

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİNALARDA ENERJİ YÖNETİMİ VE
ENERJİ KULLANIM VERİMLİLİĞİNİ ETKİLEYEN
FAKTÖRLERİN YAPAY ZEKA TEKNİKLERİ İLE ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

End. Müh. İhsan EROĞLU

Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Cemalettin KUBAT

Ocak 2010

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİNALARDA ENERJİ YÖNETİMİ VE
ENERJİ KULLANIM VERİMLİLİĞİNİ ETKİLEYEN
FAKTÖRLERİN YAPAY ZEKA TEKNİKLERİ İLE ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

End. Müh. İhsan EROĞLU

Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 21/01/2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Doç.Dr. Cemalettin Kubat

Jüri Başkanı



Yrd.Doç.Dr. Gültekin Çağır

Üye



**Yrd.Doç.Dr. Mustafa
ÖZDEMİR**

Üye



ÖNSÖZ

Dünyada enerji verimliliği çalışmaları 1970’li yıllardaki petrol krizinden sonra başlamıştır. Ülkemizde ise 1980’lerden sonra bu çalışmalara başlanmış olmasına rağmen enerji verimliliği göstergelerine bakıldığında ülkemiz, enerji verimliliği konusunda daha yolun başında sayılmaktadır.

İsrafın haram olduğunu kabul eden bir toplum olmamıza rağmen, ülkemizde birçok alanda görülen verimsizlik ve israf, enerji tüketiminde de karşımıza çıkmaktadır. Bunun nedeni kullanıcıların enerjiyi verimli kullanmayı istememeleri değil, onları yönlendirecek, doğru karar vermelerine yardımcı olacak mekanizmaların geliştirilememiş olmasıdır.

2007 yılında yürürlüğe giren “Enerji Verimliliği Kanunu” enerji verimliliği çalışmaları için bir dönüm noktası olmuştur. Kanunla, uluslar arası literatürde Enerji Verimliliği Danışma(EVD) şirketleri, enerji yöneticiliği, verimlilik artırıcı proje (VAP) gibi kavramlar enerji alanında çalışanlar için önemli enstrümanlar haline gelmiştir. Yine kanunla birlikte, yetki ve sorumluluklar da tanımlanmış, enerji verimliliği konusunda ölçme ve değerlendirmeye dayalı çalışmalar için yasal bir zemin oluşturulmuştur.

Enerji verimliliği çalışmaları, planlamadan uygulamaya kadar geçen süreçleri içermekte ve birçok bilim dalını ilgilendirmektedir. Bu çalışmanın amacı, binalarda enerji tüketim ihtiyacının mevcut yöntemlere göre daha kolay ve hızlı hesaplanabildiği alternatif bir yöntem geliştirmek ve enerji alanında tasarruf potansiyelini ve problemleri açığa çıkaracak bir “Karar Destek Sistemi” için altlık oluşturmaktır.

TEŐEKKÜR

Bu çalışmanın ortaya çıkmasında göstermiő oldukları katkılarından dolayı,

Öncelikle, çalışmanın her aşamasında sabır ve destekleri için eőim ve biricik kızım **Gkenay**'a,

Bana bu çalışmanın baőından sonuna kadar yazım aőaması suresince gerçekleőtirmiő olduğu gerekli düzeltmeler için, hocam Doç Dr. Cemalettin KUBAT'a

Sonsuz teőekkürlerimi sunarım....

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜRLER	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
TABLolar LİSTESİ	ix
ÖZET	xi
SUMMARY	xii
BÖLÜM 1. GİRİŞ	1
BÖLÜM 2. ENERJİ İLE İLGİLİ YAPILAN ÇALIŞMALAR	6
2.1 Yapılan Çalışmalar	6
2.1.1. Enerjinin tanımı	6
2.2.2. Enerji yönetimi	10
2.2.2.1. Enerji verimliliği çalışma alanları	11
2.2.2.2. Enerji yönetim sistemi	12
2.2.2.3. Enerji etütleri	13
2.2. Enerji Verimliliği Alanında Ülkemizdeki Düzenlemeler	15
2.2.1. 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu	15
2.2.2. Enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılmasına ilişkin yönetmelik	17
2.2.3. Binalarda enerji performans yönetmeliği	17
BÖLÜM 3. BİNALARDA ENERJİ YÖNETİMİ	19
3.1. Binaların Enerji İhtiyacı	20
3.1.1. Isıl konforun sağlanması	21
3.1.1.1. Isıtma ihtiyacı	22
3.1.1.2. Soğutma ihtiyacı	49

