enerji tasarrufu sağlandığından A sınıfı olarak kabul edilmektedir.

#### **4.1.5 Perde / Jaluzi Kontrolü**

Bu kontrol sisteminde Çizelge 4.5'den görüldüğü gibi manuel çalışma sistemi ile perde kontrolü yapılıyor ise bu durum D sınıfı olarak kabul edilmektedir.

Manuel kontrol ile motorlu çalışmada kullanıcı motor yardımıyla hareket verdiği perdeyi veya jaluziyi yine kendisi kontrol etmektedir. İş yükünün motorda olduğu bu kontrol sistemi C sınıfı olarak kabul edilmektedir.

Otomatik kontrol ile motorlu çalışan sistemlerde önceden belirlenen program doğrultusunda perde ve jaluzilerin kontrolü kullanıcıdan bağımsız olarak yapılmaktadır. Bu çalışma sistemi B sınıfı olarak kabul edilmektedir.

Sistemlerin entegre kontrolü A sınıfı olarak kabul edilmektedir. Bu kontrol sisteminde perde ve jaluzinin açık olduğu durumlarda aydınlatmada loşlaştırma ile tasarruf gibi ayrı senaryolar kontrol merkezi tarafından otomatik olarak uygulanmaktadır. Kontrol merkezi hem karar veren, hem de uygulayan konumda çalışmaktadır. Otomatik kontrolden farklı olarak bu kontrol sisteminde perde ve jaluzi konumları saat dilimlerine göre değil, ortam şartlarına göre her an değerlendirilmekte ve daha optimum performans sağlanmaktadır.

**Çizelge 4.5:** Perde / Jaluzi sistemi kontrol fonksiyonları [21]

Perde/Jaluzi Kontrolü		Enerji Verimlilik Sınıfları							
		Ticari olmayan binalarda				Ticari binalarda			
		D	C	B	A	D	C	B	A
0	Manuel çalıştırma								
1	Manuel kontrol ile motorlu çalıştırma								
2	Otomatik kontrol ile motorlu çalıştırma								
3	Aydınlatma/Perde/HVAC sistemlerinin entegre kontrolü								

#### 4.1.6 Ev ve Bina Otomasyon Sistemi Kontrolü

Çizelge 4.6’da görüldüğü gibi yapılarda kontrol sistemi olarak otomasyon mevcut değil ise bu tip yapılar C sınıfı olarak değerlendirilmektedir.

Kullanıcının ihtiyaçlarına bağlı olarak merkezi otomasyon sistemi kurulan ve zaman çizelgelerine göre set değerleri belirlenen sistemler ise B sınıfı olarak değerlendirilmektedir.

Kullanıcıların ihtiyaçlarını anlık müdahale edilebilecek şekilde ortam şartlarını sürekli takip ederek set değerler tanımlayan sistemler A sınıfı olarak değerlendirilmektedir.

**Çizelge 4.6 :** Ev ve Bina otomasyon sistemi kontrol fonksiyonları [21]

Ev ve Bina Otomasyonu ve Kontrol Sistemi		Enerji Verimlilik Sınıfları							
		Ticari olmayan binalarda				Ticari binalarda			
		D	C	B	A	D	C	B	A
0	Ev veya binada, otomasyon sistemi ve kontrolü yok ise								
1	Kullanıcının ihtiyaçlarına uygun merkezi otomasyon sistemi : zaman çizelgesi,set değeri								
2	Kullanıcının ihtiyaçlarına uygun merkezi otomasyon sistemi : ayar kontrolörleri,set değeri								

#### 4.1.7 Bina Yönetimi Sistemi Kontrolü

Bina Yönetimi, binadaki bütün sistemlerin kontrolünü ve tek bir merkezden izlenebilmesini sağlamaktadır. Çizelge 4.7’de bina yönetimi sistemi ile ilgili kontrol fonksiyonları gösterilmektedir.

#### 4.1.7.1 Ev ve Bina Sistemlerinde Hataları Belirlemek ve Bu Hataları Gidermek İçin Destek Sağlamak

Kontrolörlerin bozulması, motorların arızalanması, haberleşme bağlantısının kopması gibi hataları tespit eden ve destek sağlayan sistemler A sınıfı olarak nitelendirilmektedir.

Bu özelliğe sahip olmayan bina yönetim sistemleri C sınıfı olarak nitelendirilmektedir.

#### 4.1.7.2 İç Mekân Şartları, Enerji Tüketimi Gibi Değişen Değerleri Raporlama

Bir çok bina yönetim sistemi verileri kayıt etme özelliğine sahiptir. Fakat kendi protokolüne göre kayıt ettiği verileri kullanıcının izleme olasılığı yoktur. Ortam sıcaklığı, enerji tüketimi gibi değerleri kayıt etmenin yanında kullanıcının kolayca gözlemleyeceği formatta raporlayabilen sistemler A sınıfı olarak kabul edilmektedir.

Raporlama özelliği sağlayamayan bina yönetim sistemleri B sınıfı olarak kabul edilmektedir.

**Çizelge 4.7:** Bina yönetimi sistemi kontrol fonksiyonları [21]

Bina Yönetimi		Enerji Verimlilik Sınıfları							
		Ticari olmayan binalarda				Ticari binalarda			
		D	C	B	A	D	C	B	A
<b>Ev ve bina sistemlerinde hataları belirlemek ve bu hataları gidermek için destek sağlamak</b>									
0	Hayır								
1	Evet								
<b>İç mekân şartları, enerji tüketimi gibi değişen değerleri raporlama</b>									
0	Hayır								
1	Evet								

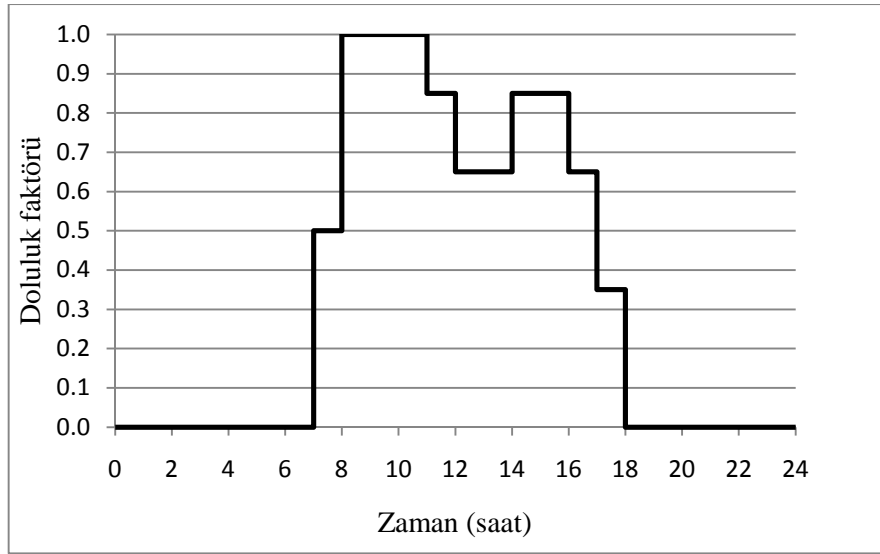
#### 4.2 EN 15232 Standardına Göre Binaların Enerji Performans Sınıfının Hesaplanması

Binalarda Enerji Performans Direktifine göre binaların enerji performansının hesaplanması ile ilgili akış şeması Şekil 2.1’de belirtilmiştir. EN 15232 standardı da aynı akış şemasına göre hesaplamaları yapmaktadır. Binada bulunan her sistem için

ilgili CEN standartları incelenmekte ve bu standartlarda belirtilen değerlendirmeler yapılmaktadır.

- **Doluluk Faktörü**

Enerji performansının doğru bir şekilde hesaplanması için EN 15217 ve EN 13790 standartlarında belirtilen konut ve ticari binalar için yapılan tüm hesaplama sonuçları dikkate alınarak kullanıcı profiline uygun bir hesaplama yöntemi oluşturulmuştur. Kullanıcı profilinin oluşturulması binaların enerji analizini yapabilmek için önemli bir fonksiyondur. Her bina aynı doluluk oranına sahip olmamakta, işletme zamanları değişmektedir. Bir binanın enerji performansının sağlıklı bir şekilde hesaplanabilmesi için binaları çeşitlerine göre ayırmak ve her bina için saat bazında doluluk oranlarını tespit etmek önemlidir. Bu doğrultuda yapılan çalışmalar sonucunda bazı ticari binaların kullanıcı profilleri aşağıda belirtildiği gibi belirlenmiştir.



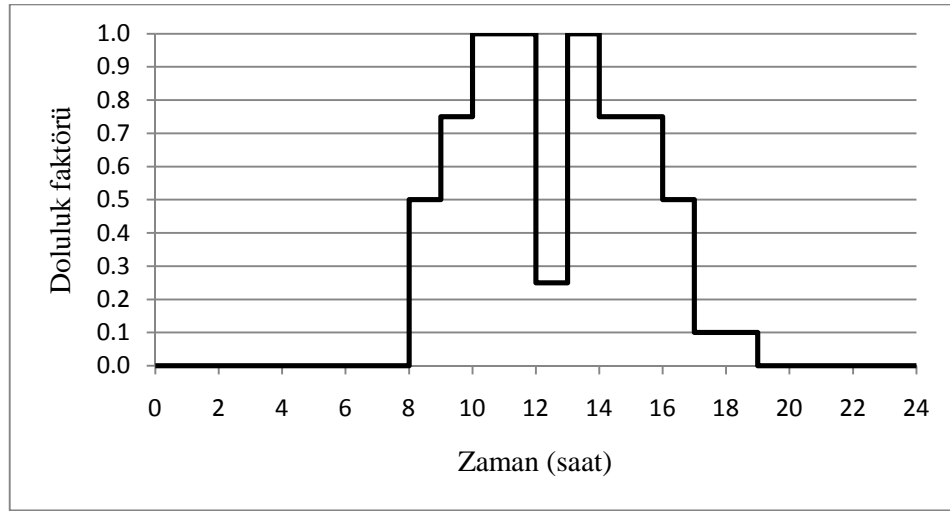
**Şekil 4.1:** Ofis binasının kullanıcı profili [21]

Şekil 4.1'den görüldüğü gibi ofis binaları belirli bir saat diliminde aktif olarak işletilmekte, mesai saatleri dışında ise enerji tüketimi azalmaktadır. Ülkemizde ofisler genelde 8 ile 18 saatleri arasında çalışmakta, diğer zamanlarda ise kullanıcı olmadığından fazla enerji ihtiyaçları olmamaktadır.

Her bina tipine göre kontrol fonksiyonları değişiklik göstermektedir. Bu nedenle, her bina tek başına ele alınmalı ve binaya özel enerji kullanım oranları tespit edilerek hangi kontrol fonksiyonunun optimum çözüm sağlayacağına karar verilmelidir. Bazı

durumlarda yüksek verimlilik sınıfına sahip bir kontrol fonksiyonu seçmek binanın ihtiyacına göre fazla olmakta ve maliyeti arttırmaktadır. Önemli olan sistemin ihtiyaç duyduğu şekilde kontrol sistemlerini tespit edebilmektir.

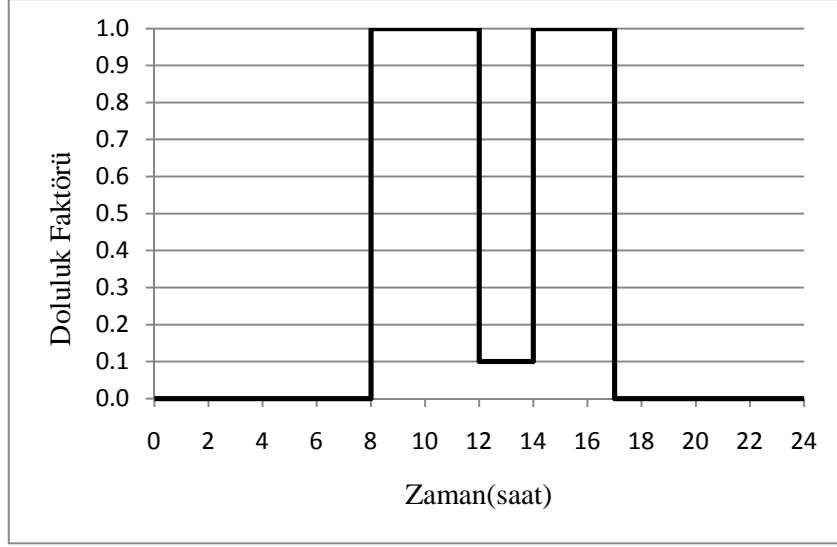
Ofislerde enerji tasarrufu sağlayabilmek için uygulanan kontrol yöntemlerinin başında bölgesel ayarlamalar gelmektedir. Aydınlatma ve HVAC sistemleri periyodik programlar kullanılarak bölgesel olarak ayarlandığında, tesis içinde kullanıcı yoğunluğu azaldığında dahi sistem bu değişikliği algılayarak çalışmasını değiştirebilmektedir. Binanın bütün bölümleri %100 konfor oranında çalışmamakta, sadece kullanıcının bulunduğu bölümler bu koşullarda çalışarak gereksiz enerji kaybı önlenmektedir.



**Şekil 4.2:** Konferans salonunun kullanıcı profili [21]

Konferans salonlarını değerlendirirken çalışma saatleri çizelge olarak bilinmeli ve sisteme özel fonksiyonlar tasarlanmalıdır. Şekil 4.2'de belirtildiği gibi konferans saatleri genelde sabah saat 10 ve öğleden sonra 14 civarında maksimum doluluğa ulaşmakta, 12 ile 14 arası öğle saatleri olduğundan doluluk oranı önemli ölçüde azalmaktadır.

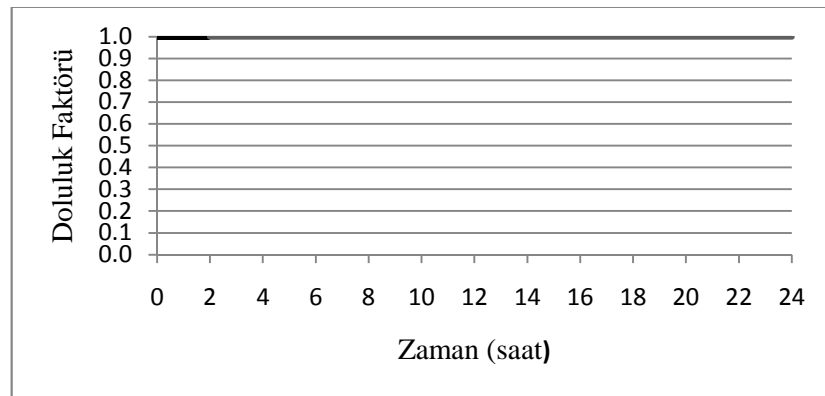
Okul binalarının çalışma koşulları çok farklı olduğundan yoğunluk saatleri çeşitlilik göstermektedir. İlk ve ortaöğretimde daha düzenli eğitim saatleri olmasına karşın, kampüs şeklinde tasarlanan eğitim ve sosyal yapıların olduğu üniversite ve liselerde kullanıcı saatleri çok farklı olabilmektedir. Akşam veya ikinci öğretim gibi eğitim vermeyen okullar genelde Şekil 4.3'de görüldüğü gibi kullanıcı oranına sahiptir.



**Şekil 4.3:** Okul binasının kullanıcı profili [21]

Bina tipleri içinde enerji tasarrufu yapmanın en zor olduğu bina hastanelerdir. Şekil 4.4'de görüldüğü gibi hastaneler sürekli olarak çalıştığından ve doluluk oranı maksimum düzeyde olduğundan, bu tarz binalarda tasarruf potansiyeli diğer binalara göre daha sınırlı olmaktadır.

Hastaneler hayati önem taşıyan yapılar olduğu için bu tarz binalarda yedekli enerji sistemleri ile çalışılmalı ve hastanede enerji kesintisi gibi sorunlara yol açacak uygulamalardan kaçınılmalıdır. Hastaneler değerlendirilirken bölgesel olarak değerlendirmeler yapılmalı, ameliyathane gibi sterilizasyon ya da konfor koşullarının daha önem kazandığı alanlar diğer bölgelerden ayrı olarak analiz edilmelidir. Tasarruf adına yapılabilecek uygulamalarda bu ciddiyet dikkate alınarak hem süreklilik sağlayabilecek sistemler seçilmeli hem de konfor koşullarından ödün verilmemelidir.



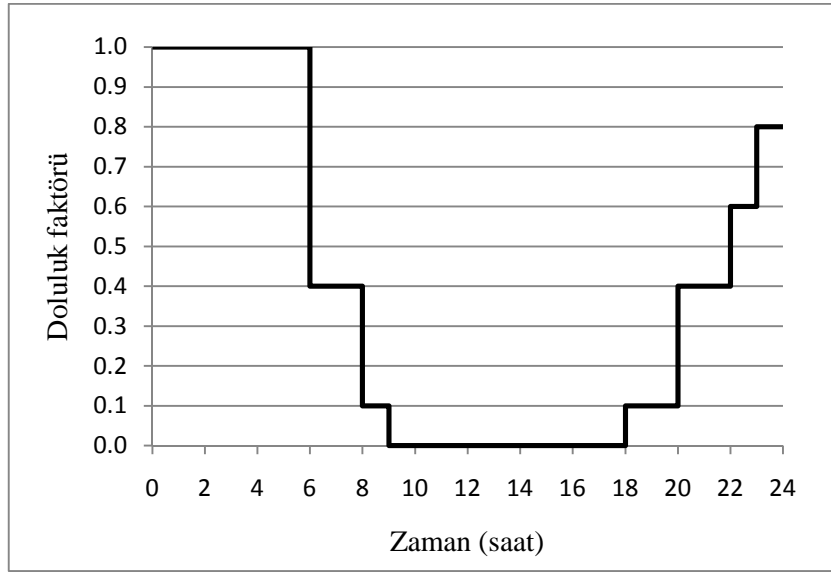
**Şekil 4.4:** Hastane binasının kullanıcı profili [21]



Otel binalarında ise enerji tasarrufu sağlamaya çalışılırken konfor koşullarından ödün vermemek gerekmektedir. Bu yüzden tasarruf potansiyelleri detaylı bir şekilde analiz edilmeli, kullanıcı konforundan taviz verilmeden mevcut sistemler iyileştirilmelidir. Otel binaları kompleks yapılar olup, farklı birçok amaca hizmet verebilen binalardır. Şekil 4.5’de otel binasının zamana göre doluluk oranları verilmiştir.

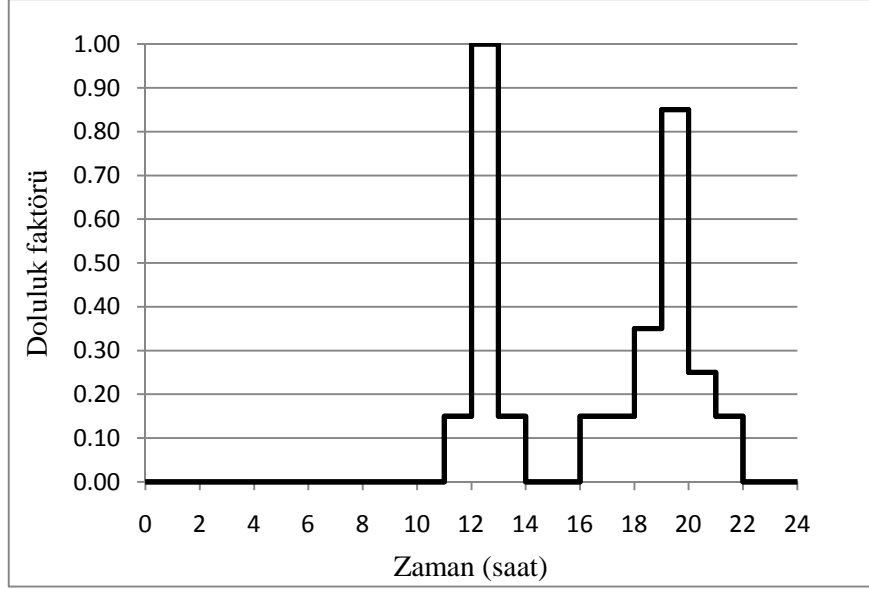
Ofislerde olduğu gibi oteldeki bölümler ayrı ayrı değerlendirilmelidir. Örneğin bir odada henüz kullanıcı yok ise bu odanın ısı en düşük seviyede tutulmalı, lambalar kapalı durumda olmalı, iklimlendirme ve havalandırma sistemi çalışmamalıdır.

Odada kullanıcının olup olmadığı varlık sensörleri kullanılarak algılanmalı, buna bağlı olarak sistemler devreye alınmalı ve odanın konfor koşulları istenilen düzeye getirilmelidir. Bunların dışında kullanıcı pencereyi açtığı zaman sistem modu kendiliğinden bekleme (standby) konumuna gelmeli ya da konuk odadan ayrıldığı zaman sistemler kendiliğinden devre dışı kalmalıdır.