3.1.2. Aydınlatma ihtiyacı	52
3.1.3. Elektrikli ev aletleri ve ofis cihazları	57
3.1.4. Otomasyon & izleme v.b. sistemler:	64
3.1.4.1. Bina otomasyon sistemleri	64
3.1.4.2 Enerji izleme sistemleri	67
3.2. Binalarda Enerji Tüketimini Etkileyen Faktörler	68
3.2.1.Yapı işletmesi	69
3.2.1.1. Enerji türü	69
3.2.1.2. Sistem tipleri	70
3.2.1.3. Sistem boyutları	70
3.2.1.4. Güç kontrolü	70
3.2.1.5. Güç verimliliği	70
3.2.2. Bina kabuğu (yapısal) faktörleri	72
3.2.3. İnsan faktörleri	73
3.2.4. Dış faktörler	75
BÖLÜM 4. YAPAY ZEKÂ TEKNOLOJİLERİ	78
4.1. Bulanık Mantık	80
4.1.1. Üyelik fonksiyonları	82
4.1.2. Küme işlemleri	84
4.1.3.Bulanık denetim süreci	85
4.2. Yapay Sinir Ağları	87
4.2.1. Yapay sinir ağlarının yapısı ve özellikleri	89
4.2.2.1. Yapay sinir ağlarının dezavantajları	92
4.2.2. Yapay sinir ağlarında öğrenme	92
4.2.3.1. Öğrenme yöntemleri	93
4.2.3.2. Yapay sinir ağlarında öğrenme kuralları	95
4.2.3. Yapay sinir hücresi	96
4.2.4. Yapay sinir ağları çeşitleri	100

BÖLÜM 5. KONUTLARDA ISITMA İHTİYACININ YAPAY ZEKA TEKNİKLERİ İLE ANALİZİ	107
5.1. Isıtma İhtiyacını Etkileyen Faktörlerin Yapay Zeka Teknikleri İle Belirlenmesi	107
5.1.1. Isıtma ihtiyacını etkileyen faktörlerin bulanık mantık yöntemleriyle belirlenmesi	108
5.1.1.1. İletim kayıpları	109
5.1.1.2. Havalandırma kayıpları	110
5.1.1.3. İç ısı kazançları	111
5.1.1.4. Güneş kazançları	112
5.1.2. YSA ile binalarda ısıtma ihtiyacının hesaplanması	114
5.2. Konutlarda Isıtma İhtiyacının Yapay Zeka Teknikleri ile Hesaplanması ve Sonuçların TS825 Isı Yalıtım Standardı ile Karşılaştırılması	115
5.2.1. Problemin modelinin oluşturulması	116
5.2.2. Isı kayıplarının hesaplanması	117
5.2.2.1. Duvardaki ısı kayıplarının bulanık kümedenme analizi	117
5.2.2.2. Tavandaki ısı kayıplarının bulanık kümedenme analizi	123
5.2.3. Isıtma İhtiyacının YSA Kullanarak Hesaplanması	128
BÖLÜM 6. SONUÇ VE ÖNERİLER	133
ÖZGEÇMİŞ	138
KAYNAKLAR	139

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

A	: Isı Kaybeden Yüzey Alanı (m ²)
BM	: Bulanık Mantık
EİE	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
ETB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
EVD	: Enerji Verimliliği Danışmanlığı
EVK	: Enerji Verimliliği Kanunu
H	: Binanın özgül ısı kaybı (W/K)
İBB	: İstanbul Büyükşehir Belediyesi
KFL	: Kompakt Floresan Lamba
NF	: Neural-Fuzzy
OECD	: Organisation for Economic Co-operation and Development
Q yıl	: Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı
t	: Zaman, (saniye olarak bir ay = 86400 x 30) (s)
Td	: Ortalama dış sıcaklık (°C)
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
Ti	: Ortalama iç sıcaklık (°C)
U	: Isıl geçirgenlik katsayısı (W/m ² K)
VAP	: Verimlilik Arttırıcı Proje
YSA	: Yapay Sinir Ağı
YZ	: Yapay Zeka
η_{ay}	: Kazançlar için aylık ortalama kullanım faktörü (Birimsiz)
Φ_g	: Ortalama güneş enerjisi kazancı (W)
Φ_i	: Ortalama iç kazançlar (W)

ŞEKİLLER LİSTESİ

- Şekil 2.1. Dünya Enerji Kaynakları Tüketimi
- Şekil 2.2. Sektörlere ve Yakıt Türlerine Göre Enerji Tüketim Dağılımları
- Şekil 2.3. Türkiye Enerji Yoğunluğu ve Kişi Başına Enerji Tüketimi
- Şekil 2.4. Üç Boyutlu Enerji Yönetim Modeli
- Şekil 2.5. Enerji Yönetim Süreci
- Şekil 2.6. Enerji Verimliliği Kanunu ve İkincil Mevzuatı
- Şekil 2.7. Bina Enerji Performans Belgesi
- Şekil 3.1. Binalarda Enerji Tüketen Sistemler
- Şekil 3.2. Isıtma Sistemlerinin Sınıflandırılması
- Şekil 3.3. Binaların Yalıtım Özelliklerine Göre Yıllık Isıtma İhtiyacı Karşılaştırması
- Şekil 3.4. İstanbul İli İçin Ortalama Isıtma ve Kullanım Suyu Doğalgaz Tüketimleri
- Şekil 3.5. Beyoğlu Belediyesi Verilerindeki Alanlar ve Açıklamaları
- Şekil 3.6. Coğrafi Bilgi Sistemindeki Farklı Veri Katmanları
- Şekil 3.7. Grafik Verilerde Örtüşme Problemleri
- Şekil 3.8. Farklı Katmanların Birleştirilmesinden Sonra Oluşturulan Coğrafi Bilgi Sistemi
- Şekil 3.9. Birim Tüketimler Hesaplandıktan Sonra Oluşturulan Tematik Haritalar
- Şekil 3.10. Tüketim Değerlerinin Sınıflandırılmış Hali
- Şekil 3.11. Sınıf Aralıklarına Göre Bina Sayıları
- Şekil 3.12. Binaların Tüketim Durumlarının Değerlendirilme Haritası
- Şekil 3.13. Yapı Kullanım Amaçları Haritası

- Şekil 3.14. Yapı Kullanım Tipleri Haritası
- Şekil 3.15. Kullanılan Yakıt Tipleri Haritası
- Şekil 3.16. Atop/Vbrüt Oranlarına Göre Isıtma İhtiyacı Sınırları
- Şekil 3.17. En Büyük ve En Küçük Atop/Vbrüt Oranlarına Göre Isıtma İhtiyacı Sınırları
- Şekil 3.18. En Büyük ve En Küçük Atop/Vbrüt Oranlarına Göre Gruplandırmalar
- Şekil 3.19. Aydınlatma ile İlgili Kavramlar
- Şekil 3.20. Sektörlere Göre Elektrik Enerjisi Tüketim Oranları
- Şekil 3.21. Enerji Etiketleri Örneği
- Şekil 3.22. Merter Ek Hizmet Binası Elektrik Yüklerinin Zamana Göre Dağılım Grafiği
- Şekil 3.23. Merter Ek Hizmet Binası Elektrik Yüklerinin Dağılım Grafiği
- Şekil 3.24. Sistem (Proses) ve Otomatik Kontrol İlişkisi
- Şekil 3.25. Örnek Otomatik Kontrol Döngüsü
- Şekil 3.26. Örnek Otomasyon Sistemi Konfigürasyonları
- Şekil 3.27. Enerji Analizörü Datalarından Hazırlanmış Örnek Grafik
- Şekil 3.28. Tüketimi Etkileyen Faktörler
- Şekil 3.29. Örnek Kompanzasyon Uygulaması
- Şekil 3.30. Örnek Bina Formları
- Şekil 3.31. Aynı Yapısal Özelliklere Sahip Konutların Doğalgaz Tüketim Değerleri
- Şekil 3.32. Ülkemizdeki Isıtma ve Soğutma Gün Dereceleri
- Şekil 4.1. Örnek Bulanık Kümeler
- Şekil 4.2. Çeşitli Biçimde Üyelik Fonksiyonları
- Şekil 4.3. Bulanık Birleşim Kümesi
- Şekil 4.4. Bulanık Kesişim Kümesi
- Şekil 4.5. Bulanık Ters Alma İşlemi
- Şekil 4.6. Bulanık Denetim Süreci
- Şekil 4.7. Klasik Bulanık Mantık Denetim Süreci