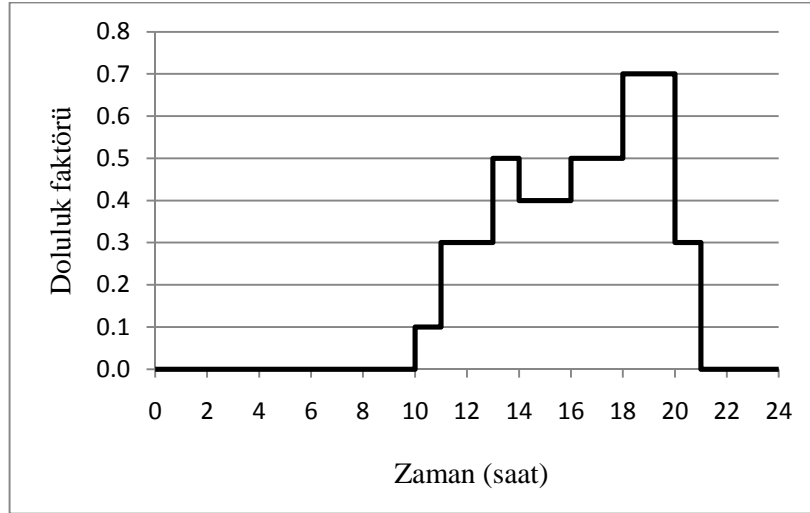
**Şekil 4.5:** Otel binasının kullanıcı profili [21]

Şekil 4.6 ise restaurant binalarının zamana bağlı kullanıcı oranlarını göstermektedir. Restaurantlarda kullanıcı yoğunluğunun arttığı zamanlar daha fazla öğle arası ile akşam saatleri olmaktadır.



**Şekil 4.6:** Restaurant binasının kullanıcı profili [21]

Toptan ve perakende satış yapılan ticari binalarda karmaşık sistemler kullanılmadığından ve kullanıcı yoğunluğu da belirli saatler arasında olduğundan bu yapılarda yüksek oranda enerji tasarrufu sağlanması mümkündür. Şekil 4.7 bu tarz binalardaki doluluk faktörünü göstermektedir.



**Şekil 4.7:** Toptan ve perakende satış yapan ticari binaların kullanıcı profili [21]

Görüldüğü gibi her binanın kullanıcı profili, doluluk zamanı ve işletme koşulları farklı olduğundan, tasarruf potansiyelleri de değişiklik göstermektedir. Konut binalarında, sistemler ve kullanıcı profilleri hemen hemen aynı olduğundan bu binalarda enerji tasarruf miktarları aynı olmakta, yapılacak iyileştirme çalışmaları

birbirine benzemektedir. Fakat ticari binalarda durum daha karmaşık bir hal almaktadır.

Kullanıcı profillerine göre değerlendirme yaptığımızda hastahane gibi 24 saat sürekli kullanımda olan bir binada tasarruf yapabilmeye olanağı daha sınırlı olmasına rağmen, konferans salonları, toptan ve perakende satış yapılan ticari binalar gibi yerlerde enerji tüketimini azaltmak daha kolaydır.

- **Enerji Verimlilik Faktörü**

EN 15232 standardı BAC enerji verimlilik faktörlerini enerji talebine bağlı olarak yapılan bir çok simülasyon çalışması sonucunda belirlemiştir. Bu simülasyonlar yapılırken yukarıda açıklanan her bina tipine göre kullanıcı yoğunluğu dikkate alınmıştır. Hesaplanan yıllık enerji tüketimi referans bir binanın tüketim değerleri ile karşılaştırılmış ve kontrol fonksiyonlarının ne kadar verimlilik sağlayabileceği belirlenmiştir.

Verimlilik faktörleri belirlenirken referans değer C sınıfı olarak belirlenmiş ve değeri 1 olarak alınmıştır. A, B ve D sınıfları ise gelişmişlik düzeyine göre C sınıfına bağlı olarak tanımlanmıştır. Bu faktörler ısı enerjisi ve elektrik enerjisi için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Isıl enerji için ısıtma ve soğutma, elektrik enerjisi için ise aydınlatma, yardımcı cihazlar ve asansör sistemlerinin tükettiği enerji miktarı dikkate alınmıştır. Bilgisayarların, yazıcıların tükettiği elektrik enerjisi hesaplara dahil edilmemiştir.

**Çizelge 4.8:** Ticari binalar için BAC verimlilik faktörü (ısı enerjisi için) [21]

Ticari Binalar	BAC verimlilik faktörü (ısı enerjisi için )			
	D	C	B	A
	Enerji verimliliğine sahip olmayan sınıf	Standart (referans)sınıf	İleri seviyede enerji verimlilik sınıfı	Yüksek enerji verimlilik sınıfı
Ofisler	1,51	1	0.80	0.70
Konferans salonları	1,24	1	0.75	0.5 <sup>a</sup>

<sup>1 a</sup> Bu değerler daha çok havalandırma için ısıtma ve soğutma talebine bağlıdır

**Çizelge 4.8 (devam):** Ticari binalar için BAC verimlilik faktörü (ısı enerjisi için)[21]

Eğitim binaları (okullar)	1,20	1	0.88	0.80
Hastaneler	1,31	1	0.91	0.86
Oteller	1,31	1	0.85	0.68
Restaurantlar	1.23	1	0.77	0.68
Toptan ve perakende ticaret binaları	1.56	1	0.73	0.6 <sup>a</sup>
Diğer tip binalar: Spor tesisleri Depolar Endüstriyel tesisler,vb.		1		

Çizelge 4.8'den görüldüğü üzere, ısı enerjisi için en yüksek tasarruf toptan ve perakende satış yapılan ticari binalarda sağlanabilmektedir. Bu tabloya göre örneğin  $100 \frac{kWh}{m^2}$  enerji tüketen bir ofis binası C sınıfı ise, bina otomasyon ve kontrol sisteminde yapılacak iyileştirmeler ile B sınıfına yükseltildiğinde %20 enerji tasarrufu elde edilebilmekte ve tüketim değeri  $80 \frac{kWh}{m^2}$ 'ye düşmektedir. Aynı iyileştirmeler hastane binalarında yapılırsa tasarruf miktarı sadece % 9 oranında kalmaktadır. C sınıfındaki bir hastane binası  $100 \frac{kWh}{m^2}$  enerji tüketirken B sınıfındaki hastane binası  $91 \frac{kWh}{m^2}$  tüketir. Aynı bina A sınıfına yükseltirse %14 lük bir tasarruf sağlanır ve  $86 \frac{kWh}{m^2}$ 'lik enerji tüketilir.

Konut binalarında bina otomasyon ve kontrol sistemlerinde değişiklik yapıldığı takdirde enerji tasarruf oranları Çizelge 4.9 daki gibi olmaktadır. Ticari binalar ile karşılaştırma yapıldığında konut binalarındaki tasarruf miktarı daha sınırlı olmaktadır. Bu sınırlamada, kullanıcı profilinde ve işletme şartlarında değişikliğin fazla olmamasının payı büyüktür.

**Çizelge 4.9:** Konut binaları için BAC verimlilik faktörü (ısı enerjisi için) [21]

Konut Binalar	BAC verimlilik faktörü (ısı enerjisi için )			
	D	C	B	A
	Enerji verimliliğine sahip olmayan sınıf	Standart (referans) sınıf	İleri seviyede enerji verimlilik sınıfı	Yüksek enerji verimlilik sınıfı
Tek aileli konut Çok aileli konut Apartmanlar Diğer konut ya da konut tarzı binalar	1.10	1	0.88	0.81

Çizelge 4.10’da görüldüğü gibi ticari binalarda elektrik enerjisi verimlilik faktörüne baktığımızda ısıtma enerjisine göre daha az tasarruf potansiyelinin olduğu görülmektedir. Fiziksel açıdan ısının korunumu daha zor olduğundan ve zaman içerisinde birçok etkene bağlı olarak farklılık gösterdiğinden ısıtma enerjisinde yapılacak iyileştirmeler ile daha yüksek kazançlar elde edilebilmektedir.

**Çizelge 4.10 :** Ticari binalar için BAC verimlilik faktörü (elektrik enerjisi için) [21]

Ticari Binalar	BAC verimlilik faktörü (elektrik enerjisi için )			
	D	C	B	A
	Enerji verimliliğine sahip olmayan sınıf	Standart (referans)sınıf	İleri seviyede enerji verimlilik sınıfı	Yüksek enerji verimlilik sınıfı
Ofisler	1,10	1	0.93	0.87
Konferans salonları	1,06	1	0.94	0.89
Eğitim binaları (okullar)	1,07	1	0.93	0.86
Hastaneler	1,05	1	0.98	0.96
Oteller	1,07	1	0.95	0.90
Restaurantlar	1.04	1	0.96	0.92
Toptan ve perakende ticaret binaları	1.08	1	0.95	0.91
Diğer tip binalar: Spor tesisleri Depolar Endüstriyel tesisler,vb.		1		

Çizelge 4.11’de görüldüğü gibi konut binalarında elektrik enerjisi için enerji tasarruf oranları ısı enerjisine göre daha sınırlı olmaktadır. Bu sınırlamada, kullanıcı profilinde ve işletme şartlarında değişikliğin fazla olmamasının payı büyüktür.

**Çizelge 4.11:** Konut binaları için BAC verimlilik faktörü (elektrik enerjisi için) [21]

<b>Konut Binalar</b>	<b>BAC verimlilik faktörü (elektrik enerjisi için )</b>			
	<b>D</b>	<b>C</b>	<b>B</b>	<b>A</b>
	Enerji verimliliğine sahip olmayan sınıf	Standart (referans) sınıf	İleri seviyede enerji verimlilik sınıfı	Yüksek enerji verimlilik sınıfı
Tek aileli konut Çok aileli konut Apartmanlar Diğer konut ya da konut tarzı binalar	1.08	1	0.93	0.92

## **5.KONTROL VE OTOMASYON SİSTEMLERİNİN BİNA ENERJİ PERFORMANSI HESAPLAMA YÖNTEMİNDEKİ YERİ**

Bölüm 4’de anlatılan EN 15232 standardı ile bina otomasyonu ve kontrol sisteminin binanın enerji etkinliği üzerindeki etkisi açıklanmaya çalışılmıştır. Bu standartta binanın enerji performansının hesaplanabilmesi için bina otomasyon ve kontrol sistemlerinden bahsedilerek, binada bulunan her sistem için detaylı bilgiler verilmiş ve kontrol fonksiyonları sınıflandırılmıştır. Türkiyede 7 Aralık 2010 tarihi itibari ile yayımlanan “Binalarda Enerji Performansı Ulusal Hesaplama Yöntemine Dair Tebliğ” ile binaların enerji performansının hesaplanması için gereken veriler belirtilmiş, kontrol fonksiyonlarının etkisinden bahsedilmiştir [23]. Bu bölümde söz konusu tebliğ doğrultusunda Türkiye’de yayımlanan hesaplama yöntemi incelenerek, bütün sistemler için hangi kontrol fonksiyonlarının gerektiği ve bunların binaların enerji performansını nasıl etkilediği üzerinde durulmuştur.

### **5.1 Isıtma Sistemleri**

Binalarda Enerji Performansı Ulusal Hesaplama Yöntemine göre ısıtma sistemleri 6 başlık altında toplanmaktadır.

- Sıcak Sulu Isıtma
- Doğrudan Elektrikle Isıtma
- Radyant Isıtıcı
- Soba ile Isıtma
- Elektrikli Isıtıcılar
- Isı Pompalı Sistemler

Isıtma yapılacak alana göre bu sistemlerden en uygun olanı seçilir. Eğer sıcak sulu ısıtma yapılıyor ise ısı üretici olarak kazan ya da ısı pompası kullanılır. Isıtma elemanı için ise radyatör, sulu gömülü sistem, konvektör, hava apareyi ya da HVAC ısıtması seçilebilir. Isı üreticinden ısıtma sistemine verilmesi gereken enerjide

kontrol ve emisyon kayıpları oluşmaktadır. Bu durumda oda sıcaklığının kontrolü, kazan çalışma sıcaklığı ve radyatörün yerleşim yerine bağlı olarak kontrol ve emisyon kayıpları hesaplanır [23]. Kontrol ve emisyon kayıpları mevcut elemanlardaki kontrol cihazları ve istenmeyen ısı geçişi dolayısıyla meydana gelen kayıplar olarak ifade edilmektedir. Sıcak su ile ısıtmada ısı elemanı olarak radyatörün kullanılması durumunda hesaplamada kullanılması gereken verim değerleri Çizelge 5.1'deki gibidir. Bu değerler her ısı üretici ve ısıtma elemanına göre değişiklik göstermektedir. Ayrıca, yüksekliği 4 m'den 10 m'ye kadar olan odalar için farklı, 10 m'den fazla olan odalar için ise farklı olmaktadır.

**Çizelge 5.1:** Isıtma sistemi için radyatör kullanıldığı durumda verim değerleri [23]

Parametreler		Verimler		
		$\eta_L$	$\eta_C$	$\eta_B$
Oda sıcaklığının kontrolü	Radyatör vanası		0,8	
	Termostatik vana		0,88	
	P kontrol (2K)		0,93	
	P kontrol (1K)		0,95	
	PI kontrol		0,97	
	Adaptif kontrol		0,99	
Tasarım sıcaklığı	90/70	$\eta_{L1}$	$\eta_{L2}$	
	70/55	0,88		
	55/45	0,93		
Radyatörün yeri	Radyatör iç duvarın üzerinde		0,87	
	Radyatör dış duvarın üzerinde			
	- Radyasyon korumasız pencere		0,83	
	- Radyasyon korumalı pencere		0,88	
- Normaldış duvar		0,95		

Isı üreticine sağlanması gereken enerji hesaplanırken ısı üreticinin ısıl gücü, yenilenebilir enerji katkısı gibi faktörlerin dışında pompa kontrolü ile entegre edilmiş ısı üreticileri için düzeltme faktörünü de hesaba katmamız gerekmektedir. Pompa kontrolünün olduğu uygulamalar daha verimli sistemler olduğundan, ısı üreticinin



gücü de artacaktır. Pompa kontrolünün mevcut olduğu durumlar için düzeltme faktörü; [23]

- Pompa kontrolü ile entegre edilmiş ısı üreteçleri için  $f_{g,PM} = 1$
- Pompa kontrolü ile entegre edilmiş ve kazan sıcaklığı dış sensörlerle kontrol edilen ısı üreteçleri için  $f_{g,PM} = 1,03$
- Pompa kontrolü ile entegre edilmiş ve kazan sıcaklığı iç sensörlerle kontrol edilen ısı üreteçleri için  $f_{g,PM} = 1,06$
- Pompa kontrolü bulunmayan ısı üreteçleri için  $f_{g,PM} = 1$  alınır.

Sıcak su ile ısıtma yapılan durumlarda ısıtma elemanı olarak hava apareyi veya konvektör kullanılması durumunda destek enerjisi kullanımı hesaba katılmalıdır. Bu durumda kontrol sisteminin, fanların ve pompaların destek enerjileri hesaplanır. Destek enerjisi hesaplanırken pompa kontrolü ile entegre edilmiş ısı üreteçlerinin sistemde mevcut olması durumunda düzeltme faktörü olan  $f_{g,PM}$  değerleri;

- $f_{d,PM}$  : Pompa kontrollü ısı üreteçleri için düzeltme faktörü
- Pompa kontrollü olmayan ısı üreteçleri için  $f_{d,PM} = 1$
- Kazan sıcaklık kontrolü dış sensörlerle yapılan pompa kontrollü ısı üreteçleri için  $f_{d,PM} = 0,75$
- Kazan sıcaklık kontrolü iç sensörlerle yapılan pompa kontrollü ısı üreteçleri için  $f_{d,PM} = 0,45$

Pompanın ebatları ve verim değerinin yanında, kısmi yük değerine ve kontrol performansına bağlı olarak hesaplama katılması gereken gider faktörü de vardır.

**Çizelge 5.2:** Isıtma sisteminde Gider faktörü için  $C_{p1}$  ve  $C_{p2}$  sabit değerleri [23]

Pompa Kontrolü	$C_{p1}$	$C_{p2}$
Kontrol yok	0,25	0,75
Sabit basınç farkı	0,75	0,25
Değişken basınç farkı	0,9	0,1

## 5.2 Soğutma Sistemi

Soğutma için enerji gereksinimi, merkezi HVAC sistemi ve mahal şartlandırma olmak üzere iki tipte incelenmektedir. Merkezi olarak soğutulmak istenen binalarda HVAC sistemi kullanılmaktadır. Soğutma sisteminin seçimi için bina tipi, kısmi yük

değerleri, sıcaklık seviyesi, kullanım şekli, yeniden soğutma tipi, kullanılıyor ise kompresör tipi gibi parametreler dikkate alınarak enerji hesabı yapılmalıdır [23].

Isıtma sistemlerinde olduğu gibi soğutma sisteminde de HVAC sistemi için kontrol ve emisyon kaybı hesabı yapılmaktadır. Bu değer hesaplanırken dağıtım etkenlik faktörü, kontrol ve emisyon etkenlik faktörü, kontrol ve emisyon duyulur etkenlik faktörü de hesaplamaya katılmalıdır. HVAC sistemi için kontrol ve emisyon duyulur etkinliği, hava soğutma cihazı çıkışında istenmeyen su buharı yoğuşması (nem alma) söz konusu olduğunda hesaba katılır.

**Çizelge 5.3:** HVAC sistemi için etkenlik faktörleri [23]

Soğutma sistemi	Soğutulmuş su giriş çıkış sıcaklıkları	$\eta_{c*,ce,sens}$	$\eta_{c*,ce}$	$\eta_{c*,d}$
Soğutulmuş su	6/12	0,87	0,9	0,95 (bina içindeki borular)
Soğutulmuş su	6/12	0,87	0,9	0,90 (bina içindeki borular)
Soğutulmuş su	14/18	1	0,9	0,95 (bina içindeki borular)
Soğutulmuş su	14/18	1	0,9	0,90 (bina içindeki borular)
Soğutulmuş su	18/20	1	1	1
Doğrudan genleşme		0,87	0,9	0,95 (bina içindeki borular)
Doğrudan genleşme		0,87	0,9	0,90 (bina içindeki borular)

Isıtma sisteminde olduğu gibi soğutma sisteminde de pompalar ile ilgili kontrol fonksiyonları bulunmaktadır. Sistemdeki pompaların işletim davranışları  $C_{p1}$  ve  $C_{p2}$  olan pompa güç kontrol yöntemlerine göre değişiklik göstermektedir.

**Çizelge 5.4:** Soğutma sistemlerinde Gider faktörü için  $C_{p1}$  ve  $C_{p2}$  değerleri [23]

Sabitler	Pompa Kontrolü	
	Kontrollü	Kontrolsüz
$C_{p1}$	0,85	0,25
$C_{p2}$	0,15	0,75

### 5.3 Havalandırma Sistemi

Binalarda Enerji Performansı Ulusal Hesaplama Yöntemine göre havalandırma sistemi hesabı, ısı değiştiricili havalandırma sistemlerine göre verilmiştir.

Isıtma ve soğutma sistemlerinde olduğu gibi havalandırma sisteminde de kontrol ve emisyon kayıpları hesaplanmaktadır. Bu hesaplamanın yapılabilmesi için hidrolik denge faktörü, kesintili çalışma faktörü, ışınlım faktörü gibi parametrelerin yanında alan ısı kontrol ve emisyon etkinliğinin de bulunması gerekmektedir. Çizelge 5.5’de bazı havalandırma sistemleri için genel kontrol ve emisyon verimlilik değerlerinin bir kısmı verilmektedir. Bu ısı kayıplar sıcak havanın iç akış etkisini ve kontrol mekanizmalarının etkilerini göz önünde bulundurmaktadır. Bu çizelgede gösterilen  $\theta_{L,m}$  değeri hava kanallarındaki ortalama sıcaklığı ifade etmektedir [23].

**Çizelge 5.5:** Oda Isı Kontrolü ve Emisyonu için Genel Verim [23]

Sistem	Sıcaklık kontrol yöntemi	$\eta_{rv,ce}$
Hava sıcaklığı <sup>a</sup> $\theta_{L,m} > \theta_I$ olan konut havalandırma sistemleri Hava santral dış duvarda	PI kontrolörü ile tek oda kontrolü (optimizasyon fonksiyonu ile)	0,93
	P kontrolörü ile bölge kontrolü(1K)-ısı değiştiricisi ile	0,91
	P kontrolörü ile bölge kontrolü(1K)-ısı değiştiricisi olmadan	0,90
	Isı değiştiricisi ile ve tek –oda kontrolü olmadan emilen hava/besleme havası ısı pompası (merkezi master kontrol ve pilot oda kontrolü ile) P kontrolörü ile kontrol edilen tek odalı geri ısıtmayı içererek (1K)	0,93
Hava sıcaklığı <sup>a</sup> $\theta_{L,m} > \theta_I$ olan konut havalandırma sistemleri Hava santral dış duvarda	PI kontrolörü ile tek oda kontrolü (optimizasyon fonksiyonu ile)	0,90
	P kontrolörü ile zon kontrolü (1K)-ısı değiştiricisi ile	0,89
	P kontrolörü ile bölge kontrolü (1K)-ısı değiştiricisi olmadan	0,88
	Sadece ısı pompası bileşeni için tek-oda kontrolü olmadan emile hava/besleme havası ısı pompası (merkezi master kontrol ve pilot oda kontrolü ile)	0,85

**Çizelge 5.5 (devam):** Oda Isı Kontrolü ve Emisyonu için Genel Verim [23]

Hava sıcaklığı <sup>a</sup> $\theta_{L,m} < \theta_I$ olan konut havalandırma sistemleri	Beslemesiz (yedekli olmadan) yeniden ısıtılmalı ısı değiştiricisi	1,00
	Beslemeli (yedekli) yeniden ısıtılmalı ısı değiştiricisi	0,99
	Dışardan monte edilmiş hava transfer cihazı	1,00

#### 5.4 Kullanım Sıcak Suyu

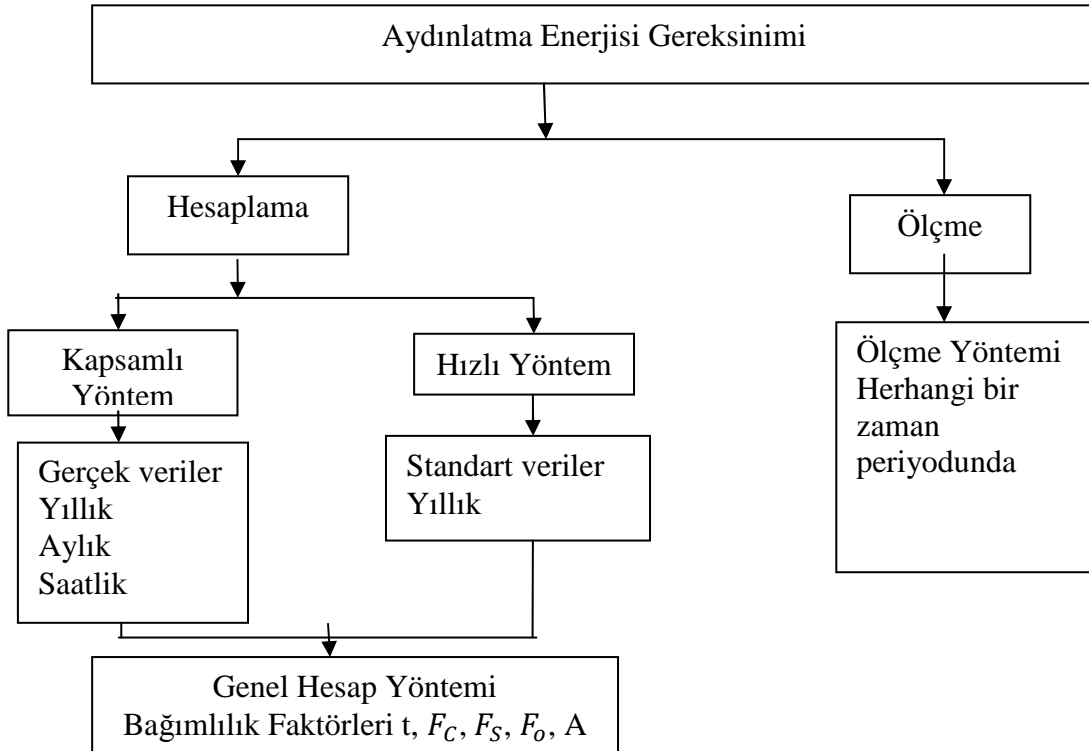
Sıcak suyun kullanımında dolaşım pompasının performansını değerlendirmek için gider faktörü diğer sistemlerde olduğu gibi  $C_{p1}$  ve  $C_{p2}$  pompa güç kontrol yöntemlerine bağlıdır.

**Çizelge 5.6:** Sıcak su sistemi için dolaşım pompasının  $C_{p1}$  ve  $C_{p2}$  değerleri [23]

Pompa Kontrolü	$C_{p1}$	$C_{p2}$
Kontrolsüz	0,25	0,94
Kontrollü	0,50	0,63

#### 5.5 Aydınlatma Sistemi

“Binalarda Enerji Performansı Ulusal Hesaplama Yöntemi” ne göre aydınlatma enerjisinin hesaplanabilmesi için akış şeması Şekil 5.1’de gösterildiği gibidir.



**Şekil 5.1:** Aydınlatma enerjisi gereksiniminin belirlenmesinde farklı yolları gösteren akış diyagramı

Binalarda aydınlatma enerjisi gereksiniminin hesaplanması için iki yöntem mevcuttur. Bunlardan birisi hızlı yöntem, diğeri de kapsamlı yöntemdir. Hızlı yöntem konut binalarında aydınlatma için tüketilen enerjinin hesaplanmasında kullanılmaktadır. Hesaplama, konutların saatlik kullanım oranlarını temel alarak uygulanmıştır.

Kapsamlı yöntem ise konut binalarının dışındaki ofisler, hastaneler, toptan ve parakende satış yapan ticari binalar için kullanılmaktadır. Bu hesaplama yönteminde kullanım oranları, kontrol sistemi, gün ışığı etkisi gibi parametreler de hesaba katılarak daha detaylı bir aydınlatma enerjisi tüketimi hesaplanmaktadır. Bu yöntemi kullanarak herhangi bir t zaman aralığı için harcanan toplam enerji eşitlik 5.1'deki gibidir.

$$W_t = W_{L,t} + W_{p,t} \text{ ( kWh )} \quad (5.1)$$

Eşitlikte görüldüğü gibi toplam aydınlatma enerjisinin hesaplanabilmesi için aydınlatma amaçlı harcanan enerji ile parazit güç için harcanan enerjinin belirlenmesi gerekmektedir. Aydınlatma için harcanan enerji 5.1a denkleminde gösterildiği gibi bulunmaktadır. Bu denklemde  $P_n$  bir hacim veya bölüme ilişkin toplam kurulu aydınlatma gücünü,  $F_C$ ,  $F_D$ ,  $F_o$  bağımlılık faktörlerini ifade etmektedir. Kapsamlı yöntem gereği aydınlatma enerjisinin hesaplanması için bu bağımlılık faktörlerinin de hesaplanması gerekmektedir. 5.1b'deki denklem ise parazit güç için harcanan enerjiyi hesaplamak için kullanılmaktadır. Bu denklemde  $P_{pc}$  bir hacim veya bölümdeki tüm aygıtların kontrol sistemine ilişkin toplam gücü,  $P_{em}$  ise bir hacim veya bölümdeki acil durum aydınlatma aygıtlarının şarj devrelerine ilişkin toplam gücü göstermektedir.

$$W_{L,t} = \sum \{ P_n \times F_C \cdot [(t_D \times F_o \times F_D) + (t_N \times F_o)] \} / 1000 \text{ ( kWh )} \quad (5.1a)$$

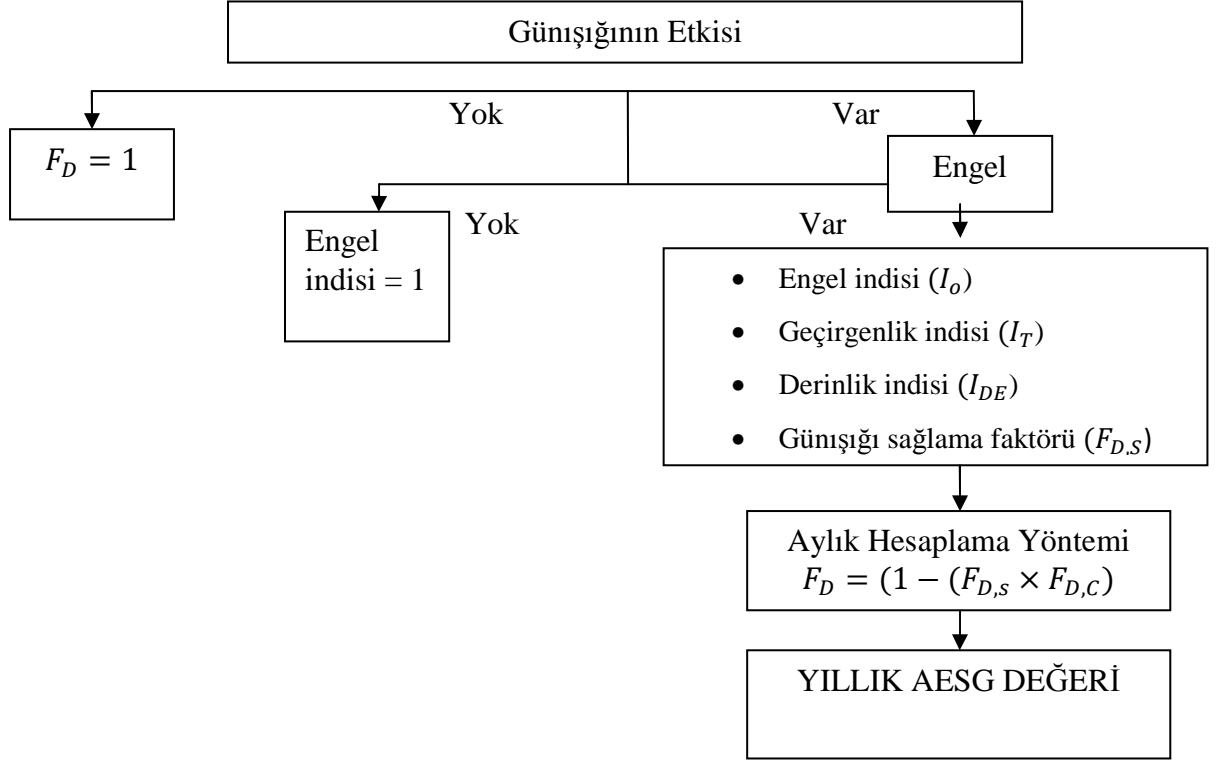
$$W_{p,t} = \sum \{ \{ P_{pc} \times [(t_y - (t_D + t_N))] \} + (P_{em} \cdot t_{em}) \} / 1000 \text{ ( kWh )} \quad (5.1b)$$

### 5.5.1 Bağımlılık Faktörleri

Binanın aydınlatma enerji performansına etki eden bazı parametreler bulunmaktadır. Bu parametreler günışığı bağımlılık faktörü, kullanıma bağlı faktör, sabit aydınlık faktörüdür.

### 5.5.1.1Günüşığı Bağımlılık Faktörü

Bir hacim veya bölümde toplam kurulu aydınlatma gücünün günüşığına bağı tüketimine ilişkin faktör olarak tanımlanmaktadır. Bina türleri için gün ışığı etkisini, kullanım oranlarını ve kontrol sistemini de dikkate alarak aydınlatma enerjisi tüketimini hesaplamakta kullanılır.



Şekil 5.2: Günüşığı bağımlılık faktörünün belirlenmesi ile ilgili akış diyagramı

Günüşığı bağımlılık faktörü denklem 5.2 'de verildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$F_{D,n} = 1 - (F_{D,S,n} \times F_{D,C,n}) \quad (5.2)$$

Bu denklemde  $F_{D,S,n}$  belirli bir n bölümünde günüşığı dikkate alan günüşığı sağlama faktörü ve  $F_{D,C,n}$  yapay aydınlatma kontrol tipine bağı değişkenleri ifade etmektedir.

Günüşığı etkisinin hesaplanabilmesi için ilk önce aydınlatma enerji tüketimi hesabı yapılacak hacmin alanını bulmak gerekir. Daha sonra bu alan günüşığı alan bölümler ve günüşığı almayan bölümler olarak iki ayrı hacime ayrılır. Hacime ilişkin parametrelerin, cephe geometrisinin ve dış engellerin hacime giren günüşığı üzerindeki etkisi günüşığı faktörü kavramı kullanılarak dikkate alınmaktadır.

Günüşığı bağımlılık faktörünün etkisinin hesaplanabilmesi için öncelikli olarak gün ışığı sağlama faktörü olan  $F_{D,S,n}$ 'nin hesaplanması gerekmektedir. Bu faktör

geçirgenlik indisine, derinlik indisine ve engel indisine bağlıdır. Bu faktörleri hesaba katarak binanın gün ışığı faktörü bulunur ve sınıflandırılır.

Geçirgenlik indisi olan  $I_T$  ;

$$I_T = A_C / A_D \quad (5.3)$$

olarak hesaplanmaktadır.

Derinlik indisi olan  $I_{DE}$  ;

$$I_{DE} = a_D / (h_{Li} - h_{çd}) \quad (5.4)$$

olarak hesaplanmaktadır.

Engel indisi olan  $I_o$  ;

$$I_o = I_{o,OB} \times I_{o,OV} \times I_{o,SF} \times I_{o,CA} \times I_{o,GDF} \quad (5.5)$$

ile hesaplanmaktadır.

Hesaplanan  $I_o$  değeri ile bir pencere için bütün engellerden kaynaklanan faktörlerin etkisi bulunmuş olur. 5.5 denkleminde verilen  $I_{o,OB}$  karşı bina engeli için düzeltme faktörünü,  $I_{o,OV}$  yatay saçak için düzeltme faktörünü,  $I_{o,SF}$  düşey gölgeleme elemanı için düzeltme faktörünü,  $I_{o,CA}$  avlu veya atrium için düzeltme faktörünü,  $I_{o,GDF}$  ise camlı çift cidarlı cephe için düzeltme faktörünü ifade etmektedir. Bu indislerin hesaplanması ile bir hacmin gün ışığı faktörü;

$$D_C = ( 4.13 + 20 I_T - 1.36 I_{DE} ). I_o \quad (5.6)$$

denklemleri ile bulunur.

Günüşığı faktörü bu parametreler doğrultusunda hesaplandıktan sonra günüşığı faktörünü sınıflandırmak gerekir. Gün ışığı faktörünün sınıflandırılması için denklem 5.7'de verilen formül uygulanır. Gün ışığı faktörünü etkileyen diğer parametreler cam türlerine göre değişen ışık geçirgenlik değerleri( $\tau$ ), pencere doğrama çarpanı( $k_1$ ), cam kirlilik faktörü( $k_2$ ), dik gelmeyen ışık düzeltilmesi( $k_3$ ) gibi faktörler olduğundan sınıflandırılmanın yapılabilmesi için bu değerlerin de bilinmesi gereklidir.

$$D = D_C \cdot \tau \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \quad (5.7)$$

Hesaplanan  $D_c$  ve  $D$  değerlerine göre gün ışığı faktörü sınıflandırılması yapılmaktadır. Bu sınıflandırmaya göre gün ışığı etkisi güçlü, orta, zayıf ve etkisiz olarak belirlenmektedir.

**Çizelge 5.7:**  $D_c$  ve  $D$  değerlerine göre gün ışığı etkisinin belirlenmesi [22]

Sınıflandırma		Gün ışığı etkisi
$D_c$	$D$	
$D_c \geq \% 6$	$D \geq \% 3$	Güçlü
$\% 6 > D_c \geq \% 4$	$\% 3 > D \geq \% 2$	Orta
$\% 4 > D_c \geq \% 2$	$\% 2 > D \geq \% 1$	Zayıf
$D_c < \% 2$	$1 > \% D$	Etkisiz

Günüşiği sağlama faktörü denklem 5.8 de verildiği gibi hesaplanmaktadır. Bu faktör enleme ve günüşiği etkisine göre hesaplanmaktadır.

$$F_{D,S} = a_{fds} + b_{fds} \cdot \gamma_{enlem} \quad (5.8)$$

Bu denklemde verilen a ve b katsayıları hacimde istenilen aydınlık düzeyine ve günüşiği etkisine göre değişen katsayılardır.

**Çizelge 5.8:**  $F_{D,S}$  değerinin hesaplanması için a ve b katsayıları [22]

Aydınlık Düzeyi	Günüşiği etkisi	$a_{fds}$	$b_{fds}$
300	Zayıf	1,2425	-0,0117
	Orta	1,3097	-0,0106
	Güçlü	1,2904	-0,0088
500	Zayıf	0,9432	-0,0094
	Orta	1,2425	-0,0117
	Güçlü	1,322	-0,011
750	Zayıf	0,6692	-0,0067
	Orta	1,0054	-0,0098
	Güçlü	1,2812	-0,0121

Çizelge 5.8'de verilen katsayıları ve enlem derecelerini kullanarak Türkiye için aydınlık düzeyi ve günüşiği etkisine bağlı olarak hesaplanan değerler Çizelge 5.9'da verildiği gibidir.



**Çizelge 5.9 : Türkiye’de yer alan enlemler için hesaplanmış  $F_{D,S}$  [23]**

Aydınlık Düzeyi(lx)	Gün ışığı etkisi	Enlem					
		36	37	38	39	40	41
300	Zayıf	0,8213	0,8096	0,7979	0,7862	0,7745	0,7628
	Orta	0,9281	0,9175	0,9069	0,8963	0,8857	0,8751
	Güçlü	0,9736	0,9648	0,956	0,9472	0,9384	0,9296
500	Zayıf	0,6048	0,5954	0,586	0,5766	0,5672	0,5578
	Orta	0,8213	0,8096	0,7979	0,7862	0,7745	0,7628
	Güçlü	0,926	0,915	0,904	0,893	0,882	0,871
750	Zayıf	0,428	0,4213	0,4146	0,4079	0,4012	0,3945
	Orta	0,6526	0,6428	0,633	0,6232	0,6134	0,6036
	Güçlü	0,8456	0,8335	0,8214	0,8093	0,7972	0,7851

Denklem 5.2’de görüldüğü gibi günışığı bağımlılık faktörüne etki eden diğer bir parametre ise yapay aydınlatma kontrol sisteminin etkisidir. Bu değer yapay aydınlatma kontrol sisteminin elle veya otomatik olması durumuna ve günışığı girişine bağlı olarak verilmiştir.

**Çizelge 5.10 : Gün ışığı girişine bağlı olarak  $F_{D,C}$  değerleri [23]**

Yapay aydınlatma sisteminin kontrolü	Günışığı girişine bağlı olarak $F_{D,C,n}$ değerleri		
	Zayıf	Orta	Güçlü
Elle	0,2	0,3	0,4
Otomatik	0,75	0,77	0,85

#### 5.5.1.2 Kullanıma Bağlı Faktör

Aydınlatma enerjisi tüketimini etkileyen diğer bir faktör de kullanıma bağlı durumdur. Bina tiplerine göre kullanıcı yoğunlukları farklı olabildiği gibi, bina içerisinde de saatlere göre kullanıcı durumları farklılık gösterebilmektedir. Bu nedenden dolayı kullanıcı etkisinin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Burada  $F_o$  kullanıma bağlı faktörü ifade etmektedir ve  $F_o$ ’ın 1 olduğu durumlarda hesaplama yapılmasına gerek yoktur.  $F_o$  değeri 1 den küçük olduğu durumlarda hesaplama yapmak gerekmektedir. Aydınlatma merkezi olarak kontrol edilmediği durumlarda ve  $30 m^2$ ’ den küçük hacimlerde aydınlatma elemanları birlikte anahtarlandığında veya otomatik hareket sensörünün etki ettiği alan aydınlatılan

alana eşit veya yakın olması durumunda  $F_o$  değeri 1'den küçük olur. Aydınlatma merkezi olarak açılıp kapatılıyor ve  $30 \text{ m}^2$ 'den büyük bir alan tek bir anahtara bağlanıyor ise  $F_o$  değeri 1 alınır [17].  $F_o$  faktörünün aydınlatma kontrolüne ve yokluk durumuna bağlı olarak hesaplanması denklem 5.9 da verildiği gibidir. Bu denklemlerde  $F_{oc}$  aydınlatma kontrolüne bağlı faktörü,  $F_A$  ise yokluk faktörünü ifade eder. Yokluk faktörü kullanıcının bulunmamasına ilişkin faktördür. TS EN 15193 standardında bina ve hacim türlerine göre  $F_A$  yokluk değerleri ayrıntılı olarak verilmektedir.

$$F_o = [7 - (10 \times F_{oc})] \times (F_A - 1) \text{ (eğer } 0.9 \leq F_A \leq 1 \text{ )} \quad (5.9)$$

$$F_o = 1 - [(1 - F_{oc}) \times F_A / 0.2] \text{ ( eğer } 0 \leq F_A < 0.2 \text{ )} \quad (5.9a)$$

$$F_o = F_{oc} + 0.2 - F_A \text{ ( eğer } 0.2 \leq F_A \leq 0.9 \text{ )} \quad (5.9b)$$

**Çizelge 5.11 : Aydınlatma kontrolüne bağlı faktör [23]**

<b>Otomatik hareket sensörü olmayan mekanlar</b>	$F_{oc}$
Elle açma kapama anahtarı	1.00
Elle açma kapama anahtarı – otomatik söndürme sinyali ilaveli	0.95
<b>Otomatik hareket sensörü olan mekanlar</b>	$F_{oc}$
Otomatik açma / loşlaştırma	0.95
Otomatik açma / kapama	0.90
Elle (manuel) açma /loşlaştırıcı	0.90
Elle (manuel) açma /kapama	0.80

### 5.5.1.3 Sabit Aydınlık Faktörü

Aydınlatma enerjisi tüketimini hesaplamak için bilinmesi gereken diğer bir faktör ise sabit aydınlık faktörüdür.  $F_c$  olarak gösterilen bu faktör belirli bir zaman aralığı için ortalama giriş gücünün son kurulu çıkış gücüne oranı olarak tanımlanır. Sabit aydınlık faktörü, bir hacimde loşlaştırılabilir aydınlatma sistemi kontrolü olması durumunda hesaba katılmaktadır. Denklem 5.10'da görüldüğü gibi sabit aydınlık faktörü bakım faktörüne bağlıdır.

$$F_c = (1 + MF) / 2 \quad (5.10)$$

Loşlaştırma sistemi kullanılan bir hacimde farklı türde lambaların kullanılması durumunda ortalama sabit aydınlık faktörü  $F_c$ , lambaların ışık akılarına ve sabit aydınlık faktörü değerlerine bağlı bir ağırlıklı ortalama ile hesaba katılır.

## **6.AYDINLATMA ENERJİ PERFORMANSINDA KONTROL SİSTEMLERİNİN ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

Bu bölümde önce Türkiye’de yayımlanan “Bina Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi”ne göre bir hacmin aydınlatma enerji gereksinimini hesaplayabilmek için örnek bir inceleme çalışması yapılmıştır. Bu çalışmadaki amaç; kontrol sistemlerinin toplam aydınlatma enerjisi tüketimi ve binanın aydınlatma enerji performansı sınıfı üzerindeki etkisini belirleyebilmektir.

Elimizde aydınlatma enerji gereksinimi hesabı yöntemi ve farklı ülkelerin referans değer örnekleri mevcut olduğu için, Bölüm 5’de anlatılan bilgiler kapsamında yapılan bu çalışmada mekaniksel sistemler için enerji ihtiyacı hesaplanmamış, sadece aydınlatma enerji gereksiniminin hesaplanması ile ilgili inceleme gerçekleştirilebilmiştir.