- Şekil 4.8. Biyolojik Sınır Hücresi
- Şekil 4.9. Öğrenme ve Test Etme
- Şekil 4.10. Yapay Sınır Hücresinin Modeli
- Şekil 4.11. Aktivasyon Fonksiyonları
- Şekil 4.12. Örnek YSA Modeli
- Şekil 5.1. Binalarda Isıtma İhtiyacı Parametreleri
- Şekil 5.2. Binalardaki Isı Kayıplarını Hesaplayan Bulanık Mantık Model
- Şekil 5.3. Binalardaki İç Isı Kazançları İçin Bulanık Mantık Model
- Şekil 5.4. Binalardaki Güneş Enerji Kazançları İçin Bulanık Mantık Model
- Şekil 5.5. Binalarda Isıtma İhtiyacını Hesaplayan YSA Modeli
- Şekil 5.6. Binalarda Yıllık Isıtma İhtiyacını Hesaplayan NF Model
- Şekil 5.7. Duvardaki Isı Kayıpları İçin MATLAB Fuzzy Logic Toolbox Kullanılarak Hazırlanan Model ve Üyelik Fonksiyonları
- Şekil 5.8. Duvardaki Isı Kayıplarında Bulanık Mantık Modelin TS825 Çıktıları ile Karşılaştırılması
- Şekil 5.9. Tavan Isı Kayıpları İçin MATLAB Fuzzy Logic Toolbox Kullanılarak Hazırlanan Model ve Üyelik Fonksiyonları
- Şekil 5.10. Tavandaki Isı Kayıplarında Bulanık Mantık Modelin TS825 Çıktıları ile Karşılaştırılması
- Şekil 5.11. Binadaki Isı İhtiyacı YSA Modelinin Öğrenme Çıktıları
- Şekil 5.12. Binadaki Isı İhtiyacı YSA Modelinin Test Çıktıları
- Şekil 6.1. Yıllık Isıtma İhtiyacı Hesaplama Yöntemlerinin Karşılaştırması

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1. Gayri Safi Yurtiçi Hasıla Sonuçları

Tablo 2.1. Enerji Yönetim Seviyeleri

Tablo 2.2. Enerji Etüt Aktiviteleri

Tablo 3.1. Kamu Binaları ve Kişisel Binalarda Enerji Tüketim Dağılımları

Tablo 3.2. Bina Sınıfı ve “e” Değerleri

Tablo 3.3. Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Tablo 3.4. Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi

Tablo 3.5. Soğutma Yüğü Hesap Yöntemlerinden Elde Edilen Sonuçlar

Tablo 3.6. Binalarda Akkor Flamanlı Lambalar ve Floresan Lambaların Özellikleri

Tablo 3.7. Ofis Cihazları Elektrik Tüketim Özellikleri ve Stand-By Tüketimleri Tablosu

Tablo 3.8. Yakıt Fiyat Karşılaştırma Tablosu

Tablo 3.9. EPDK Tarafından Belirlenen Reaktif Tüketim Oranları Tablosu

Tablo 4.1. Toplama Fonksiyonu Örnekleri

Tablo 4.2. Aktivasyon Fonksiyonu Örnekleri

Tablo 5.1. Duvardaki Isı Kaybı Parametreleri

Tablo 5.2. Duvardaki Isı Kaybı İçin Oluşan Sınır Değerleri

Tablo 5.3. Duvardaki Isı Kayıpları İçin Kural Tablosu

Tablo 5.4. Duvardaki Isı Kayıplarında Bulanık Mantık Modelin TS825 Çıktıları ile Karşılaştırılması

Tablo 5.5. Tavandaki Isı Kaybı Parametreleri

Tablo 5.6. Tavandaki Isı Kaybı Parametreleri

Tablo 5.7. Tavandaki Isı Kayıpları İçin Kural Tablosu

Tablo 5.8. Tavandaki Isı Kayıplarında Bulanık Mantık Modelin TS825 Çıktıları ile Karşılaştırılması

Tablo 5.9. Yıllık Isıtma İhtiyacı İçin Hazırlanan Eğitim Veri seti

Tablo 5.10. Yıllık Isıtma İhtiyacı İçin Hazırlanan Test Veri Seti

Tablo 6.1. Yıllık Isıtma Hesabı Model Çıktıları (kWh/m²)

Tablo 6.2. Yapay Zeka Teknikleri Kullanılarak Isıtma İhtiyacı Modellerinin Performans Karşılaştırması

ÖZET

Anahtar kelimeler: Enerji Verimliliği, Binalarda enerji yönetimi, ısıtma ihtiyacının hesaplanması, bulanık mantık, yapay sinir ağları, neural-fuzzy sistemler

Ülkemiz, ulusal sürdürülebilir kalkınma stratejisindeki büyüme ihtiyacını gerçekleştirebilmesi için enerji arz güvenliğini sağlamak zorundadır. Ayrıca enerji yaşamın her alanında (ulaşım, ısıtma, soğutma, aydınlatma, elektrikli kullanımı, tarım v.b.) faaliyetlerin yürütülebilmesi için en önemli araçtır. Enerji kaynakları bakımından zengin olmayan ülkemiz enerji ihtiyacının önemli bir kısmını ithal etmek durumundadır (% 74). Bu oran her yıl daha da artmaktadır. Ayrıca enerji verimliliği açısından önemli bir gösterge olan enerji yoğunluğumuzda OECD ülkeleri ortalamasının iki katına yakındır.

Binalarda enerji verimliliği, enerji verimliliği çalışmalarının önemli bir alanını oluşturmaktadır. Tüketim fazlalıklarının belirlenebilmesi için, enerji tüketen sistemlerin, teorik tüketim değerleri ile gerçek tüketim değerlerinin karşılaştırılması gerekmektedir.

Bu çalışmada binadaki tüketim ihtiyacının, yapay zeka teknikleri kullanılarak (bulanık mantık, yapay sinir ağları) klasik tüketim ihtiyacı hesaplama yöntemlerine göre daha hızlı ve daha kolay hesaplanabileceği gösterilmiştir. Uygulama kısmında ise yıllık ısıtma ihtiyacı için TS825 ısıtma ihtiyacı değerleri ile yapay zeka teknolojileri sonuçları karşılaştırılarak, sonuçların kabul edilebilir olduğu gösterilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre, benzer yöntemler kullanılarak tüm enerji tüketim faktörlerinin bir arada hesaplamaya katıldığı “kara destek sistemleri” ve “uzman sistemler” geliştirmek mümkün görülmektedir. Geliştirilecek bu sistemler enerji tüketim profillerini ortaya çıkaracak, tüketimdeki problemleri daha hızlı ve kolay tespit etmemize olanak sağlayacak, enerji verimliliği konusunda ülkemize önemli faydalar sağlayacaktır.

ENERGY MANAGEMENT IN BUILDINGS AND ENERGY CONSUMPTION AFFECTING FACTORS ANALYSIS WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNIQUES

SUMMARY

Key Words: Energy Efficiency, Energy Management in Buildings, Calculation of Heating Needs, Fuzzy Logic, Artificial Neural Networks, Neural-Fuzzy Systems.

Our country, growth in national sustainable development strategy needs to perform to ensure the security of energy supply must. In addition, in every field of life energy (transportation, heating, cooling, lighting, electrical use, agriculture, etc.) is the most important tools for the conduct of activities. Energy resources-rich countries without a significant portion of our energy needs has to be imported (74%). This rate is increasing each year. Also an important indicator in terms of energy efficiency, the energy intensity of OECD countries, we are close to twice the average.

Energy efficiency in buildings, energy efficiency constitutes an important area of study. Excess consumption can be determined for the energy-consuming systems, the theoretical values and the actual consumption for comparison of consumption is required.

In this study, the consumption needs of the building, using artificial intelligence techniques (fuzzy logic, artificial neural networks) according to the classical method of calculating consumption needs faster and more easily can be calculated are shown. In the application of the annual heating needs for the heating needs for TS825 with the artificial intelligence technologies, comparing the results, the results have been shown to be acceptable.

According to the results obtained, all using similar methods to calculate energy consumption together participated factors "black support systems" and "expert systems" are possible to improve on. These systems will be developed to reveal the profiles of energy consumption, consumption of the problematic points that will allow us to more quickly and easily detect, energy efficiency will provide significant benefits in our country.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

İnsanlığın var oluşundan bu yana, yaşam gereksinimlerinin karşılanması için enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Ülkelerin hızla kalkınması ve üçüncü dünya ülkelerinin de modern enerji kaynaklarına ulaşması sonucunda dünya toplam enerji ihtiyacı her geçen gün artmakta ve nihayetinde enerji, çağımızın en önemli stratejik değeri haline gelmektedir.[1]

Ülkemiz ulusal sürdürülebilir kalkınma stratejisini gerçekleştirebilmesi için her yıl dünya ortalamasının üzerinde büyümesi gerekmektedir. Ülkemiz son 50 yılda ortalama % 5 civarında büyüme gerçekleştirmiştir. Bu rakam küçümsenemeyecek kadar yidedir.