Aydınlatma enerjisi tüketiminin hesaplanması için 10 x 20 metre karelik bir ofis alanı tasarlanmış ve ancak ofis amaçlı bir binada bulunabilecek koridor, tuvalet gibi bazı bölümler hesaplama dahil edilmemiştir. Hacim, sadece açık ofis olarak tanımlanmıştır.

Aydınlatma enerjisi tüketimine etki eden parametreler belirlenerek, her bir parametrenin binanın aydınlatma enerji performansını ne derece etkilediği ortaya çıkarılmıştır. Bu parametreler gün ışığı bağımlılık faktörü ( $F_D$ ), kullanıma bağlı faktör ( $F_o$ ) ve sabit aydınlık faktörü ( $F_c$ )’dür. Ancak bu çalışmada sabit aydınlatma faktörü hesaplama dahil edilmemiştir.

Gün ışığı etkisi her bölgede farklılık gösterdiği için, enlem dereceleri farklı olan İstanbul ve Diyarbakır şehirlerinde aynı özelliklere sahip ofis hacmi dikkate alınarak iki ayrı inceleme çalışması yapılmıştır. Bu yolla gün ışığı bağımlılık faktörü etkisinin net bir şekilde ortaya koyulabilmesi amaçlanmıştır.

Yapılan çalışmada, TS EN 12464-1 “Işık ve Işıklandırma - İş mahallerinin aydınlatılması - Bölüm 1: Kapalı alandaki iş mahalleri” [24] esas alınıp DIALUX aydınlatma tasarım programı kullanılarak, 300 lx, 500 lx ve 750 lx değerlerinde

ortalama aydınlık düzeyleri ve diğer aydınlatma kalite kriterleri sağlanacak şekilde gerekli armatür tip ve sayıları hesaplanmış ve bu hesaplamalar EK-C’de verilmiştir. Kullanılan armatür sayısı ve sağlanan aydınlık düzeyi değerleri Çizelge 6.1’de verilmektedir. Tasarım hesaplarında Philips TBS160 2xTL-D36W HFF P tipi armatürler kullanılmıştır. Ayrıca, otomatik kontrolün olduğu durumda çekilen parazit güç, yönetmelikte verildiği şekilde 5 kWh/m<sup>2</sup>.yıl olarak alınmış ve acil durum aydınlatmasının olmadığı kabul edilmiştir

**Çizelge 6.1:** Aydınlık düzeylerine göre kullanılacak armatür sayısı

Sağlanan Aydınlık Düzeyi (lx)	Armatür Sayısı
309	20
534	35
743	49

### 6.1 İstanbul Bölgesi İçin İnceleme

Aydınlatma enerjisi tüketiminin hesaplanmasında ilk olarak enlem derecesi 41 olan İstanbul için gün ışığı bağımlılık faktörleri ( $F_D$ ) hesaplanmıştır. Çizelge 5.8’de verilen katsayılar denklem 5.8’de kullanılarak, “gün ışığı sağlama faktörü” ( $F_{D,S}$ ) 300 lx, 500 lx ve 750 lx aydınlık düzeyleri için hesaplanmıştır. Gün ışığı faktörünü ( $F_D$ ) hesaplamak için gün ışığı sağlama faktörünün ( $F_{D,S}$ ) yanı sıra yapay aydınlatma kontrolünü ( $F_{D,C}$ ) de hesaplamaya dahil etmek gerekmektedir. Yapay aydınlatma kontrolünü ( $F_{D,C}$ ) de dikkate alarak denklem 5.2’deki eşitlik ile günışığı bağımlılık faktörleri ( $F_D$ ) Çizelge 6.2’de verildiği gibi bulunmuştur.

**Çizelge 6.2 :** İstanbul için günışığı bağımlılık faktörü ( $F_D$ )

Günışığı etkisi	Yapay aydınlatma sistemi	Aydınlık Düzeyi		
		300 lx	500 lx	750 lx
Zayıf	Elle kontrol	0,84744	0,88844	0,9211
Orta	Elle kontrol	0,7377	0,77116	0,81892
Güçlü	Elle kontrol	0,62816	0,6516	0,68596
Zayıf	Otomatik kontrol	0,4279	0,58165	0,704125

**Çizelge 6.2 (devam):** İstanbul için günışığı bağımlılık faktörü ( $F_D$ )

Orta	Otomatik kontrol	0,326173	0,412644	0,535228
Güçlü	Otomatik kontrol	0,20984	0,25965	0,332665

Aydınlatma enerjisi tüketimini etkileyen diğer bağımlılık faktörü ise kullanıma bağlı faktör olan  $F_o$ 'dur.  $F_o$  değeri aydınlatma kontrolüne bağlı  $F_{oc}$  faktörüne ve yokluk faktörünü gösteren  $F_A$  değerine bağlıdır. Her binanın kendine özgü yokluk faktörleri ( $F_A$ ) TS EN 15193 “Binalarda enerji performansı - Aydınlatma için enerji özellikleri” standardında, bina ve hacim türüne göre verilmiştir [24]. Örneğin ofis binaları için 6 kişinin üstünde ve alanı  $30 \text{ m}^2$ 'den fazla olan yapılar için yokluk faktörü ( $F_A$ ) 0; 6 kişinin üstünde ve  $10 \text{ m}^2$ 'nin üzerinde olan yapılar için ise yokluk faktörü ( $F_A$ ) 0.2 olarak belirtilmiştir. Bu çalışmada örnek alınan ofis alanı  $10 \text{ m}^2$ 'den büyük olmasına rağmen, yokluk faktörünün ( $F_A$ ) etkisini daha detaylı inceleyebilmek amacıyla, yokluk faktörü ( $F_A$ ) 0.2 alınarak da hesaplamalar tekrarlanmıştır. Yokluk faktörlerini ( $F_A$ ) de göz önüne alarak denklem 5.9, 5.9a, 5.9b'de verilen eşitlikler doğrultusunda kullanıma bağlı faktör olan  $F_o$  değerleri hesaplanmış ve Çizelge 6.3'de verilmiştir.

**Çizelge 6.3 :** Farklı kontrol sistemleri için  $F_A$  değerlerine bağlı  $F_o$  değerleri

$F_A$	0	0,2
Elle açma kapama anahtarı	1,00	1,00
Elle açma kapama anahtarı – otomatik söndürme sinyali ilaveli	1,00	0,95
Otomatik açma / loşlaştırma	1,00	0,95
Otomatik açma / kapama	1,00	0,9
Elle (manuel) açma /loşlaştırıcı	1,00	0,9
Elle (manuel) açma /kapama	1,00	0,8

Aydınlatma enerjisi tüketiminin hesaplanabilmesi için gerekli olan verilerden birisi de hacmin bulunduğu bölgede çalışma saatleri boyunca gün ışığından faydalanılan ve faydalanılmayan sürelerinin hesaplanmasıdır. Bu değerler Çizelge 6.4'de İstanbul için verilmiştir. Çizelgede belirtilen  $t_D$  değeri yıllık, aylık ve günlük olarak gün ışığından faydalanılan süreyi,  $t_N$  değeri ise gün ışığından faydalanılmayan süreleri göstermektedir.

**Çizelge 6.4 : İstanbul için hesaplanan  $t_D$  ve  $t_N$  değerleri**

İstanbul	İşgünü Sayısı	Günlük toplam saat (h)		Aylık toplam saat(h)	
		$t_D$	$t_N$	$t_D$	$t_N$
Ocak	22	7,53	1,47	165,66	32,34
Şubat	20	8,3	0,3	182,6	6,6
Mart	22	9	0	198	0
Nisan	22	9	0	198	0
Mayıs	22	9	0	198	0
Haziran	22	9	0	198	0
Temmuz	22	9	0	198	0
Ağustos	22	9	0	198	0
Eylül	22	9	0	198	0
Ekim	22	8,2	0,4	180,4	8,8
Kasım	22	7,41	1,19	163,02	26,18
Aralık	22	7,31	1,69	160,82	37,18
Yıllık toplam saat				2238,5	111,1

Bu hesaplamada değişken olan parametreler günışığı bağımlılık faktörü olan  $F_D$  ve kullanıma bağlı faktör olan  $F_o$  olduğu için  $F_D \cdot F_o$  değişimlerini detaylı bir şekilde incelemek gerekmektedir. Çizelge 6.5 ortalama 300 lx aydınlık düzeyinin sağlanması gereken bir ofis alanı için  $F_D \cdot F_o$  değişimlerini göstermektedir.

**Çizelge 6.5 : 300 lx için  $F_D \cdot F_o$  matrisi**

$F_o \backslash F_D$	1	0,95	0,9	0,8
0,20984	0,20984	0,199348	0,188856	0,167872
0,326173	0,326173	0,309864	0,2935557	0,2609384
0,4279	0,4279	0,406505	0,38511	0,34232
0,62816	0,62816	0,596752	0,565344	0,502528
0,73747	0,73747	0,700597	0,663723	0,589976
0,84744	0,84744	0,805068	0,762696	0,677952

Bu tablodan görüldüğü üzere  $F_D$  6 farklı,  $F_o$  ise 4 farklı değere sahiptir. Bu durumda  $F_D \cdot F_o$  24 farklı değer alacaktır. Her bir durum için aydınlatma enerjisi tüketimi de farklı olmaktadır. En iyi hal olan gün ışığının güçlü ve otomatik kontrolün olduğu durumda gün ışığı bağımlılık faktörü'nün ( $F_D$ ) değeri 0,20984 iken, kullanıma bağlı

faktör olan ( $F_o$ ) değeri minimum yani 0,8 olduğunda ise  $F_D * F_o$  değeri 0,167872 olmaktadır. En kötü hal olan gün ışığının zayıf ve elle kontrolün olduğu durum için gün ışığı bağımlılık faktörü ( $F_D$ ) değeri 0,84744 iken, kullanıma bağlı faktör olan ( $F_o$ ) değeri maksimum yani 1 olduğunda  $F_D * F_o$  değeri 0,84744 olmaktadır.  $F_D * F_o$  değeri aydınlatma enerjisi tüketimini doğrudan etkileyen bir parametre olduğundan enerji performansını da etkileyecektir. Çizelge 6.6 ve Çizelge 6.7’de 500 lx ve 750 lx için de  $F_D * F_o$  değerleri verilmektedir.

**Çizelge 6.6 : 500lx için  $F_D * F_o$  matrisi**

$F_o \backslash F_D$	1	0,95	0,9	0,8
<b>0,25965</b>	0,25965	0,246668	0,233685	0,20772
<b>0,412644</b>	0,412644	0,392012	0,3713796	0,3301152
<b>0,58165</b>	0,58165	0,552568	0,523485	0,46532
<b>0,6516</b>	0,6516	0,61902	0,58644	0,52128
<b>0,77116</b>	0,77116	0,732602	0,694044	0,616928
<b>0,88844</b>	0,88844	0,844018	0,799596	0,710752

**Çizelge 6.7 : 750lx için  $F_D * F_o$  matrisi**

$F_o \backslash F_D$	1	0,95	0,9	0,8
0,332665	0,332665	0,316032	0,2993985	0,266132
0,535228	0,535228	0,508467	0,4817052	0,4281824
0,68596	0,68596	0,651662	0,617364	0,548768
0,704125	0,704125	0,668919	0,6337125	0,5633
0,81892	0,81892	0,777974	0,737028	0,655136
0,9211	0,9211	0,875045	0,82899	0,73688

Yukarıdaki çizelgelerden görüldüğü üzere  $F_D * F_o$  değeri aydınlatma enerjisi tüketimi için önemli bir parametredir. Bu parametrenin etkisi incelendikten sonra binanın toplam aydınlatma enerjisi tüketimi denklem 5.1 kullanılarak hesaplanmıştır. Bu hesaplama yapılırken kurulu güç için gerekli aydınlık düzeylerine göre DIALUX programında hesaplanan armatür tip, lamba ve balast güçleri ve sayıları esas alınmıştır. Ortalama 300lx aydınlık düzeyi sağlanabilmesi için Philips marka içlerinde 2 adet elektronik balastlı 36 W’lık tüp flüoresan lamba bulunan armatürlerden herbir sırada 5 adet, 4 sıralı olarak toplam 20 adet kullanılmıştır. Bu durumda ortalama 300 lx için kurulu güç, herbir lambanın balast dahil şebekeden toplam 36 W çekmesi durumunda toplam 1440 W olarak hesaplanmaktadır. Ortalama 500 lx aydınlık düzeyi sağlanabilmesi için yine Philips marka içlerinde 2

adet elektronik balastlı 36 W'lık tüp flüoresan lamba bulunan armatürlerden herbir sırada 7 adet, 5 sıralı olarak toplam 35 adet kullanılmıştır. Bu durumda ortalama 500 lx için kurulu güç, herbir lambanın balast dahil şebekeden toplam 36 W çekmesi durumunda toplam 2520 W olarak hesaplanmaktadır. Aynı hesaplamalar ortalama 750 lx aydınlık düzeyi sağlanabilmesi için tekrarlanmış ve Philips marka içlerinde 2 adet elektronik balastlı 36 W'lık tüp flüoresan lamba bulunan armatürlerden herbir sırada 7 adet, 7 sıralı olarak toplam 49 adet kullanılmıştır. Ortalama 750 lx için kurulu güç herbir lambanın balast dahil şebekeden toplam 36 W çekmesi durumunda toplam 3528 W olarak hesaplanmıştır. Önceden belirtildiği gibi parazit güç için yönetmelikte belirtilen standart değer olan 5 kWh/m<sup>2</sup>.yıl alınmıştır. Bu veriler ile İstanbul bölgesindeki örnek ofis hacmi için aydınlatma enerjisi tüketimi hesaplanmıştır. 300 lx aydınlık düzeyi için aydınlatma enerjisi tüketimi en verimli durum için 1669 kWh/yıl, en verimsiz durum için ise 3891,7 kWh/yıl olarak bulunmuştur. Çizelge 6.8, 6.9, 6.10 aydınlık düzeyine göre aydınlatma enerji tüketiminin değişimini ve buna bağlı olarak AESG (Aydınlatma Enerjisi Sayısal Göstergesi)'ni göstermektedir. Çizelge 6.11'de ise aydınlık düzeyleri ile AESG değerleri arasındaki ilişki gösterilmektedir.



**Çizelge 6.8 :** Ortalama 300 lx aydınlık düzeyinin sağlandığı 200 m<sup>2</sup> ofis binası için aydınlatma enerjisi tüketimi (İstanbul)

P <sub>n</sub> (W)	F <sub>c</sub>	t <sub>D</sub> (h)	t <sub>N</sub> (h)	W <sub>p</sub> (kWh)	F <sub>D</sub> / F <sub>o</sub>	W (kWh/yıl)				AESG (kWh/yıl.m <sup>2</sup> )			
						1	0,95	0,9	0,8	1	0,95	0,9	0,8
1440	1	2238,5	111,1	1000,0159	0,20984	1836,407	1794,587	1752,768	1669,128	9,182	8,972	8,763	8,345
1440	1	2238,5	111,1	1000,0159	0,326173	2211,399	2150,83	2090,261	1969,122	11,056	10,754	10,451	9,845
1440	1	2238,5	111,1	1000,0159	0,4279	2539,31	2462,345	2385,381	2231,451	12,696	12,311	11,926	11,157
1440	1	2238,5	111,1	1000,0159	0,62816	3184,836	3075,595	2966,354	2747,872	15,924	15,377	14,831	13,739
1440	1	2238,5	111,1	1000,0159	0,73747	3537,19	3410,332	3283,473	3029,755	17,685	17,051	16,417	15,148
1440	1	2238,5	111,1	1000,0159	0,84744	3891,672	3747,089	3602,506	3313,340	19,458	18,735	18,012	16,566

P<sub>n</sub> :Toplam kurulu aydınlatma gücü, F<sub>c</sub> : Sabit aydınlık faktörü, F<sub>D</sub> : Günişliği bağımlılık faktörü, F<sub>o</sub>: kullanıma bağlı faktör, t<sub>D</sub>: günışığı alan saatler, t<sub>N</sub>: günışığı almayan saatler,W<sub>p</sub> : aygıtla ilişkin parazit güç, W: toplam aydınlatma enerjisi tüketimi

**Çizelge 6.9 :** Ortalama 500 lx aydınlık düzeyinin sağlandığı 200 m<sup>2</sup> ofis binası için aydınlatma enerjisi tüketimi (İstanbul)

P <sub>n</sub> (W)	F <sub>c</sub>	t <sub>D</sub> (h)	t <sub>N</sub> (h)	W <sub>p</sub> (kWh)	F <sub>D</sub> / F <sub>o</sub>	W (kWh/yıl)				AESG (kWh/yıl.m <sup>2</sup> )			
						1	0,95	0,9	0,8	1	0,95	0,9	0,8
2520	1	2238,5	111,1	1000,0159	0,25965	2744,679	2657,446	2570,213	2395,746	13,723	13,287	12,851	11,978
2520	1	2238,5	111,1	1000,0159	0,412644	3607,721	3477,336	3346,951	3086,18	18,038	17,386	16,734	15,430
2520	1	2238,5	111,1	1000,0159	0,58165	4561,087	4383,034	4204,98	3848,873	22,805	21,915	21,024	19,244
2520	1	2238,5	111,1	1000,0159	0,6516	4955,677	4757,894	4560,111	4164,544	24,778	23,789	22,800	20,822
2520	1	2238,5	111,1	1000,0159	0,77116	5630,117	5398,612	5167,107	4704,096	28,150	26,993	25,835	23,520
2520	1	2238,5	111,1	1000,0159	0,88844	6291,696	6027,112	5762,528	5233,3598	31,458	30,135	28,812	26,166

**Çizelge 6.10 : Ortalama 750 lx aydınlık düzeyinin sağlandığı 200 m<sup>2</sup> ofis binası için aydınlatma enerjisi tüketimi (İstanbul)**

P <sub>n</sub> (W)	F <sub>c</sub>	t <sub>D</sub> (h)	t <sub>N</sub> (h)	W <sub>p</sub> (kWh)	F <sub>D</sub> / F <sub>o</sub>	W (kWh/yıl)				AESG (kWh/yıl.m <sup>2</sup> )			
						1	0,95	0,9	0,8	1	0,95	0,9	0,8
3528	1	2238,5	111,1	1000,0159	0,332665	4019,175	3868,217	3717,259	3415,342	20,095	19,341	18,586	17,076
3528	1	2238,5	111,1	1000,0159	0,535228	5618,901	5387,957	5157,013	4695,124	28,094	26,939	25,785	23,475
3528	1	2238,5	111,1	1000,0159	0,68596	6809,297	6518,832	6228,368	5647,440	34,046	32,594	31,141	28,237
3528	1	2238,5	111,1	1000,0159	0,704125	6952,753	6655,116	6357,48	5762,205	34,763	33,275	31,787	28,811
3528	1	2238,5	111,1	1000,0159	0,81892	7859,339	7516,372	7173,406	6487,474	39,296	37,581	35,867	32,437
3528	1	2238,5	111,1	1000,0159	0,9211	8666,298	8282,984	7899,67	7133,0414	43,331	41,414	39,498	35,665

P<sub>n</sub> :Toplam kurulu aydınlatma gücü, F<sub>c</sub> : Sabit aydınlık faktörü, F<sub>D</sub> :Günlüğü bağımlılık faktörü, F<sub>o</sub> : kullanıma bağlı faktör, t<sub>D</sub> :günlüğü alan saatler,t<sub>N</sub>: günlüğü almayan saatler,W<sub>p</sub> : aygıtla ilişkin parazit güç,  
W: toplam aydınlatma enerjisi tüketimi

**Çizelge 6.11 : Aydınlık düzeylerine göre değerlerin karşılaştırılması (İstanbul)**

Bina tipi	Aydınlık Düzeyi (lx)	P <sub>n</sub> (W)	Aydınlatma kontrolüne ilişkin parazit güç(kWh/yıl.m <sup>2</sup> )	F <sub>c</sub>	F <sub>D</sub> * F <sub>o</sub>			t <sub>D</sub> (h)	t <sub>N</sub> (h)	AESG (kWh/yıl.m <sup>2</sup> )		
					Min.	Ort.	Max.			Min.	Ort.	Max.
Ofis	300	1440	5	1	0,167872	0,502528	0,84744	2238,5	111,1	8,345	13,739	19,458
Ofis	500	2520	5	1	0,20772	0,52128	0,88844	2238,5	111,1	11,978	20,822	31,458
Ofis	750	3528	5	1	0,266132	0,5633	0,9211	2238,5	111,1	17,076	28,811	43,331

Beklendiği gibi, sağlanan aydınlık düzeyine bağlı olarak aydınlatma enerji performansı farklılık göstermektedir. Diğer yandan örneğin 500 lx aydınlık düzeyine sahip 200 m<sup>2</sup>'lik ofis alanında günışığının güçlü ve otomatik kontrol sisteminin olduğu durumda, AESG değeri 12 kWh /m<sup>2</sup>.yıl olabilirken, gün ışığının zayıf ve elle kontrolün olduğu durumda ise bu değer 31 kWh /m<sup>2</sup>.yıl'a yükselmektedir. 750 lx aydınlık düzeyine sahip ofis alanı için ise günışığının güçlü ve otomatik kontrolün olduğu durumda enerji performansı 17 kWh /m<sup>2</sup>.yıl iken, günışığının zayıf ve yapay aydınlatma kontrolünün elle yapıldığı uygulamalarda bu değer 41 kWh/m<sup>2</sup>.yıl olmaktadır. Aradaki farkın bu kadar çok değişebilmesinde sağlanması gereken aydınlık düzeyinin etkisi büyüktür. Sonuçları daha iyi yorumlayabilmek için bağımlılık faktörlerinin etkilerinin de tek tek incelenmesi gerekmektedir.