Tablo 1.1.Gayri Safi Yurtiçi Hasıla Sonuçları[2]

Yıllar	Cari fiyatlarla GSYH	Gelişme hızı	Cari fiyatlarla GSYH	Gelişme hızı	Sabit fiyatlarla GSYH	Gelişme hızı
	(Milyon TL)	%	(Milyon \$)	%	(Milyon TL)	%
1998	70 203	-	270 947	-	70 203	-
1999	104 596	49	247 544	-8.6	67 841	-3.4
2000	166 658	59.3	265 384	7.2	72 436	6.8
2001	240 224	44.1	196 736	-25.9	68 309	-5.7
2002	350 476	45.9	230 494	17.2	72 520	6.2
2003	454 781	29.8	304 901	32.3	76 338	5.3
2004	559 033	22.9	390 387	28	83 486	9.4
2005	648 932	16.1	481 497	23.3	90 500	8.4
2006	758 391	16.9	526 429	9.3	96 738	6.9
2007 (9 aylık)	635 911	14.2	489 250	26	75 341	5

Sürdürülebilir büyüme için en önemli unsur büyümeyi sağlayacak yatırımların yapılabilmesidir. Üretim faktörleri, bir ürünün ortaya çıkabilmesi için gerekli olan unsurlardır. Klasik endüstri teoreminde 3 tane olan faktörler, günümüzdeki bazı sınıflandırmalara göre de 4 tane olarak kabul edilmektedir.

Bu faktörler;

- Doğal Kaynaklar
- Sermaye
- İş gücü (Emek)
- Girişimci (Müteşebbis)

Enerji, üretimin en önemli faktörlerinden doğal kaynaklar ve sermayenin kesiştiği bir noktadadır. Dünyadaki büyüme oranları ile enerji fiyatları arasında doğrusal bir ilişki söz konusudur.

2008 yılı sonunda yaşanan ekonomik krize kadar dünyadaki büyüme oranları %3-4 civarında ve petrol fiyatları da 150 \$'ın üzerine doğru ilerlerken iken, günümüzde yaşanan ekonomik kriz global büyümeyi durdurmuş, buna paralel olarak da petrol fiyatları da gerilemiştir. enerji fiyatlarındaki istikrarsızlık, enerji tüketimi açısından önemli oranda dışa bağımlı ülkemizi ekonomik yönden olumsuz etkilemektedir ve enerji arz güvenliği konusunu öne çıkarmaktadır.

Enerji sadece üretimde değil, insanoğlunun yaşamın da temel kaynak olarak yerini almıştır. Barınma, ulaşım, ısıtma, soğutma, aydınlatma, elektrikli aletler ve ofis hizmetleri, tarım gibi her alanında enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Enerji kaynağı olarak fosil yakıtlar (petrol, doğal gaz, kömür v.b.) temel kaynak olarak yerini korumakla beraber dünyadaki rezervlerin sınırlı olmasından dolayı yenilenebilir enerji kaynakları da (rüzgar, güneş, hidrolik v.b.) toplam enerji kullanımındaki oranını her geçen gün arttırmaktadır. Nükleer enerji ise ilk yatırım maliyetleri ve envanterden çıkarma maliyetleri dezavantajlarına rağmen enerji arz güvenliği

açısından dünyada alternatif bir enerji kaynağı olarak kullanımını devam ettirmektedir.

Fosil yakıtların bir sonucu olan sera gazı emisyonları da ,global bir problem olarak dünyanın gündemine oturmuş,iklimle mücadele için gerek uluslar arası gerekse de yerel politikalar ve eylem planları oluşturulmuştur.

Enerji arz güvenliği, ülkelerin gelişmelerini; ekonomik ve ulusal güvenliklerini temelden etkileyen bir olgudur. Bu nedenle, enerji kaynaklarını kesintisiz, güvenilir, ucuz, temiz ve çeşitlendirilmiş kaynaklardan sağlayabilmek ve verimli kullanmak, her ülkenin güvence altına alması gereken hususlardır [3].

Enerji arz güvenliği için ülkemizin geliştirebileceği stratejiler;

- Enerji Verimliliği ve Tasarruf Çalışmaları
- Yerli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Geliştirilmesi
- Dünya Enerji Tüketimi ve Bölgesel Talep Artış Tahminleri doğrultusunda, ülkemizin jeopolitik konumu da dikkate alınarak uluslar arası enerji arenasında etkili faaliyetler yürütmek (Bakü-Ceyhan, Nabucco, Kyoto v.b.)
- Alternatif Enerji Teknolojilerine yönelmektir.
(Nükleer Enerji, Hidrojen Enerjisi v.b)

Enerji tüketimini tahmin etmek planlamadan uygulamaya kadar tüm aşamalarda bir çok yönden önemlidir. Ülkeler enerji tüketim değerlerini kullanarak enerji politikalarını, Yerel yönetimler bölgesel planlamalarını, tasarımcılar bina ve sitem tasarımlarını, son kullanıcılarda enerji maliyetlerini belirleyebilirler. Tüketim tahmini ile gerçekleşen tüketim arasında da önemli bir ilişki vardır. Gerçekleşen tüketim tahminden fazla tasarruf potansiyeli olduğu anlamına gelmektedir.

Hangi seviyede olursa olsun enerji yöneticileri için temelde iki seçenek mevcuttur . birinci seçenek sürdürülebilir enerji üretimi, ikinci seçenek ise enerjinin verimli kullanılmasıdır.

2006 yılında, ülkemizin genel enerji tüketimi 92,3 Milyon TEP olarak gerçekleşmiştir. Genel enerji talebimizin 2010 yılında 126 Milyon TEP'e, 2020 yılında ise 222 Milyon TEP'e ulaşması beklenmektedir.

Ülkemizin enerji tüketimi incelendiğinde önemli ölçüde dışa bağıllık ve yerel kaynakların etkili kullanılmadığı görülmektedir. Türkiye'nin enerji ithal oranı 2008 yılı itibariyle %74'tür ve yıllık % 4-5 arası artmaktadır.

Ayrıca ülkemizdeki enerji verimliliği açısından önemli bir gösterge olan enerji yoğunluğu da, gelişmiş ülkelerden en az iki kat daha kötüdür. Buda ülkemizin tasarruf potansiyelinin yüksek olduğu anlamına gelmektedir. Elektrik İşleri Etüt İdaresi(EİE), Türkiyede'ki tasarruf potansiyelinin en az %30 olduğunu ifade etmektedir.

Enerjinin kullanım alanları incelendiğinde ise önemli bir payın binalara ait olduğu görülmektedir. Binalarda tüketilen enerjinin toplamdaki payı %24'tür.

Diğer taraftan, TÜİK'in 2000 yılındaki istatistiklerine göre Türkiye'de 8.063.646 ruhsatlı bina ve 16.235.830 ruhsatlı konut bulunmakta idi. 2000 – 2007 döneminde; ruhsat alan bina sayısı 511.757, konut sayısı ise 1.848.547 olmuştur. İyimser bir tahminle, Türkiye'deki bina stokunun % 5,6'sı ve konut stokunun % 10'u ısı yalıtımı standartlarına uygun olduğu düşünülmektedir.[4]

Ülkemizde, konut sektöründe ısıtma amaçlı enerji tüketimi, tüketilen toplam enerjinin % 70'i gibi çok yüksek bir orandadır. Avrupa Birliği'nde bu % 57 dir. % 25'i sıcak su üretimi için kullanılmaktadır. İZODER tarafından yapılan açıklamalarda, yalnızca bina kalitesinin düşüklüğünden (yalıtım olmaması) dolayı yıllık enerji kaybı yaklaşık 7 Milyar \$ olarak hesaplanmaktadır.

Enerji tüketim değerlerinin doğru analiz edilebilmesi için, gerçek tüketim değerleri ile birlikte teorik tüketim tahminlerini de hesaplanması ve aradaki farkların analiz edilmesi gerekmektedir.

Binalarda yapılacak bu tür bir analiz çalışması için ise binalara ait yapısal bilgilerin daha ayrıntılı bir şekilde elde edilmesi gerekmektedir. Isıtma, Soğutma, Havalandırma, Aydınlatama v.b. tüketimleri için konusunda uzmanlaşmış kişiler tarafından yapılması gereken bir çok hesaplama gerekmektedir.