**Çizelge 6.12 : 300 lx için F<sub>D</sub> ve F<sub>o</sub> faktörlerinin etkisi**

			AESG (kWh/m <sup>2</sup> .yıl)			
Ortalama Aydınlık Düzeyi (lx)	P <sub>n</sub> (W)	F <sub>o</sub> F <sub>D</sub>	1	0,95	0,9	0,8
300	1440	1	21,9172	21,07134	20,22549	18,53378
Ortalama Aydınlık Düzeyi (lx)	P <sub>n</sub> (W)	F <sub>o</sub> F <sub>D</sub>	1			
300	1440	0,20984	9,182			
		0,326173	11,056			
		0,4279	12,696			
		0,62816	15,924			
		0,73747	17,685			
		0,84744	19,458			
		0,20984	9,182			

P<sub>n</sub> :Toplam kurulu aydınlatma gücü ,F<sub>D</sub> :Günışığı bağımlılık faktörü, F<sub>o</sub>: kullanıma bağlı faktör

Çizelge 6.12'ye göre aydınlatma enerji performansı için sadece kullanıma bağlı faktörün (F<sub>o</sub>) etkisini incelediğimizde AESG değerlerinin minimum ile maksimum değeri arasında çok fazla değişim olmadığını görmekteyiz. Fakat gün ışığı bağımlılık faktörü (F<sub>D</sub>) hesaplama dahil edildiğinde binanın aydınlatma enerji tüketiminin doğrudan etkilendiği ve tüketimin büyük ölçüde azaldığı belirlenmektedir. Bu

incelemeler konusunda, gün ışığının güçlü, orta, zayıf olmasına ve yapay aydınlatma sistemi kontrolüne bağlı olarak aydınlatma enerji performansının değiştiği anlaşılmaktadır. Ancak kullanıma bağlı faktörün ( $F_o$ ) binanın aydınlatma enerji performansına etkisi çok fazla olmamaktadır. Çizelge 6.13 ve 6.14'de 500 lx ve 750 lx aydınlık düzeylerinde  $F_o$  ve  $F_D$  bağımlılık faktörlerinin etkileri gösterilmektedir.

**Çizelge 6.13 : 500 lx için  $F_D$  ve  $F_o$  faktörlerinin etkisi**

			AESG (kWh/m <sup>2</sup> .yıl)			
Ortalama Aydınlik Düzeyi (lx)	$P_n$ (W)	$F_o$	1	0,95	0,9	0,8
		$F_D$				
500	2520	1	34,60504	33,12479	31,64454	28,68405
Ortalama Aydınlik Düzeyi (lx)	$P_n$ (W)	$F_o$	1			
		$F_D$				
500	2520	0,25965	13,723			
		0,412644	18,038			
		0,58165	22,805			
		0,6516	24,778			
		0,77116	28,150			
		0,88844	31,458			
		0,25965	13,723			

$P_n$  :Toplam kurulu aydınlatma gücü ,  $F_D$ : Güneşli bağımlılık faktörü,  $F_o$ : kullanıma bağlı faktör

**Çizelge 6.14 : 750 lx için  $F_D$  ve  $F_o$  faktörlerinin etkisi**

			AESG (kWh/m <sup>2</sup> .yıl)			
Ortalama Aydınlik Düzeyi (lx)	$P_n$ (W)	$F_o$	1	0,95	0,9	0,8
		$F_D$				
750	3528	1	46,44702	44,37468	42,30233	38,15764
Ortalama Aydınlik Düzeyi (lx)	$P_n$ (W)	$F_o$	1			
		$F_D$				

**Çizelge 6.14 (devam) : 750 lx için  $F_D$  ve  $F_o$  faktörlerinin etkisi**

750	3528	0,332665	20,095
		0,535228	28,094
		0,68596	34,046
		0,704125	34,763
		0,81892	39,296
		0,9211	43,331

$F_D$ : Güneşiği bağımlılık faktörü,  $F_o$ : kullanıma bağlı faktör

## 6.2 Diyarbakır Bölgesi İçin İnceleme

İstanbul için yapılan çalışmadan sonra özellikle güneşiği bağımlılık faktörünün aydınlatma enerji tüketimine etkisini daha net ortaya koyabilmek amacıyla 37. enlem derecesinde bulunan Diyarbakır için de aydınlatma enerji tüketimi ve buna bağlı olarak aydınlatma enerji performansı hesaplanmıştır.

İlk olarak, Çizelge 5.9'da 37. enlem için verilen katsayılar kullanılarak güneşiği sağlama faktörü 300 lx, 500 lx ve 750 lx aydınlık düzeyleri için denklem 5.8 yardımı ile hesaplanmıştır. İstanbul için yapılan çalışmada olduğu gibi güneşiği faktörünü ( $F_D$ ) hesaplamak için güneşiği sağlama faktörünün ( $F_{D,S}$ ) yanı sıra yapay aydınlatma kontrolünü ( $F_{D,C}$ ) de hesaplamaya dahil etmek gerekmektedir. Yapay aydınlatma kontrolünü ( $F_{D,C}$ ) de dikkate alarak denklem 5.2'deki eşitlik ile güneşiği bağımlılık faktörleri ( $F_D$ ) Çizelge 6.15 'de verildiği gibi bulunmuştur.

**Çizelge 6.15 : Diyarbakır için güneşiği bağımlılık faktörü ( $F_D$ )**

Güneşiği etkisi	Yapay aydınlatma sistemi	Aydınlık Düzeyi (lx)		
		300lx	500lx	750lx
Zayıf	Elle kontrol	0,83808	0,88092	0,91574
Orta	Elle kontrol	0,72475	0,75712	0,80716
Güçlü	Elle kontrol	0,61408	0,634	0,6666
Zayıf	Otomatik kontrol	0,3928	0,55345	0,684025
Orta	Otomatik kontrol	0,293525	0,376608	0,505044
Güçlü	Otomatik kontrol	0,17992	0,22225	0,291525

Diyarbakır çalışmasında diğer bağımlılık faktörü olan kullanıma bağlı faktör ( $F_o$ ) İstanbul çalışmasında olduğu gibi Çizelge 6.3'deki değerleri almaktadır. Yine, 10x20 m<sup>2</sup>'lik bir ofis alanı tasarlanmış ve İstanbul çalışmasından farklı olarak sadece günışığı bağımlılık faktörleri ( $F_D$ ) enlemden dolayı değişiklik göstermiştir.

Aydınlatma enerjisi tüketiminin hesaplanabilmesi için gerekli olan verilerden birisi de hacmin bulunduğu bölgede çalışma saatleri boyunca gün ışığından faydalanılan ve faydalanamayan sürelerinin hesaplanmasıdır. Bu değerler Çizelge 6.16'da Diyarbakır için verilmiştir. Çizelgede belirtilen  $t_D$  değeri yıllık, aylık ve günlük olarak gün ışığından faydalanılan süreyi,  $t_N$  değeri ise gün ışığından faydalanamayan süreleri göstermektedir.

**Çizelge 6.16 :** Diyarbakır için hesaplanan  $t_D$  ve  $t_N$  değerleri

Diyarbakır	İşgünü Sayısı	Günlük toplam saat (h)		Aylık toplam saat (h)	
		$t_D$	$t_N$	$t_D$	$t_N$
Ocak	22	7,16	1,84	157,52	40,48
Şubat	20	7,51	1,49	165,22	32,78
Mart	22	8,19	0,81	180,18	17,82
Nisan	22	8,48	0,52	186,56	11,44
Mayıs	22	9	0	198	0
Haziran	22	9	0	198	0
Temmuz	22	9	0	198	0
Ağustos	22	9	0	198	0
Eylül	22	8,24	0,76	181,28	16,72
Ekim	22	7,36	1,64	161,92	36,08
Kasım	22	7,03	1,97	154,66	43,34
Aralık	22	6,55	2,45	144,10	53,90
Yıllık toplam saat				2123,44	252,56

$t_D$ : günışığı alan saatler,  $t_N$ : günışığı almayan saatler

Bu verileri göz önüne alarak Diyarbakır için aydınlatma enerjisi tüketimi denklem 5.1'de verildiği gibi hesaplanmıştır. Bu hesaplama yapılırken ilk olarak gün ışığı

bağımlılık faktörü olan  $F_D$  ve kullanıma bağlı faktör olan  $F_o$ 'a göre değerlendirme yapılmalıdır.

**Çizelge 6.17 : 300lx için  $F_D * F_o$  matrisi**

$F_o \backslash F_D$	1	0,95	0,9	0,8
0,17992	0,20984	0,199348	0,188856	0,167872
0,293525	0,326173	0,309864	0,2935557	0,2609384
0,3928	0,4279	0,406505	0,38511	0,34232
0,61408	0,62816	0,596752	0,565344	0,502528
0,72475	0,73747	0,700597	0,663723	0,589976
0,83808	0,84744	0,805068	0,762696	0,677952

**Çizelge 6.18 : 500lx için  $F_D * F_o$  matrisi**

$F_o \backslash F_D$	1	0,95	0,9	0,8
0,22225	0,20984	0,199348	0,188856	0,167872
0,376608	0,326173	0,309864	0,2935557	0,2609384
0,55345	0,4279	0,406505	0,38511	0,34232
0,634	0,62816	0,596752	0,565344	0,502528
0,75712	0,73747	0,700597	0,663723	0,589976
0,88092	0,84744	0,805068	0,762696	0,677952

500 lx aydınlık düzeyi için günışığı güçlü ve otomatik kontrolün olduğu durumda  $F_D$  değeri 0,22225;  $F_o$  değeri ise 0,8 olursa  $F_D * F_o$  değeri 0,16787 olmaktadır. Gün ışığının zayıf ve elle kontrolün olduğu durum için  $F_D$  değeri 0,88092;  $F_o$  değeri 1 olduğu durumda ise  $F_D * F_o$  değeri 0,84744 olarak hesaplanmaktadır. Bu değerler aydınlatma enerji tüketiminin maksimum ve minimum olduğu noktalardır. Bu yüzden  $F_D * F_o$  değeri aydınlatma enerjisi tüketimini ve enerji performansını doğrudan etkileyen bir parametredir.

**Çizelge 6.19 : 750lx için  $F_D * F_o$  matrisi**

$F_o \backslash F_D$	1	0,95	0,9	0,8
0,291525	0,20984	0,199348	0,188856	0,167872
0,505044	0,326173	0,309864	0,2935557	0,2609384
0,6666	0,4279	0,406505	0,38511	0,34232
0,684025	0,62816	0,596752	0,565344	0,502528
0,80716	0,73747	0,700597	0,663723	0,589976
0,91574	0,84744	0,805068	0,762696	0,677952

Bu parametrenin etkisi incelendikten sonra binanın toplam aydınlatma enerjisi tüketimi denklem 5.1 kullanılarak hesaplanmıştır. Bu hesaplama yapılırken kurulu güç için DIALUX programında hesaplanan aydınlık düzeylerine göre armatür sayıları ve toplam kurulu güçleri dikkate alınmıştır. Bu veriler İstanbul çalışmasında hesaplanan veriler ile aynı olmaktadır. Çalışmada Diyarbakırda bulunan bir ofis hacmi için aydınlatma enerjisi tüketimi hesaplanmıştır. 300 lx için aydınlatma enerjisi tüketimi en verimli durum için 1591 kWh/yıl, en verimsiz durum için ise 3861,5 kWh/yıl olarak bulunmuştur. Çizelge 6.16, 6.17, 6.18 aydınlık düzeyine göre aydınlatma enerji tüketiminin değişimini ve buna bağlı olarak AESG (Aydınlatma Enerjisi Sayısal Göstergesi) 'ni göstermektedir. Sonuç olarak Çizelge 6.19'da ise aydınlık düzeyleri ile AESG değerleri arasındaki ilişki verilmektedir.

Bu ilişkileri İstanbul için bulduğumuz sonuçlar ile karşılaştırdığımız zaman arada çok büyük bir fark olmadığı görülmektedir. İstanbul için otomatik kontrolün ve gün ışığının güçlü olduğu 300 lx aydınlık düzeyine sahip bir ofis ortamının enerji performansı 8,34 kWh/m<sup>2</sup>.yıl iken, aynı özelliklere sahip Diyarbakırda bulunan bir ofis hacminin enerji performansı 7.95 kWh/m<sup>2</sup>.yıl olmaktadır. 500 lx aydınlık düzeyine sahip yapay aydınlatma kontrolünün olduğu durumda enerji performansı İstanbul için 11,97 kWh/m<sup>2</sup>.yıl iken, Diyarbakır için bu değer 11,13 kWh/m<sup>2</sup>.yıl olmaktadır. Değerlerin birbirine bu kadar yakın çıkmasının sebebi günışığı sağlama faktörünü (F<sub>D</sub>) hesaplamada etkili olan enlem derecesine bağlı katsayıların birbirine çok yakın olması ve İstanbul ve Diyarbakır için yönetmelikte verilen gün ışığından faydalanılan ve faydalanılamayan işletim sürelerinin arasındaki farklılıkların çok az olmasıdır.



**Çizelge 6.20** : Diyarbakır ilinde ortalama 300 lx aydınlık düzeyinin sağlandığı 200 m<sup>2</sup> ofis binası için aydınlatma enerjisi tüketimi

<b>P<sub>n</sub></b> <b>(W)</b>	<b>F<sub>c</sub></b>	<b>t<sub>D</sub>(h)</b>	<b>t<sub>N</sub>(h)</b>	<b>W<sub>p</sub> (kWh)</b>	<b>F<sub>D</sub></b> / <b>F<sub>o</sub></b>	<b>W (kWh/yıl)</b>				<b>AESG (kWh/yıl.m<sup>2</sup>)</b>			
						<b>1</b>	<b>0,95</b>	<b>0,9</b>	<b>0,8</b>	<b>1</b>	<b>0,95</b>	<b>0,9</b>	<b>0,8</b>
1440	1	2238,5	111,1	1000,0159	0,17992	1739,961	1702,964	1665,967	1591,972	8,699	8,514	8,329	7,959
1440	1	2238,5	111,1	1000,0159	0,293525	2106,16	2050,853	1995,546	1884,931	10,530	10,254	9,977	9,424
1440	1	2238,5	111,1	1000,0159	0,3928	2426,167	2354,86	2283,552	2140,937	12,130	11,774	11,417	10,704
1440	1	2238,5	111,1	1000,0159	0,61408	3139,45	3032,478	2925,507	2711,563	15,697	15,162	14,627	13,557
1440	1	2238,5	111,1	1000,0159	0,72475	3496,188	3371,38	3246,571	2996,954	17,480	16,856	16,232	14,984
1440	1	2238,5	111,1	1000,0159	0,83808	3861,501	3718,426	3575,352	3289,204	19,307	18,592	17,876	16,446

**Çizelge 6.21** : Diyarbakır ilinde ortalama 500 lx aydınlık düzeyinin sağlandığı 200 m<sup>2</sup> ofis binası için aydınlatma enerjisi tüketimi

<b>P<sub>n</sub></b> <b>(W)</b>	<b>F<sub>c</sub></b>	<b>t<sub>D</sub>(h)</b>	<b>t<sub>N</sub>(h)</b>	<b>W<sub>p</sub> (kWh)</b>	<b>F<sub>D</sub></b> / <b>F<sub>o</sub></b>	<b>W (kWh/yıl)</b>				<b>AESG (kWh/yıl.m<sup>2</sup>)</b>			
						<b>1</b>	<b>0,95</b>	<b>0,9</b>	<b>0,8</b>	<b>1</b>	<b>0,95</b>	<b>0,9</b>	<b>0,8</b>
2520	1	2238,5	111,1	1000,0159	0,22225	2533,705	2457,02	2380,336	2226,967	12,66852	12,2851	11,90168	11,13483
2520	1	2238,5	111,1	1000,0159	0,376608	3404,441	3284,22	3163,999	2923,556	17,02221	16,4211	15,81999	14,61778
2520	1	2238,5	111,1	1000,0159	0,55345	4402,011	4231,911	4061,811	3721,612	22,01005	21,15955	20,30906	18,60806
2520	1	2238,5	111,1	1000,0159	0,634	4856,395	4663,576	4470,757	4085,119	24,28197	23,31788	22,35378	20,42559
2520	1	2238,5	111,1	1000,0159	0,75712	5550,917	5323,372	5095,827	4640,737	27,75459	26,61686	25,47913	23,20368
2520	1	2238,5	111,1	1000,0159	0,88092	6249,275	5986,812	5724,349	5199,423	31,24638	29,93406	28,62175	25,99712

**Çizelge 6.22 :** Diyarbakır ilinde ortalama 750 lx aydınlık düzeyinin sağlandığı 200 m<sup>2</sup> ofis binası için aydınlatma enerjisi tüketimi

P <sub>n</sub> (W)	F <sub>c</sub>	t <sub>D</sub> (h)	t <sub>N</sub> (h)	W <sub>p</sub> (kWh)	F <sub>D</sub> / F <sub>o</sub>	W (kWh/yıl)				AESG (kWh/yıl.m <sup>2</sup> )			
						1	0,95	0,9	0,8	1	0,95	0,9	0,8
3528	1	2238,5	111,1	1000,0159	0,291525	3694,274	3559,562	3424,849	3155,423	18,471	17,797	17,124	15,777
3528	1	2238,5	111,1	1000,0159	0,505044	5380,525	5161,5	4942,474	4504,424	26,902	25,807	24,712	22,522
3528	1	2238,5	111,1	1000,0159	0,6666	6656,402	6373,583	6090,764	5525,125	33,282	31,867	30,453	27,625
3528	1	2238,5	111,1	1000,0159	0,684025	6794,015	6504,315	6214,615	5635,215	33,970	32,521	31,073	28,176
3528	1	2238,5	111,1	1000,0159	0,80716	7766,465	7428,142	7089,82	6413,175	38,832	37,140	35,449	32,065
3528	1	2238,5	111,1	1000,0159	0,91574	8623,968	8242,77	7861,572	7099,177	43,119	41,213	39,307	35,495

P<sub>n</sub> :Toplam kurulu aydınlatma gücü, F<sub>c</sub> : Sabit aydınlık faktörü, F<sub>D</sub> :Güneşiği bağımlılık faktörü, t<sub>D</sub> : güneşiği alan saatler,t<sub>N</sub>: güneşiği almayan saatler,W<sub>p</sub> : aygıta ilişkin parazit güç, W: toplam aydınlatma enerjisi tüketimi

**Çizelge 6.23 :** Diyarbakır ilinde aydınlık düzeylerine göre değerlerin karşılaştırılması

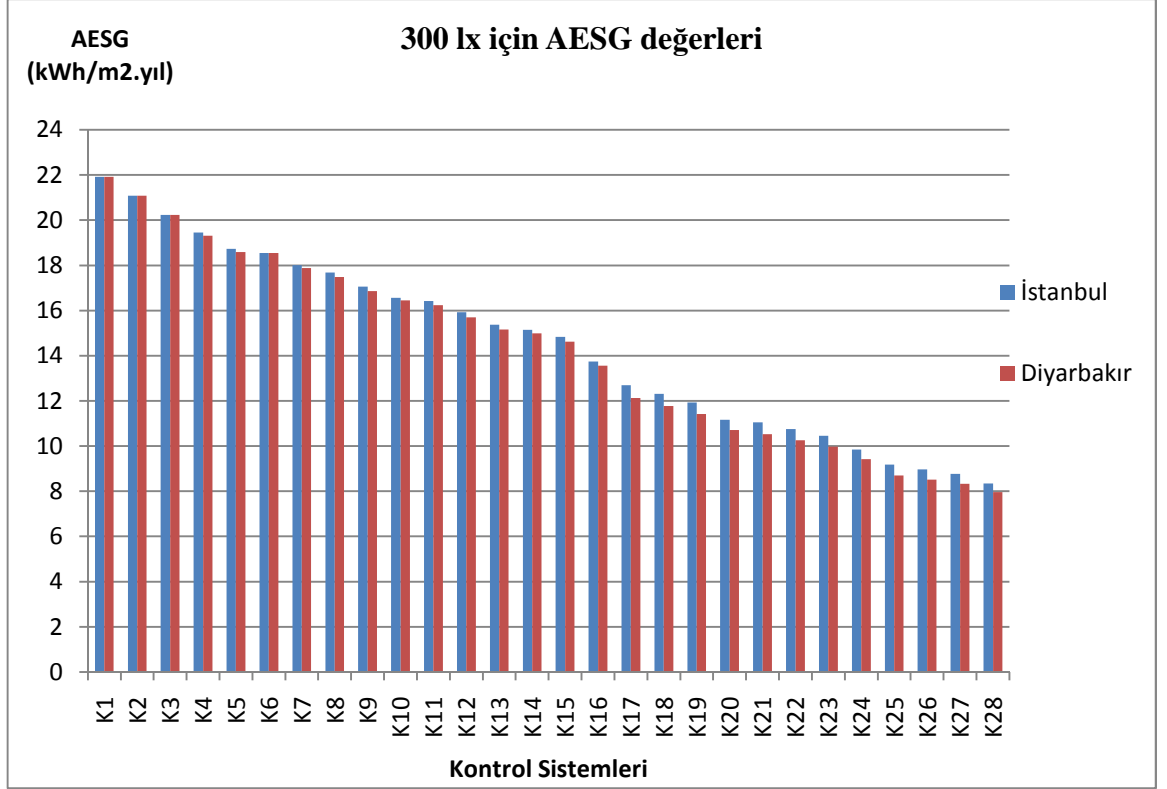
Bina tipi	Aydınlık Düzeyi (lx)	P <sub>n</sub> (W)	Aydınlatma kontrolüne ilişkin parazit güç(kWh/yıl.m <sup>2</sup> )	F <sub>c</sub>	F <sub>D</sub> * F <sub>o</sub>			t <sub>D</sub> (h)	t <sub>N</sub> (h)	AESG (kWh/yıl.m <sup>2</sup> )		
					Min.	Ort.	Max.			Min.	Ort.	Max.
Ofis	300	1440	5	1	0,143936	0,491264	0,83808	2238,5	111,1	7,959	13,557	19,307
Ofis	500	2520	5	1	0,1778	0,5072	0,88092	2238,5	111,1	11,134	20,425	31,246
Ofis	750	3528	5	1	0,23322	0,54722	0,91574	2238,5	111,1	15,777	28,176	43,119

### 6.3 Çalışmanın Sonuçları

İncelenen çalışma sonucunda tasarlanan ofis hacminin İstanbul ve Diyarbakır gibi farklı coğrafi konumlarda yer alması durumları için, aydınlatma enerji tüketimleri ve bu değerlere bağlı olarak AESG (Aydınlatma Enerjisi Sayısal Göstergesi) hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar yapılırken bağımlılık faktörlerinin etkileri de belirlenmeye çalışılmıştır.

Bu hesaplamalara göre İstanbul çalışması için ortalama aydınlık düzeylerine bağlı olarak hesaplanan aydınlatma enerji tüketim değerlerine göre bir hacimde 300 lx için gün ışığı zayıf ve kontrol elle (manuel) sağlanıyor ise aydınlatma enerjisi sayısal göstergesi İstanbul ilinde 19,4 kWh/m<sup>2</sup>.yıl olmaktadır. Yapılan iyileştirme çalışmaları ile gün ışığı maksimum, kontrol sistemleri ise otomatik algılayıcılar ile donatıldığında aydınlatma enerjisi sayısal göstergesi 8,34 kWh/m<sup>2</sup>.yıl değerine düşebilmektedir. Diyarbakır ilinde ise gün ışığının zayıf ve kontrol elle (manuel) olduğunda 19,30 kWh/m<sup>2</sup>.yıl olan aydınlatma enerjisi sayısal göstergesi, sisteme kontrol fonksiyonlarının eklenmesi ile 7,95 kWh/m<sup>2</sup>.yıl değerine kadar düşebilmektedir. Bu durum kontrol fonksiyonlarının aydınlatma tüketimi üzerindeki etkisini net biçimde ortaya koymaktadır.

Şekil 6.1’de 300 lx için Diyarbakır ve İstanbul illerinde kontrol fonksiyonlarına bağlı olarak hesaplanan aydınlatma enerjisi sayısal göstergeleri verilmiştir. Bu grafikte her kontrol fonksiyonuna bir harf atanmıştır. Bu harfler ile oluşturulan senaryolar dahilinde hem gün ışığı hem de kontrol fonksiyonunun etkisi İstanbul ve Diyarbakır illeri için karşılaştırılarak gösterilmiştir.



**Şekil 6.1:**Kontrol sistemlerine bağlı AESG değerlerinin karşılaştırılması (300 lx)[23]

Şekil 6.1’de kontrol sistemlerine bağlı olarak atanan harfler detaylı olarak açıklanmıştır.

**K1:** Gün ışığı etkisiz ve gün ışığı girişine bağlı kontrol sistemi yok, aydınlatma kontrolü otomatik hareket sensörü olmayan mekanlarda manuel açma kapama anahtarı ile

**K2:** Gün ışığı etkisiz ve gün ışığı girişine bağlı kontrol sistemi yok, aydınlatma kontrolü otomatik hareket sensörü olmayan mekanlarda manuel açma kapama anahtarı - otomatik söndürme sinyali ilaveli

**K3:** Gün ışığı etkisiz ve gün ışığı girişine bağlı kontrol sistemi yok, aydınlatma kontrolü otomatik hareket sensörü olan mekanlarda otomatik açma / kapama ile

**K4:** Gün ışığı zayıf ve gün ışığı girişine bağlı kontrol sistemi elle (manuel), aydınlatma kontrolü otomatik hareket sensörü olmayan mekanlarda manuel açma kapama anahtarı ile

**K5:** Gün ışığı zayıf ve gün ışığı girişine bağlı kontrol sistemi elle (manuel) aydınlatma kontrolü otomatik hareket sensörü olmayan mekanlarda manuel açma kapama anahtarı - otomatik söndürme sinyali ilaveli

**K6:** Gün ışığı etkisiz ve gün ışığı girişine bağlı kontrol sistemi yok, aydınlatma kontrolü otomatik hareket sensörü olan mekanlarda elle (manuel) açma / kapama ile

**K7:** Gün ışığı zayıf ve gün ışığı girişine bağlı kontrol sistemi elle (manuel), aydınlatma kontrolü otomatik hareket sensörü olan mekanlarda otomatik açma/kapama ile

**K8:** Gün ışığı orta ve gün ışığı girişine bağlı kontrol sistemi elle (manuel), aydınlatma kontrolü otomatik hareket sensörü olmayan mekanlarda manuel açma kapama anahtarı ile

**K9:** Gün ışığı orta ve gün ışığı girişine bağlı kontrol sistemi elle (manuel), aydınlatma kontrolü otomatik hareket sensörü olmayan mekanlarda manuel açma kapama anahtarı - otomatik söndürme sinyali ilaveli

**K10:** Gün ışığı zayıf ve gün ışığı girişine bağlı kontrol sistemi elle (manuel), aydınlatma kontrolü otomatik hareket sensörü olan mekanlarda elle (manuel) açma / kapama ile

**K11:** Gün ışığı orta ve gün ışığı girişine bağlı kontrol sistemi elle (manuel), aydınlatma kontrolü otomatik hareket sensörü olan mekanlarda otomatik açma/kapama ile

**K12:** Gün ışığı güçlü ve gün ışığı girişine bağlı kontrol sistemi elle (manuel), aydınlatma kontrolü otomatik hareket sensörü olmayan mekanlarda manuel açma kapama anahtarı ile

**K13 :** Gün ışığı güçlü ve gün ışığı girişine bağlı kontrol sistemi elle (manuel), aydınlatma kontrolü otomatik hareket sensörü olmayan mekanlarda manuel açma kapama anahtarı - otomatik söndürme sinyali ilaveli

**K14:** Gün ışığı orta ve gün ışığı girişine bağlı kontrol sistemi elle (manuel), aydınlatma kontrolü otomatik hareket sensörü olan mekanlarda elle (manuel) açma / kapama ile

**K15:** Gün ışığı güçlü ve gün ışığı girişine bağlı kontrol sistemi elle (manuel), aydınlatma kontrolü otomatik hareket sensörü olan mekanlarda otomatik açma/kapama ile

**K16:** Gün ışığı güçlü ve gün ışığı girişine bağlı kontrol sistemi elle (manuel), aydınlatma kontrolü otomatik hareket sensörü olan mekanlarda elle (manuel) açma / kapama ile

**K17:** Gün ışığı zayıf ve gün ışığı girişine bağlı kontrol sistemi otomatik, aydınlatma kontrolü otomatik hareket sensörü olmayan mekanlarda manuel açma kapama anahtarı ile

**K18:** Gün ışığı zayıf ve gün ışığı girişine bağlı kontrol sistemi otomatik, aydınlatma kontrolü otomatik hareket sensörü olmayan mekanlarda manuel açma kapama anahtarı - otomatik söndürme sinyali ilaveli

**K19:** Gün ışığı zayıf ve gün ışığı girişine bağlı kontrol sistemi otomatik, aydınlatma kontrolü otomatik hareket sensörü olan mekanlarda otomatik açma/kapama ile

**K20:** Gün ışığı zayıf ve gün ışığı girişine bağlı kontrol sistemi otomatik, aydınlatma kontrolü otomatik hareket sensörü olan mekanlarda elle (manuel) açma/kapama ile

**K21:** Gün ışığı orta ve gün ışığı girişine bağlı kontrol sistemi otomatik, aydınlatma kontrolü otomatik hareket sensörü olmayan mekanlarda manuel açma kapama anahtarı ile

**K22:** Gün ışığı orta ve gün ışığı girişine bağlı kontrol sistemi otomatik, aydınlatma kontrolü otomatik hareket sensörü olmayan mekanlarda manuel açma kapama anahtarı ile-otomatik söndürme sinyali ilaveli

**K23:** Gün ışığı orta ve gün ışığı girişine bağlı kontrol sistemi otomatik, aydınlatma kontrolü otomatik hareket sensörü olan mekanlarda otomatik açma/kapama ile

**K24:** Gün ışığı orta ve gün ışığı girişine bağlı kontrol sistemi otomatik, aydınlatma kontrolü otomatik hareket sensörü olan mekanlarda elle (manuel) açma/kapama ile

**K25:** Gün ışığı güçlü ve gün ışığı girişine bağlı kontrol sistemi otomatik, aydınlatma kontrolü otomatik hareket sensörü olmayan mekanlarda manuel açma kapama anahtarı ile

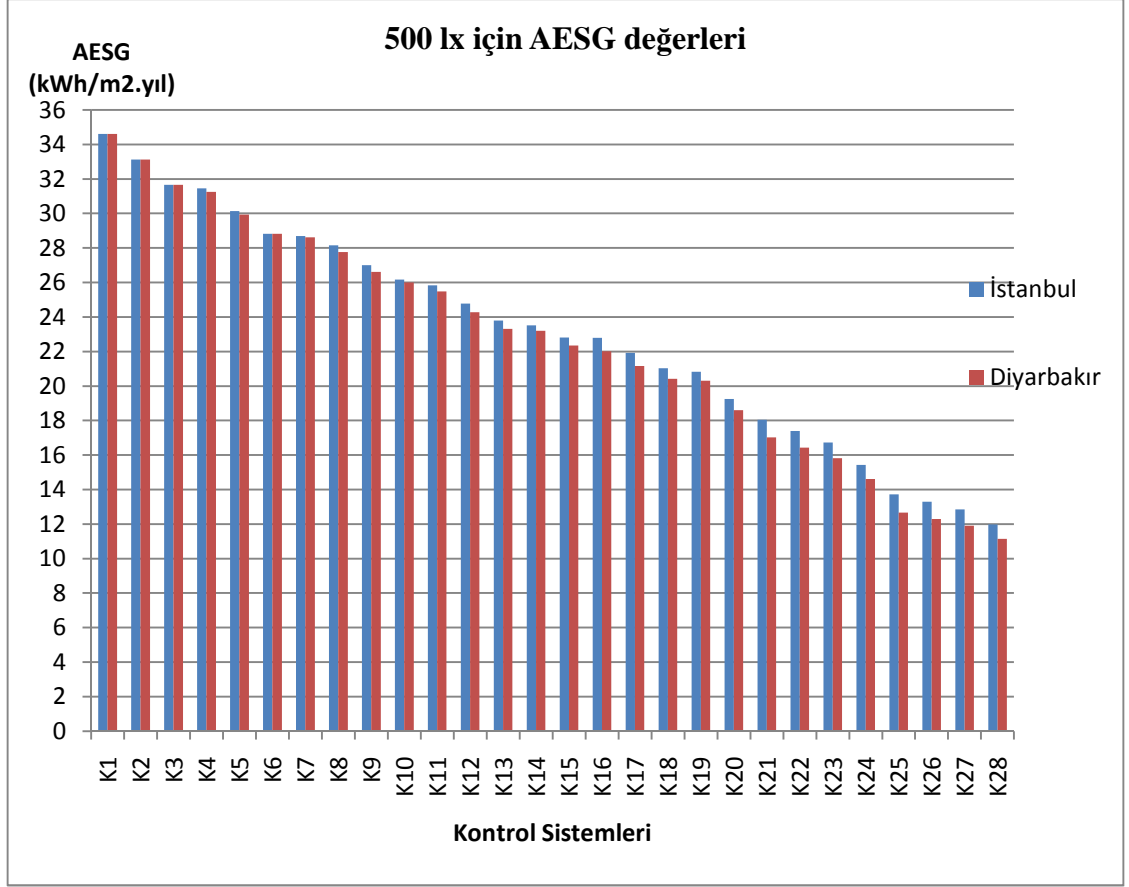
**K26:** Gün ışığı güçlü ve gün ışığı girişine bağlı kontrol sistemi otomatik, aydınlatma kontrolü otomatik hareket sensörü olmayan mekanlarda manuel açma kapama anahtarı ile-otomatik söndürme sinyali ilaveli

**K27:** Gün ışığı güçlü ve gün ışığı girişine bağlı kontrol sistemi otomatik, aydınlatma kontrolü otomatik hareket sensörü olan mekanlarda otomatik açma/kapama ile

**K28 :** Gün ışığı güçlü ve gün ışığı girişine bağlı kontrol sistemi otomatik, aydınlatma kontrolü otomatik hareket sensörü olan mekanlarda elle (manuel) açma/kapama ile

Şekil 6.1’de görüldüğü gibi sisteme kontrol fonksiyonlarının eklenmesi ile aydınlatma enerjisi sayısal göstergesi düşmüştür. İstanbul ve Diyarbakır gibi farklı enlem derecesine sahip iki şehir için bu değerler birbirine çok yakın çıkmaktadır. Bu durum enlem derecelerine dolayısı ile gün ışığı bağımlılık faktörünün aydınlatma enerjisi tüketimi üzerinde çok etkili olmadığı sonucunu ortaya koymaktadır.

Şekil 6.2’de 500 lx aydınlık düzeyi için İstanbul ve Diyarbakır ilinde hesaplanan aydınlatma enerjisi sayısal göstergesinin kontrol fonksiyonlarına göre değişimi gösterilmiştir. Şekilde atanan harfler Şekil 6.1 de atanan harflerin açıklamaları ile aynıdır.

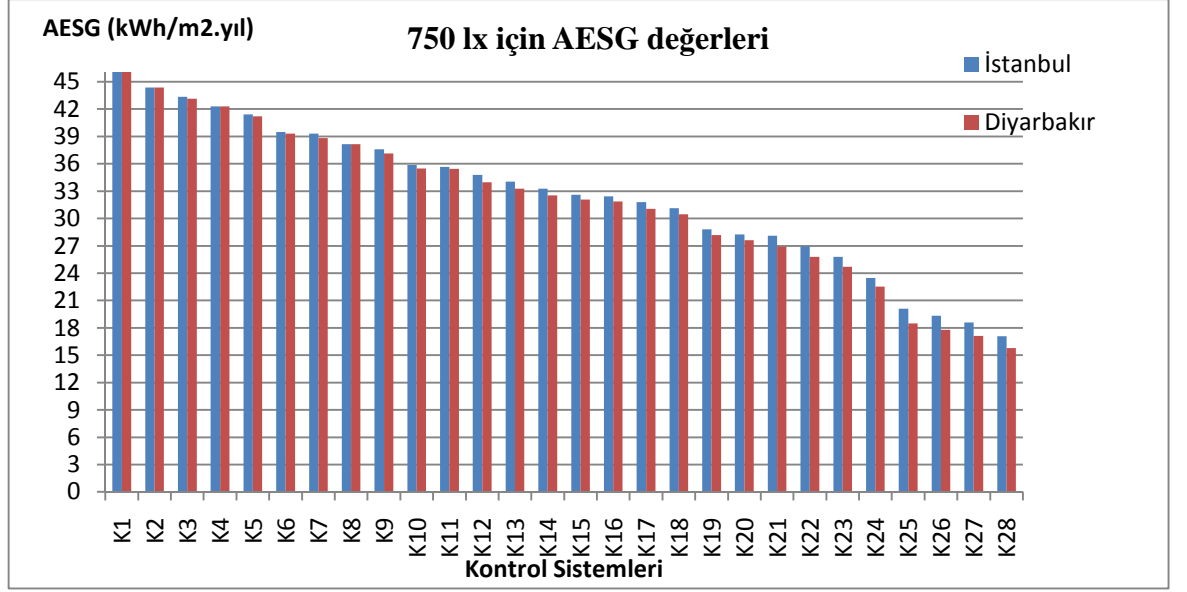


**Şekil 6.2:** Kontrol sistemlerine bağlı AESG değerlerinin karşılaştırılması(500 lx)[23]

Şekil 6.2 'de görüldüğü gibi gün ışığının etkisiz ve kontrol sisteminin olmadığı durumda aydınlatma enerjisi sayısal göstergesi yaklaşık 35 kWh/m<sup>2</sup>.yıl iken sisteme kontrol fonksiyonlarının eklenmesi ile bu değer yaklaşık 11 kWh/m<sup>2</sup>.yıl değerine kadar düşebilmektedir. Gün ışığının güçlü ve sistemin sensörlere bağlı olarak kontrol edilmesi aydınlatma enerjisi tüketimini düşürmekte, sistemin daha etkili çalışmasını sağlamaktadır.

Şekil 6.3'de 750 lx için İstanbul ve Diyarbakir ilinde kontrol sistemlerine bağlı AESG değerlerinin karşılaştırılması verilmiştir. Şekilde atanan harfler Şekil 6.1 de atanan harflerin açıklamaları ile aynıdır.





**Şekil 6.3 :**Kontrol sistemlerine bağlı AESG değerlerinin karşılaştırılması (750lx)[23]

750 lx aydınlık düzeyi için Diyarbakırda kontrol elle ve gün ışığı zayıf ise enerji performansı 43,11 kWh/m<sup>2</sup>.yıl olmaktadır. Yine aynı sistem için gün ışığı güçlü ve yapay aydınlatma kontrolü otomatik olduğu durumda sistemin enerji performansı 15,77 kWh/m<sup>2</sup>.yıl olmaktadır.

Gerçekleştirilen hesaplamalar ve karşılaştırmalar sonucunda, bir hacmin aydınlatma enerji tüketimine gün ışığı bağımlılık faktörünün etkisinin yüksek olduğu söylenebilmektedir. Gün ışığı sağlama faktörü ve yapay aydınlatma sistemi kontrolünün beraber değerlendirildiği ve gün ışığı bağımlılık faktörünün aydınlatma enerji tüketimini doğrudan etkilediği hallerde, kullanıma bağlı faktörün enerji performansı üzerindeki etkisinin daha az olduğu da görülmektedir. Otomatik kontrolün olduğu durumlarda, aydınlatma enerji performansı en iyi senaryolar ile 8 kWh/m<sup>2</sup>.yıl olurken, yapay aydınlatma sisteminin elle açılıp kapanabildiği durumlarda (otomasyonsuz) bu değer yaklaşık 1,5 katına 13 kWh/m<sup>2</sup>.yıl değerine kadar yükselmektedir. Yapay aydınlatmanın gün ışığına bağlı kontrolüne ilave olarak, tesisatta hareket algılayıcı sensörler ve loşlaştırma yapılabilen sistemler de kullanıldığında aydınlatma enerji tüketimi büyük ölçüde azalacak ve enerji performansı daha iyi değerlere ulaşabilecektir.

İstanbul örneği ile Diyarbakır örneğini karşılaştırdığımız zaman sonuçlar arasında net farklar olmadığı görölmekte, bu durum da aslında Türkiye'nin farklı güneşiği faktörlerinin geçerli olduğu iki değişik bölgede bulunan iki şehir için çelişkili bir durum oluşturmaktadır. Sonuçlar incelendiğinde, her iki bölge için de enerji performansları yaklaşık aynı olmaktadır. Örneğin İstanbul bölgesi için ortalama 500 lx aydınlık düzeyi ve gün ışığının maksimum olduğu sistemde enerji performansı 11,97 kWh/m<sup>2</sup>.yıl, Diyarbakır bölgesinde ise aynı özelliklere sahip bir hacmin enerji performansı 11,13 kWh/m<sup>2</sup>.yıl olmaktadır. Bu durum gün ışığı etkisinin aydınlatma performansını çok fazla etkilemediğini göstermektedir.

Sonuç olarak, bir hacmin aydınlatma enerji tüketimini etkileyen parametreler kullanıma bağlı faktör ve güneşiği bağımlılık faktörüdür. Binalar ancak, verimli aydınlatma tesisatlarının yanısıra gün ışığından maksimum yararlanılacak şekilde yapıldığında ve mümkün olduğunca otomatik kontrol sistemleri de kullanıldığında en yüksek enerji verimliliği performans sınıflarına yükselebilecektir.

## 7.SONUÇ

Bu çalışmada amaç, bina otomasyon ve kontrol fonksiyonlarının binanın enerji verimliliğine etkisini analiz edebilmektir. Bu kapsamda öncelikli olarak bina otomasyon sistemi ile ilişkili olan “akıllı bina” kavramından bahsedilerek, bina otomasyon sistemlerinin önemi vurgulanmaya çalışılmıştır.

Akıllı bina kavramının tarihsel sürecine baktığımız zaman bazı enstitülerin ve toplulukların “akıllı” kavramını farklı yorumladığını, kesin bir tanımın yapılamadığını görmekteyiz. Bu topluluklardan bazıları kullanıcı konforunu ve değişen şartlara uyum sağlayabilme yeteneğini akıllılık olarak değerlendirmekte, başka bir topluluk ise sistem özelliklerini dikkate alan ve minimum maliyetle tasarlanmış binalara akıllı demektedir. Günümüzde halen “akıllı” kavramı üzerine tartışmalar sürmektedir.

Enerji tüketiminin sektörel dağılımına bakıldığında binalarda tüketilen enerji miktarının fazla olması ve her geçen yıl da oranın yükselmesi nedeniyle, binalarda enerji verimliliği çalışmalarının önemi artmaktadır. Avrupa Birliği tarafından 2002 yılında “Binalarda Enerji Performans Direktifi” yayımlanmış ve her üye ülke bu mevzuatı ulusal yasalarını da göz önünde bulundurarak kendi ülkesine göre uyarlamıştır. Türkiye’de binalarda enerji verimliliği ile ilgili çalışmalar 2007 yılında yayımlanan “Enerji Verimliliği Kanunu” ve buna bağlı olarak 2008 yılında çıkartılan “Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği” ile başlamıştır. Bu yönetmeliğe göre mevcut ve yeni ölçekli binalar için minimum enerji performans şartları belirlenmiş, binalara enerji kimlik belgesi uygulamasına 1 Ocak 2011 tarihinden itibaren başlanacağı belirtilmiştir. Binaların enerji performansının hesaplanması ve binalara enerji kimlik belgesi verilmesi için BEP-TR yazılımı hazırlanmıştır.

Binanın enerji tüketimini etkileyen mekanik, elektrik ve pasif sistemler bulunmaktadır. Verimli binalar tasarlamak için bu sistemlerin hepsini bir bütün

olarak değerlendirmek ve her sisteme yeterli ölçüde önem vermek gerekmektedir. 1980’li yıllarda IT teknolojilerinin hızlı bir şekilde ilerlemesi ile bilgisayarların tek bir merkezden bütün cihazları kontrol edebilmesi, ayrıca cihazların birbiri ile haberleşerek ortamın ve kullanıcının durumuna göre kendisini ayarlayabildiği bir döneme geçiş yapılmıştır. Bunun sonucu bina sistemlerinde kontrol ve otomasyon fonksiyonlarının önemi giderek daha önemli bir boyuta gelmiştir. Kullanıcının ihtiyaçlarına anında cevap verebilen cihazlarla bina sistemini tasarlamak, binadaki doluluk oranına göre sistemleri kısmi yükte çalıştırmak, binanın enerji tüketimini büyük oranda azaltmaktadır. Bu tez çalışmasında otomasyon ve kontrol sistemlerinin bina enerji verimliliğine etkisini gösteren EN 15232 standardı detaylı bir şekilde incelenmiş ve binanın enerji performansının belirlenmesi için kontrol fonksiyonlarının hangi ölçüde önemli olduğu vurgulanmıştır. Kontrol ve otomasyon sistemleri ile ilgili Türkiyedeki mevcut durumu incelemek için “ Bina Enerji Performansı Ulusal Hesaplama Yöntemi ”nde bulunan mekanik ve aydınlatma sistemleri incelenmiş ve bu sistemlerde binanın enerji tüketiminin hesaplanmasında kontrol fonksiyonlarının önemi vurgulanmaya çalışılmıştır.

Örnek çalışma ile kontrol sistemlerinin toplam aydınlatma enerjisi tüketimi ve binanın aydınlatma enerjisi sayısal göstergesi üzerindeki etkisi belirlenmiştir. Binanın aydınlatma enerjisi tüketimine etki eden bağımlılık faktörleri belirlenerek bu faktörlerin etkileri incelenmiştir. Farklı coğrafi koşullarda bulunan hacimlerde aydınlatma enerjisi tüketimi hesaplandığında sonuçların hemen hemen birbirine çok yakın olduğu görülmekte ve bu durum gün ışığı etkisinin bölgeden bölgeye yüksek miktarda değişmediğini göstermektedir. Çelişkili gözükken bu sonuç için mevcut durum ve veriler tekrardan gözden geçirilmelidir. Hesaplamalar sonucunda bir hacimde gün ışığından maksimum yararlanacak şekilde tasarlanan yapılar ve otomatik kontrol sistemleri ile donatılan hacimlerde enerji tüketiminin yüksek oranda azalabileceği sonucu çıkmaktadır. Bağımlılık faktörlerine bağlı olarak enerji performansları incelenmiş ve sonuçlara göre bir binanın enerji verimli olabilmesi için kontrol sistemlerinin önemi vurgulanmıştır.

Sonuç olarak, günümüzde akıllı bina kavramı ile ilgili tartışmalar devam etmektedir. Diğer bir taraftan ise binalarda enerji verimliliğini sağlamak için çalışmalar

yapılmaktadır. Binalarda enerji verimliliği için bina kabuğu, binanın bulunduğu iklim bölgesi, mevcut sistem ve cihazların özellikleri gibi tüm sistem parametreleri bir bütün olarak değerlendirilmelidir. Az enerji tüketerek gereken konfor ve kullanıcı ihtiyaçlarını karşılayan binalar daha verimli binalar olarak tanımlandığından bir binanın enerji verimli olabilmesi için kontrol ve otomasyon fonksiyonlarının mutlaka bulunması gerekmektedir. Aksi takdirde diğer sistemler ile yapılacak iyileştirmeler bina enerji tüketimini belirli ölçüde azaltmasına rağmen, değişen şartlara anında tepki vererek gereksiz enerji tüketiminin önüne geçemeyecek ve kullanıcı konforundan ödün verilebilecektir.

## KAYNAKLAR

- [1] **Siemens Building Technologies** , < <http://www.sesam-uae.com/green/seminar0608/press/Siemens%20Building%20Technologies.pdf> > , alındığı tarih 07.05.2010
- [2] **So A. T., Chan W. L.**, 1999. *Intelligent Building Systems*, Boston: Kluwer Academic
- [3] **Harrison, A., Loe, E., Read, J.**, *Intelligent Buildings in South East Asia*, E& FN Spon, 1998
- [4] **Francis., D.**, 1983. *The Orbit Study*, Information Technology and Office Design, Oxford Press, London
- [5] < <http://www.ibuilding.gr/definitions.html> > , alındığı tarih 22.11.2010
- [6] **Derek, T. ve Clement-Croome, D.J.**, 1997, What do we mean by intelligent buildings?, *Automation in Construction*, 6, 395-400.
- [7] **Sharples, S., Callaghan, V., Clarke, G.**, 1999, A Multi-Agent Architecture For Intelligent Building Sensing and Control
- [8] **Efe Tankut Yaparoğlu** ,2005, Bina Yönetim Sistemleri ve HVAC Otomasyon Sistemlerinde Enerji Tasarrufu, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, Sayı 90, s.32-26
- [9] **Yılmaz, Z.**, 2006 : Akıllı Binalar ve Yenilenebilir Enerji, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, Sayı 91
- [10] **Sözer, H.**, 2010: *Intelligent Green Buildings Ders Notu*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü
- [11] **Kyoto Protokolü**, 1997, < [http://tr.wikipedia.org/wiki/Kyoto\\_Protokol%C3%BC](http://tr.wikipedia.org/wiki/Kyoto_Protokol%C3%BC) > , alındığı tarih 1.10.2010
- [12] **Avrupa İklim Değişikliği Programı**, 2007, < [http://tr.wikipedia.org/wiki/Avrupa\\_%C4%B0klim\\_De%C4%9Fi%C5%9Fikli%C4%9Fi\\_Program%C4%B1](http://tr.wikipedia.org/wiki/Avrupa_%C4%B0klim_De%C4%9Fi%C5%9Fikli%C4%9Fi_Program%C4%B1) > , alındığı tarih 1.10.2010
- [13] **European Commission**, 2002, *Directive 2002/91/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 16 December 2002 on the energy performance of buildings*
- [14] **prCEN/TR 15615:2007**, *Declaration on the General Relationship between various European standards and the EPBD ( “ Umbrella Document ” )*
- [15] **Elektrik İşleri Etüt İdaresi**, 2007, *Enerji Verimliliği Kanunu*, < [http://www.eie.gov.tr/duyurular/EV/mevzuat/EV\\_mevzuat.html](http://www.eie.gov.tr/duyurular/EV/mevzuat/EV_mevzuat.html) > ,
- [16] **Bayındırlık ve İskan Bakanlığı**, 2008, *Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği*, (Revize, 2010) < [http://www.mmo.org.tr/genel/bizden\\_detay.php?kod=12477&tipi=68&sube=15](http://www.mmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=12477&tipi=68&sube=15) > ,
- [17] **Bayındırlık ve İskan Bakanlığı**, 2010, *Enerji Kimlik Belgesi Uzmanlarına ve Eğitici Kuruluşlara Verilecek Eğitimlere Dair Tebliğ*
- [18] **EN ISO 13790**, 2008, *Energy Performance of buildings-Calculation of energy use for space heating and cooling*
- [19] **Bayındırlık ve İskan Bakanlığı**, 1999, TS 825
- [20] **CIBSE**, Environmental Design, Guide A, 7th edition *The Chartered Institution of Building Services Engineers*, London, 2006.

- [21] **TS EN 15232** , 2008 , *Binaların Enerji Performansı-Bina Otomasyonu,Kontrolü ve Bina Yönetiminin Tahmin Edilen Sonuçları*
- [22]**Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı**, 2008, Genel Enerji Dengesi Tablosu
- [23]**Bayındırlık ve İskan Bakanlığı**, 2010, *Bina Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi ile İlgili Tebliğ*
- [24] **TS EN 12464-1**, *Light and lighting - Lighting of work places - Part 1: Indoor work places*
- [25] **EN 15193**, 2007, *Energy performance of buildings - Energy requirements for lighting EN 15193*

## **EKLER**

### **EK - A**

#### **Avrupa Parlamentosu ve Konseyi'nin Binalarda Enerji Performans Direktifi (2002/91/EC) [9]**

##### **Madde 1: Amaç**

Bu direktifin amacı binaların, dış mekan iklim şartları, iç mekan ortam gereksinimleri, yerel koşullar ve uygun maliyet de dikkate alınarak,enerji performanslarının artırılmasını temin etmektir.

Bu direktif:

- (a) Binaların bütüncül enerji performansını hesaplamak için ortak bir yöntemin genel çerçevesi,
- (b) Yeni binaların enerji performansı için minimum şartların uygulanması,
- (c) Önemli yenileme çalışmalarının yapıldığı mevcut büyük binaların enerji performansı için minimum şartların uygulanması,
- (d) Binaların enerji sertifikasyonu,
- (e) 15 yıldan daha eski kazanların olduğu ısıtma tesisatı için yapılacak değerlendirmelere ek olarak, binalarda kazanların ve klima santrallerinin düzenli denetimi,

hakkında gerekleri ortaya koymaktadır.

##### **Madde 2: Tanımlar**

Bu direktifin kapsamında,aşağıdaki tanımlamalar kullanılacaktır;

**1."bina"** iç mekân iklimini düzenlemek için enerjinin kullanıldığı,duvarları ve üzerinde çatısı olan yapı; "bina" tanımı bütün olarak binaya veya binanın ayrı ayrı kullanılabilmesi için tasarlanan veya değiştirilen bölümlerine de karşılık gelebilir.

**2."binanın enerji performansı"** Binanın standart kullanımı ile birlikte farklı ihtiyaçları karşılamak üzere fiili olarak tüketilen veya tüketileceği tahmin edilen,diğer ihtiyaçlarının yanı sıra ısıtma, sıcak sulu ısıtma, soğutma, havalandırma



ve aydınlatma gibi sistemleri içerebilen enerji miktarıdır. Bu miktar yalıtım, teknik ve tesisat karakteristiklikleri, tasarım ve iklim özellikleri ile ilgili olarak konumlandırma, güneşe maruz kalma ve çevredeki yapıların etkisi, kendi kendine enerji üretimi, iç mekân iklimi gibi enerji talebini etkileyen faktörleri dikkate alarak hesaplanan bir veya daha fazla sayısal veriden oluşmaktadır.

**3.”binanın enerji performans sertifikası”** bir binanın,ekler bölümünde tarif edilen yönteme göre hesaplanan enerji performansını içeren, Üye Devlet ya da tarafınca atanmış yasal kişi tarafından onaylanan sertifika

**4.”bileşik ısı ve güç”** belirli enerji verimliliği kalite kriterlerini karşılayacak şekilde, birincil yakıtların eş zamanlı olarak mekanik enerjiye,elektrik enerjisine ve ısıya çevirimi

**5.”iklimlendirme sistemi”** havalandırma, nem ve hava temizliği kontrolünün de yapılabildiği ısının kontrol edildiği veya düşürüldüğü bir çeşit hava arıtma sağlama işlemi için gereken tüm bileşenler

**6.”kazan”** yanma sonrası açığa çıkan ısıyı, suyu iletmek için tasarlanmış bileşik kazan gövdesi ve yakıcı ünite

**7.”efektif nominal güç”** üretici tarafından ve belirtilen verime uygun olarak sürekli işletim sırasında oluşacağı açıklanan ve garanti edilen, en yüksek kalori gücü

**8.”ısı pompası”** havadan, sudan veya topraktan düşük derecede ısı alarak binaya ısı temin eden araç veya tesisat

### **Madde 3: Yöntemin Belirlenmesi**

Üye Devletler binaların enerji performanslarını hesaplama yöntemini, eklerde yer alan genel çerçeveyi temel alarak ulusal ya da bölgesel düzeyde uygulayacaklardır. Bu çerçevenin 1.ve 2. bölümleri, Üye Ülke mevzuatındaki standartlar ya da normlar dikkate alınarak, madde 14(2) de bahsedilen prosedüre uygun olarak teknik ilerlemelere göre uyarlanacaktır.vBu yöntem ulusal ya da bölgesel düzeyde kurulacaktır. Bir binanın enerji performansı açık bir şekilde belirtilecektir ve  $CO_2$  emisyonlarını da içerebilecektir.

## **Binaların enerji performansının hesaplanması için genel çerçeve**

**1.** Binaların enerji performansının hesaplanmasında kullanılacak yöntem en az aşağıdaki unsurları içerecektir.

- (a) Binanın ısı özellikleri (kabuk ve iç bölmeler,vs.). Bu özellikler hava sızdırmazlığı da içerebilir.
- (b) Yalıtım özellikleri dahil ısıtma tesisatı ve sıcak su temini
- (c) İklimlendirme tesisatı
- (d) Havalandırma
- (e) Yerleşik aydınlatma tesisatı (özellikle ticari binalarda)
- (f) Dış iklim şartları dahil binaların konumu ve yönü
- (g) Pasif güneş sistemleri ve güneşten korunma
- (h) Doğal havalandırma
- (i) Tasarlanan bina içi iklim dahil bina içi iklim şartları

**2.** Bu hesaplama ile ilgili olduğu zaman aşağıdaki unsurların olumlu etkisi dikkate alınacaktır.

- (a) Yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı ısıtma ve elektrik sistemleri ve aktif güç sistemleri
- (b) Bileşik ısı ve güç sistemiyle üretilen elektrik
- (c) Bölgesel ya da blok ısıtma ve soğutma sistemleri
- (d) Doğal aydınlatma

**3.** Bu hesaplamanın kapsamında binalar gerektiği şekilde aşağıdaki kategorilere ayrılmalıdır.

- (a) Farklı türlerde, tek ailelik konutlar,
- (b) Apartman blokları,
- (c) Ofisler,
- (d) Eğitim yapıları,
- (e) Hastaneler,
- (f) Oteller ve restoranlar,
- (g) Spor tesisleri,
- (h) Toptan ve perakende satış yapan ticari hizmet binaları,
- (i) Enerji tüketen diğer yapılar,

#### **Madde 4: Enerji Performansı Gereklere Saptanması**

1. Üye Ülkeler, Madde 3'te bahsedilen yöntemi temel alarak, binalar için saptanmış minimum enerji performansı gereklere sağlamak üzere gerekli tedbirleri alacaklardır. Bu gereklere saptanırken, üye ülkeler yeni binalar ve mevcut binalar için sınıflandırmaya gidebilirler. Bu gereklere, yapının yaşı, belirlenmiş fonksiyonu ve yerel şartlar kadar, yetersiz havalandırma gibi olası negatif etkilerden kaçınmak için genel iç iklim koşulları da dikkate alınacaktır. Bu enerji performans kuralları, 5 yıldan daha uzun olmamak kaydıyla, belirli zaman dilimlerinde gözden geçirilecek, gerektiğinde de yapı sektöründeki teknik gelişmeyi yansıtabilmek üzere güncellenecektir.

2. Enerji performansı gereklere Madde 5 ve 6'ya göre uygulanacaktır.

3. Üye Devletler, aşağıda belirtilen kategoriler için 1. paragrafta bahsedilen kuralları koymayabilir veya uygulamayabilir,

- tanımlanmış bir alanda resmi olarak korunan, veya tarihi, mimari bir değer taşıyan ve bu kuralların uygulanmasıyla özelliklerinde veya görünümünde kabul edilemez değişikliklerin olabileceği yapı ve anıtlarda,

- ibadet yerleri ve dinsel aktiviteler için kullanılan yapılarda,

- 2 yıl veya daha az süre için kullanılması planlanan geçici yapılar, düşük enerji talebi olan sanayi alanları, atölyeler ve konut dışı tarım yapıları ve enerji performansı konusunda milli bir anlaşma kapsamında kalan bir sektör tarafından kullanılan tarım yapılarında,

- yılda 4 aydan daha az süre için kullanılan konutlarda,

- toplam kullanılabilir zemin alanı 50 m<sup>2</sup>'den küçük müstakil binalarda

#### **Madde 5: Yeni Binalar**

Üye ülkeler Madde 4'de bahsedilen yeni binalarda minimum enerji performans gereksinimlerini sağlamak için gerekli önlemleri alacaklardır. Toplam kullanım alanı 1000 m<sup>2</sup>'den büyük binalar için üye ülkeler;

- Yenilenebilir enerjiye dayanan merkezi olmayan enerji sistemleri
- Bileşik ısı ve güç
- Bölgesel veya blok ısıtma veya soğutma
- Belirli koşullarda ısı pompaları

gibi alternatif sistemlerin inşaat başlamadan önce teknik, çevresel ve ekonomik olarak yapılabilirliğinin düşünülmesini ve göz önüne alınmasını sağlayacaklardır.

#### **Madde 6: Mevcut Binalar**

Üye ülkeler, toplam kullanım alanı 1000 m<sup>2</sup>'nin üzerinde olan binalarda yenileme çalışmaları yapıldığında, teknik, fonksiyonel ve ekonomik olarak mümkün olduğu oranda, minimum gereksinimleri karşılamak üzere enerji performansını yükseltmek için gerekli önlemleri alacaklardır.

Üye ülkeler, bu minimum enerji performans gereksinimlerini Madde 4'e uygun olarak binalar için saptanmış enerji performans gereksinimlerine dayanarak oluşturacaklardır. Yukarıda bahsedildiği gibi binanın toplam enerji performansını arttırmak amacı ile bu gereksinimler ya bir bütün olarak yenilenen bina veya belirli bir süre içerisinde tamamlanacak bir yenilemenin parçası oldukları zaman yenilenmiş sistemler ya da bileşenler için oluşturulabilir.

#### **Madde 7: Enerji Performansı Sertifikası**

Üye ülkeler, binalar inşa edildiğinde, satıldığında veya kiralandığında , enerji performans sertifikasının mal sahibine ya da mal sahibi tarafından alıcıya ya da kiracıya verilmesini sağlayacaktır. Sertifikanın geçerliliği 10 yılı aşmayacaktır. Bloklarda daireler için veya ayrı kullanım için tasarlanmış birimler için sertifikalandırma;

- Merkezi ısıtma sistemi olan yapılarda tüm bina için ortak bir sertifikasyon veya,
- Aynı blok içerisinde benzer bir dairenin değerlendirilmesine dayanarak yapılabilir.

Üye ülkeler, Madde 4 (3)'te bahsedilen kategorileri bu paragrafın uygulanmasından muaf tutabilirler.

**2.** Binalar için enerji performans sertifikası, tüketiciler için binanın enerji performansını değerlendirebilmeleri ve karşılaştırılabilmeleri için yürürlükteki yasal standartlar ve sabit değerler gibi referans değerleri içerecektir. Sertifikada enerji performansını arttıracak uygun maliyetli öneriler verilecektir.

Sertifikanın amacı bilgilendirme ile sınırlı olacaktır ve hukuki muameleler bağlamında sertifikaların her türlü etkisi ulusal kurallara göre kararlaştırılacaktır.

3. Üye ülkeler, çok sayıda kişi tarafından ziyaret edilen ve bu kişilere hizmet sağlayan, kamu çalışanları ve kuruluşları tarafından kullanılan toplam kullanım alanı 1000 m<sup>2</sup> den büyük binalar için; 10 yıldan eski olmayan sertifikasını, kolayca görülebilir bir yere yerleştirilmesini sağlamak üzere tedbirleri alacaklardır.

Tavsiye edilen ve mevcut sıcaklık dağılımı ile uygun olduğu takdirde ilgili iklimsel faktörler de açık olarak gösterilebilir.

#### **Madde 8: Kazanların Denetimi**

Üye ülkeler, enerji tüketiminin azaltılması ve karbondioksit emisyonlarının sınırlandırılması konusunda ayrıca;

(a) Yenilenebilir olmayan sıvı ya da katı yakıtla yanan, efektif nominal gücü 20kW'dan 100 kW'a kadar olan kazanların düzenli denetimini sağlamak üzere gerekli tedbirleri belirleyeceklerdir. Efektif nominal gücü 100 kW'dan büyük kazanlar en az iki yılda bir denetlenecektir. Gaz kazanları için bu süre dört yıla çıkarılabilir.

15 yaşından büyük, efektif nominal gücü 20 kW'dan fazla olan kazanlı ısıtma tesisatları için üye ülkeler bir seferlik tüm ısıtma tesisatı denetimini kurmak üzere gerekli tedbirleri belirleyeceklerdir. Binanın ısıtma ihtiyacına karşılık gelen kazan büyüklüğü ve verimliliği değerlendirilmesini içerecek olan bu denetimin temelinde uzmanlar kullanıcılara, kazanların yer değiştirmesi, ısıtma sisteminde başka değişiklikler yapılması ve alternatif çözümlere ilişkin gerekli önerileri verecektir.

(b) Kullanıcılar için kazanların yer değiştirmesi, ısıtma sisteminde başka değişiklikler yapılması ve alternatif çözümler üzerine, kazanın uygun boyut ve verimliliğini değerlendiren denetlemeleri içerebilen öneri hükümlerini sağlamak üzere gerekenleri yapacaklardır. Bu yaklaşımın yaratacağı toplam etki (a) bendinde yer alan hükümlerde anılan önlemlerin yaratacağı etkiyle genel anlamda uygun olmalıdır. Bu seçeneği seçen üye ülkeler, komisyona yaklaşımlarının denkliği üzerine iki yılda bir rapor sunacaklardır.

### **Madde 9: İklimlendirme Sistemlerinin Denetimi**

Enerji tüketiminin azaltılması ve karbondioksit emisyonlarının sınırlandırılması hakkında Üye Ülkeler, efektif nominal gücü 12 kW'dan fazla olan iklimlendirme sistemlerinin düzenli denetimini oluşturmak üzere gerekli tedbirleri belirleyeceklerdir.

Bu denetim, iklimlendirme verimliliği ve binanın soğutulması ihtiyacına karşılık gelen boyutlandırma değerlendirmesini içerecektir. Kullanıcılara, iklimlendirme sisteminin yer değiştirme ya da ilerlemeler ve alternatif çözümler üzerine uygun tavsiyelerde bulunulacaktır.

### **Madde 10: Bağımsız Uzmanlar**

Üye ülkeler, binaların sertifikalandırılması, sertifika ile beraber verilen öneri taslaklarının hazırlanması ve kazanların ve iklimlendirme sistemlerinin denetimi işlerinin, münferit çalışan ya da kamu veya özel teşebbüs kurumlarınca görevlendirilmiş kalifiye ve/veya akredite edilmiş uzmanlarca bağımsız şekilde sürdürülmesini sağlayacaklardır.

### **Madde 11: Gözden Geçirme**

Madde 14'e göre oluşturulan komite ile birlikte komisyon, direktifi uygulanması sürecinde kazanılan tecrübeler ışığında geliştirecek ve gerekirse;

- a) Toplam kullanım alanı  $1000 m^2$  den küçük binaların yenilenmesinde uygulanabilecek olan tamamlayıcı önlemler
- b) Binalarda daha sonraki enerji verimliliği önlemleri için genel teşvikler arasından birisi ile ilgili öneriler oluşturulacaktır.

### **Madde 12: Bilgi**

Üye ülkeler enerji performansını arttırmaya yarayan farklı yöntem ve çalışmalar hakkında binaların kullanıcılarını bilgilendirmek üzere gerekli önlemler alabilirler. Üye ülkelerin isteği üzerine komisyon, topluluk programlarında yer alabilen konu ile ilgili bilgilendirme kampanyaları düzenlemede üye ülkelere yardımcı olacaktır.

### **Madde 13: Çerçevenin Uyarlanması**

Ekin 1 ve 2. maddeleri iki yıldan az olmayacak düzenli aralıklarda yeniden gözden geçirilecektir.

Ekin 1 ve 2. maddelerini ilerlemelere uyarlamak için gerekli her tür değişiklik Madde 14(2)'de bahsedilen yöntem uyarınca benimsenecektir.

### **Madde 14: Komite**

1. Komisyon Komite tarafından desteklenecektir.
2. Bu paragrafa madde 8'in hükümleri hakkında referans verildiğinde 1999/468/EC sayılı kararın 5 ve 7. Maddeleri uygulanacaktır.

### **Madde 15: Takdim ve Tehir**

1. Üye ülkeler bu direktife uymak üzere gerekli kanunlar, yönetmelikler ve idari hükümleri en geç 4 Ocak 2006 tarihine kadar yürürlüğe koyacaklardır. Konu hakkında komisyonu hemen bilgilendireceklerdir.  
Üye ülkeler bu tedbirleri uyarlarken, bu yönetmeliğe atıfta bulunacak veya resmi yayınları aracılığıyla bu yönetmeliğe atıf yapacaklardır. Üye devletler bunun nasıl yapılacağını belirleyeceklerdir.
2. Üye ülkeler, ehliyetli ve/veya akredite edilmiş uzmanların yokluğu durumunda madde 7, 8, 9'un hükümlerinin tamamını uygulamak üzere üç yıllık bir ek süreyle sahip olabilirler. Bu seçenek uygulandığında üye ülkeler, bu direktifin ileriki yürürlüğü ile ilgili zaman çizelgesi ile birlikte uygun gerekçe belirtmek şartıyla komisyonu bilgilendireceklerdir.

### **Madde 16: Yürürlük**

Bu Direktif Avrupa Toplulukları Resmi Gazetesinde yayımlandığı tarihte yürürlüğe girer.

### **Madde 17: Muhataplar**

Bu yönetmelik üye devletlere yöneliktir. 16 Aralık 2002'de Brüksel'de hazırlanmıştır.

## EK – B

### Avrupa Birliği tarafından yayımlanan Binaların Enerji Performansı Direktifini Destekleyen EN ve EN-ISO Standartlarının Listesi

**Çizelge B1:** Binalarda Toplam Enerji Kullanımının Hesaplanması İle İlgili Standartlar (Tablo B2’deki standartlardan elde edilen sonuçlara dayalı)[13]

EN 15217	Binaların Enerji Performansı - Binaların enerji sertifikasyonunu,yeni ve mevcut binaların enerji performansını ifade etmek için yöntemler
EN 15603	Binaların Enerji Performansı - Toplam enerji kullanımı ve sınıflandırma
EN 15429	Yenilenebilir enerji kaynakları da dâhil olmak üzere binalarda enerji sistemleri ile ilgili standart ekonomik değerlendirme işlemleri için veri gereksinimleri

**Çizelge B2:** Binaya Dağıtılan Enerjinin Hesaplanması İle İlgili Standartlar (Tablo B3’deki standartlardan elde edilen sonuçlara dayalı [13])

EN 15316-1	Binalarda ısıtma sistemleri - sistem verimliliğini ve sistemin enerji gereksinimlerini hesaplama yöntemi – Kısım 1: Genel
EN 15316-2-1	Binalarda ısıtma sistemleri - sistem verimliliğini ve sistemin enerji gereksinimlerini hesaplama yöntemi – Kısım 2-1: Hacim ısıtması emisyon sistemleri
EN 15316-4	Binalarda ısıtma sistemleri - Sistem enerji gereksinimlerini ve sistem verimliliğini hesaplama için yöntem Kısım 4-1: Hacim ısıtması üretim sistemleri – Yanma sistemleri Kısım 4-2: Hacim ısıtması üretim sistemleri – Isı pompası sistemleri Kısım 4-3: Isıl güneş enerjisi sistemleri Kısım 4-4: Kojenerasyon sistemlerinin performansı ve kalitesi Kısım 4-5: Bölgesel ısıtma ve büyük hacimli sistemlerin performansı ve kalitesi
EN 15316-2-3	Kısım 4-6:Diğer yenilenebilirlerin performansı (ısı ve elektrik) Kısım 4-7:Hacim ısıtması üretim sistemleri- Biyoyakıt yakma sistemleri Binalarda ısıtma sistemleri - Sistem enerji gereksinimlerini ve sistem verimliliğini hesaplama için yöntem – Kısım 2-3: Hacim ısıtması dağıtım sistemleri



**Çizelge B2 (devam) : Binaya Dağıtılan Enerjinin Hesaplanması İle İlgili Standartlar**  
(Tablo B3'deki standartlardan elde edilen sonuçlara dayalı [13])

EN 15316-3	Sistem enerji gereksinimlerini ve sistem verimliliğini hesaplama yöntemleri  Kısım 3-1: Sıcak su sistemi, ihtiyaçların karakterizasyonu  Kısım 3-2: Sıcak su sistemi, dağıtım  Kısım 3-3: Sıcak su sistemi, üretim
EN 15243	Oda iklimlendirme sistemleri ile binanın oda sıcaklığının ,yükünün ve enerjinin hesaplanması
EN 15377	Sulu ısıtma sistemleri ve soğutma sistemleri  Kısım 1: Isıtma ve soğutma kapasitesinin belirlenmesi  Kısım 2: Tasarım, boyutlandırma ve tesis  Kısım 3: Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı için optimizasyonu
EN 15241	Binaların havalandırılması – Ticari binalarda havalandırma ve infiltrasyona bağlı enerji kayıpları için hesaplama yöntemleri
EN 15232	Entegre bina otomasyon sistemleri uygulanarak enerji verimliliğinde iyileştirme için hesaplama yöntemleri
EN 15193	Binaların enerji performansı – Aydınlatma için enerji gereksinimleri

**Çizelge B3: Isıtma ve Soğutma İçin Enerji İhtiyacının Hesaplanması ile İlgili Standartlar [13]**

EN ISO 13790	Binaların enerji performansı – Hacimsel ısıtma ve soğutma için enerji kullanımının hesaplanması
EN 15255	Binaların ısıtma performansı – Duyulur soğutma yükü hesabı  Genel kriterler ve validasyon prosedürleri
EN 15265	Binaların enerji performansı – Hacimsel ısıtma ve soğutma için enerji kullanımının hesaplanması  Genel kriterler ve validasyon prosedürleri

## Çizelge 4B : Yukarıda Belirtilen Bölümleri Destekleyen Standartlar

### Çizelge 4B-1: Yapı Bileşenlerinin Isıl Performansı[13]

EN ISO 13789	Binaların ısı performansını – Transmisyon ve havalandırma ısı kaybı katsayısı-hesaplama yöntemi
EN ISO 13786	Yapı bileşenlerinin ısı performansını – Dinamik ısı karakteristikler-hesaplama yöntemleri
EN ISO 6946	Yapı bileşenleri ve yapı elemanları – ısı direnci ve ısı geçirgenliği – hesaplama yöntemleri
EN ISO 13370	Binaların ısı performansını – Zemin üzerinden ısı transferi-hesaplama yöntemleri
EN 13947	Giydirme cephelerin ısı performansını - Isı geçirgenliğinin hesaplanması - Basitleştirilmiş yöntem
EN ISO 10077-1	Pencerelerin, kapıların, panjurların ısı performansını – Isı geçirgenliğinin hesaplanması Kısım 1: Genel
EN ISO 10077-2:2003	Pencerelerin, kapıların, panjurların ısı performansını – Isı geçirgenliğinin hesaplanması Kısım 2: Çerçeveler için sayısal yöntemler
EN ISO 10211	Yapılarda ısı köprüleri – Isı akışı ve yüzey sıcaklıkları-Detaylı hesaplamalar
EN ISO 14683	Yapılarda ısı köprüleri – Doğrusal ısı geçirgenliği – Basitleştirilmiş yöntemler ve varsayılan değerler
EN ISO 10456	Yapı malzemeleri ve ürünleri – Hidro-ısı özellikleri - İnşaat malzeme ve mamulleri - Beyan ve tasarım termal değerlerinin tayini için yöntemler

### Çizelge 4B-2: Havalandırma ve Hava İnfiltrasyonu[13]

EN 13465:2004	Binaların havalandırılması - İnfiltrasyon dâhil konut binalarında hava akış hızlarının belirlenmesi için hesaplama yöntemleri
EN 15242	Binaların havalandırılması – İnfiltrasyon dâhil binalarda hava akış hızlarının belirlenmesi için hesaplama yöntemleri
EN 13799	Konut dışı binaların havalandırılması - Havalandırma ve oda iklimlendirme sistemleri için performans gereksinimleri

**Çizelge 4B-3: Aşırı Isınma ve Güneş Koruma [13]**

EN ISO 13791: 2004	Binaların ısı performansını – Mekanik soğutma olmaksızın yazın oda iç sıcaklıklarının hesaplanması- Genel kriterler ve validasyon prosedürleri
EN ISO 13792: 2005	Binaların ısı performansını – Mekanik soğutma olmaksızın yazın oda iç sıcaklıklarının hesaplanması- Basitleştirilmiş yöntemler
EN 13363-1: 2003	Sırla kombine güneşten korunma aleti – Güneş ve ışığın geçirgenliğinin hesaplanması Kısım 1: Basitleştirilmiş yöntem
EN 13363-2: 2005	Sırla kombine güneşten korunma aleti – Güneş ve ışığın geçirgenliğinin hesaplanması Kısım 1: Detaylı hesaplama yöntemi

**Çizelge 4B-4: İç Mekân Şartları ve Dış İklim[13]**

CR 1752:1999	İç mekân tasarım kriterleri
EN 15251	İç mekân hava kalitesi, ışık, gürültü, ısı gibi konular dâhil olmak üzere iç mekân kriterleri
EN ISO 15927-1: 2003	Binaların hidrotermal performansı – İklim verilerinin sunumu ve hesaplanması Kısım 1: Tekli meteorolojik elemanların aylık ve yıllık ortalamaları
EN ISO 15927-2	Binaların higrotermal performansı - İklim verilerinin sunumu ve hesaplanması Kısım 2: Soğutma yükünün belirlenmesi için saatlik veriler
EN ISO 15927-3	Binaların higrotermal performansı - İklim verilerinin sunumu ve hesaplanması Kısım 3: Saatlik rüzgar ve yağmur verilerinden dikey yüzeyler için yağmur endeksinin hesaplanması
EN ISO 15927-4: 2005	Binaların higrotermal performansı - İklim verilerinin sunumu ve hesaplanması Kısım 4: Isıtma ve soğutma için yıllık enerjinin değerlendirilmesi için saatlik veriler
EN ISO 15927-5: 2005	Binaların higrotermal performansı - İklim verilerinin sunumu ve hesaplanması Kısım 5: Hacimsel ısıtma için ısı yükünün belirlenmesi için veriler

**Çizelge 4B-4 (devam): İç Mekân Şartları ve Dış İklim[13]**

EN ISO 15927-6	Binaların higrotermal performansı - İklim verilerinin sunumu ve hesaplanması  Kısım 6: Birikmiş sıcaklık farklılıkları ( derece gün)
----------------	--

**Çizelge 4B-4: Tanımlar ve Terminoloji[13]**

EN ISO 7345:1996	Isı yalıtımı – Fiziksel büyüklükler ve tanımlar
EN ISO 9288:1996	Isı yalıtımı – Radyasyon ile ısı transferi – Fiziksel büyüklükler ve tanımlar
EN ISO 9251:1996	Isı yalıtımı – Isı transferi koşulları ve malzeme özellikleri - Terimler
EN 12792:2003	Binalarda havalandırma – Semboller, terminoloji ve grafik semboller

**Çizelge 5: Enerji Performansının Doğrulanması ve İzlenmesi İle İlgili Standartlar[13]**

EN 12599:2000	Binalarda havalandırma - Test prosedürleri, klima ve havalandırma sistemleri için ölçme yöntemleri
EN 13829:2001	Binaların ısı performansını – Binaların hava geçirgenliğinin tayini - Fan basıncı altında tutma metodu
EN ISO 12569:2001	Binaların ısı performansını - Binalarda hava değişiminin belirlenmesi – İzleyici gaz seyreltme yöntemi
EN 13817:1999	Binaların ısı performansını - Bina kılıfında ısı düzensizliklerinin kalitatif tespiti – Kızılötesi yöntemi
EN 15378	Binalarda ısıtma sistemleri – Kazanların ve ısıtma sistemlerinin denetimi
EN 15239	Binalarda havalandırma – Binaların enerji performansını- Havalandırma sistemlerinin denetimi için yönetmelik
EN 15240	Binalarda havalandırma – Binaların enerji performansını – İklimlendirme sistemlerinin denetimi için yönetmelik

## EK-C

### Dialux Aydınlatma Tasarım Programı Kullanılarak Hesaplamalar

Oda yüksekliği: 3.2 m

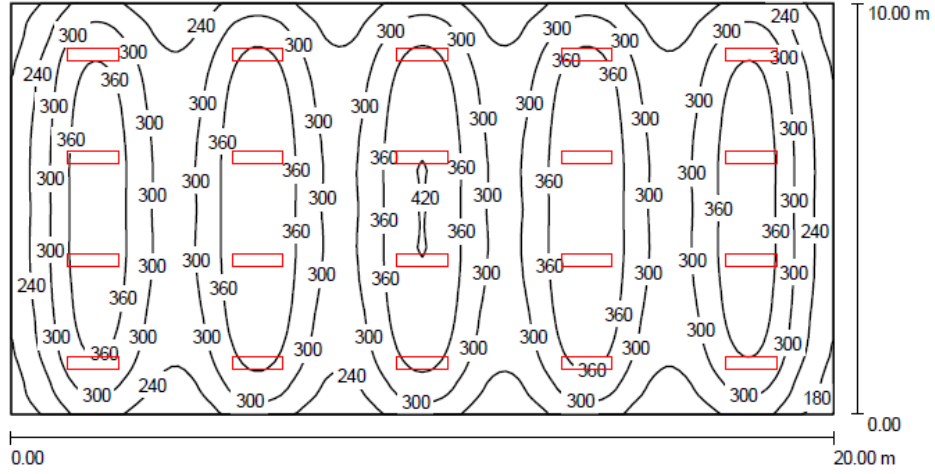
En:10 m

Boy:20 m

Çalışma düzlemi yüksekliği: 0.85

#### Çizelge C1: Ortalama 300 lx aydınlık düzeyi sağlanması için DIALUX Hesapları

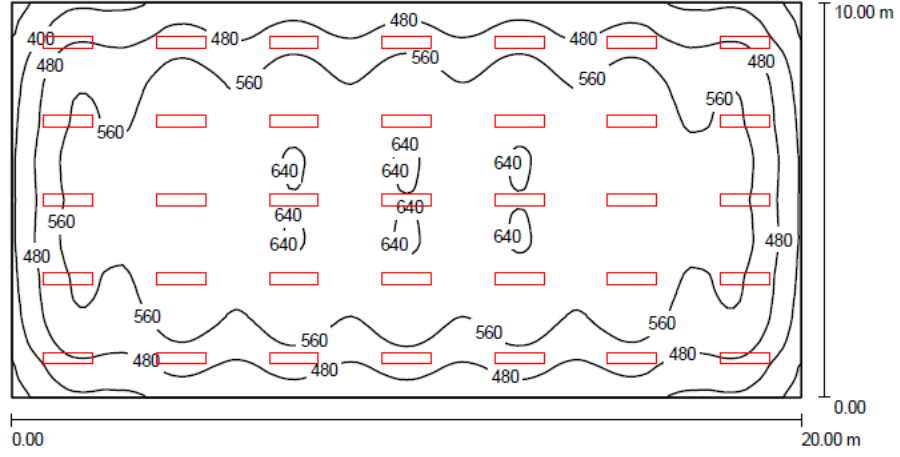
Yüzey	$\rho$ [%]	$E_{ort}$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{maks}$ [lx]	$E_{min}/ E_{ort}$
Çalışma düzlemi	/	314	143	425	0.457
Zemin	30	293	159	365	0.542
Tavan	70	84	61	97	0.720
Duvarlar	50	154	78	203	/



Şekil C1: 300lx için armatürlerin yerleşimi

#### Çizelge C2: Ortalama 500 lx aydınlık düzeyi sağlanması için DIALUX Hesapları

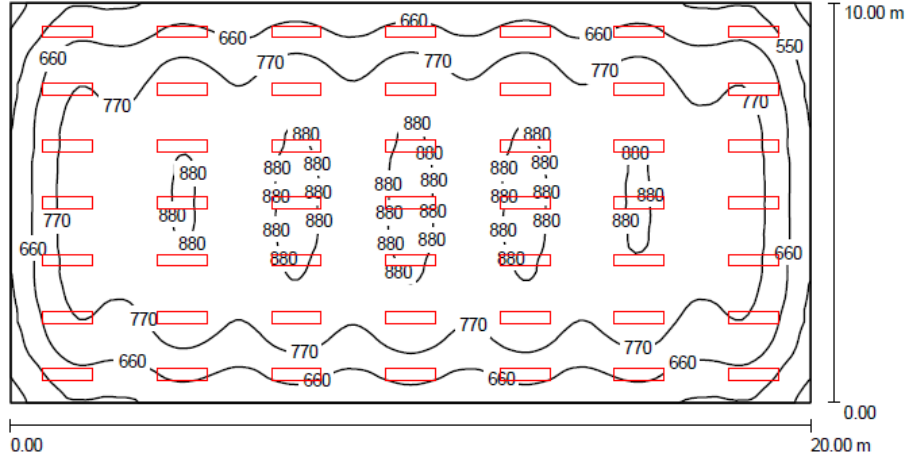
Yüzey	$\rho$ [%]	$E_{ort}$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{maks}$ [lx]	$E_{min}/ E_{ort}$
Çalışma düzlemi	/	543	284	653	0.522
Zemin	30	508	280	605	0.552
Tavan	70	148	111	173	0.747
Duvarlar	50	276	142	436	/



**Şekil C2:** 500lx için armatürlerin yerleşimi

**Çizelge C3:** Ortalama 750 lx aydınlık düzeyi sağlanması için DIALUX Hesapları

Yüzey	$\rho$ [%]	$E_{ort}$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{maks}$ [lx]	$E_{min}/E_{ort}$
Çalışma düzlemi	/	757	401	903	0.529
Zemin	30	709	398	848	0.562
Tavan	70	208	159	259	0.764
Duvarlar	50	390	205	698	/



**Şekil C3:** 750lx için armatürlerin yerleşimi

## ÖZGEÇMİŞ



**Ad Soyad:** Hüma AKSAKAL

**Doğum Yeri ve Tarihi:** İstanbul,1987

**Adres:** Seyit Ömer Mahallesi,Miralay Hasan Kazım Sok.Murat Apt.No:28/10  
Kocamustafapaşa/İstanbul

**Lisans Üniversite:** Elektrik Mühendisliği,Yıldız Teknik Üniversitesi