Bu tez çalışmasında, binaların ısıtma ihtiyacı için karmaşık hesaplama yöntemleri kullanmadan, bina sahipleri ve yerel yönetimlerin için kolay ve hızlı karar almalarına yardımcı olmak amacıyla, binalarda enerji tüketimini etkileyen faktörler yapay zeka teknikleri kullanılarak analiz edilecektir.

Elde edilecek sonuçlar doğrultusunda binaların toplam enerji tüketimi ve tüketimi etkileyen tüm faktörleri kapsayan bir karar destek sistemi oluşturulabilecektir.

BÖLÜM 2. ENERJİ İLE İLGİLİ YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1 Yapılan Çalışmalar

2.1.1. Enerjinin tanımı

Enerji, bir cisim ya da sistemin iş yapabilme kapasitesidir ve değişik formlarda karşımıza çıkar. Isı enerjisi, ışık (radyant enerji), mekanik enerji, elektrik enerjisi, kimyasal enerji ve nükleer enerji gibi.

Üretilmeyen ve ancak mevcut bir formdan diğerine dönüştürülebilen enerji, "etkiyen kuvvet" anlamına gelip fizik biliminde iş yapabilme yeteneği ve depolanan iş olarak tanımlanır. Enerji, klasik fizik kuramında Potansiyel Enerji ve Kinetik Enerji olarak iki ana başlık altında incelenmekle birlikte enerji yönetimi açısından enerji kaynakları;

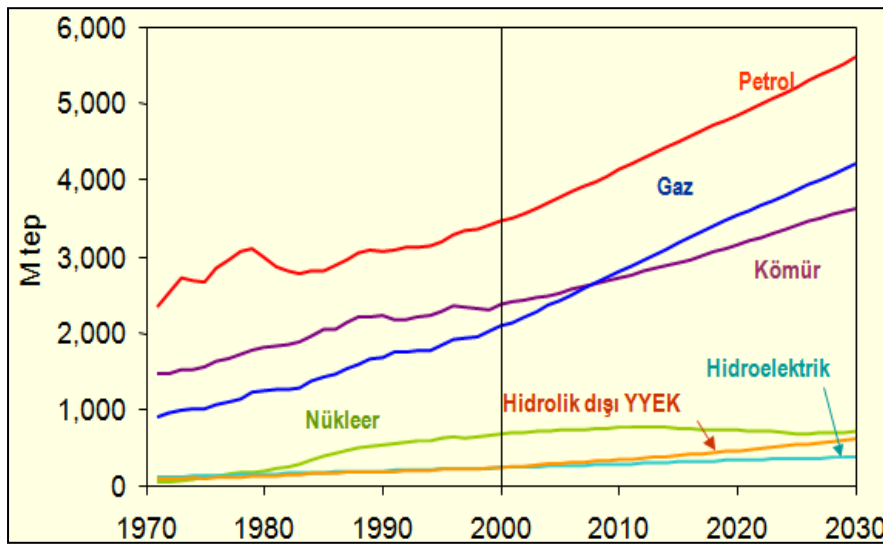
- Yenilenebilir Enerji
- Tükenebilir (veya yenilenemeyen) enerji olmak üzere iki grup altında toplanır.

Yenilenebilir enerji, pratik olarak sınırsız varsayılan, sürekli ve tekrar tekrar kullanılabilen enerjidir. Örneğin güneş enerjisi, güneşten gelir ve elektriğe veya ısı enerjisine dönüştürülebilir. Rüzgâr enerjisi, yerküreden gelen jeotermal enerji, bitkilerden üretilen biokütle ve sudan elde edilen hidro güç de yenilenebilir enerji grubunda değerlendirilmektedir. Yenilenebilir enerji, kısa sürede yerine konulan enerjidir.

Tükenebilir yada yenilenemeyen enerji ise, kullanıldıktan sonra kısa zaman aralığında yeniden oluşmayan enerji olarak tanımlanır. Bunlar genelde, petrol, doğal gaz ve kömür gibi fosil yakıtlardır. Bu tür enerjiler, yaşamları milyonlarca yıl önce sona ermiş bitki ve hayvan gibi organik kalıntıların fosillerinden kaynaklanmaktadır.

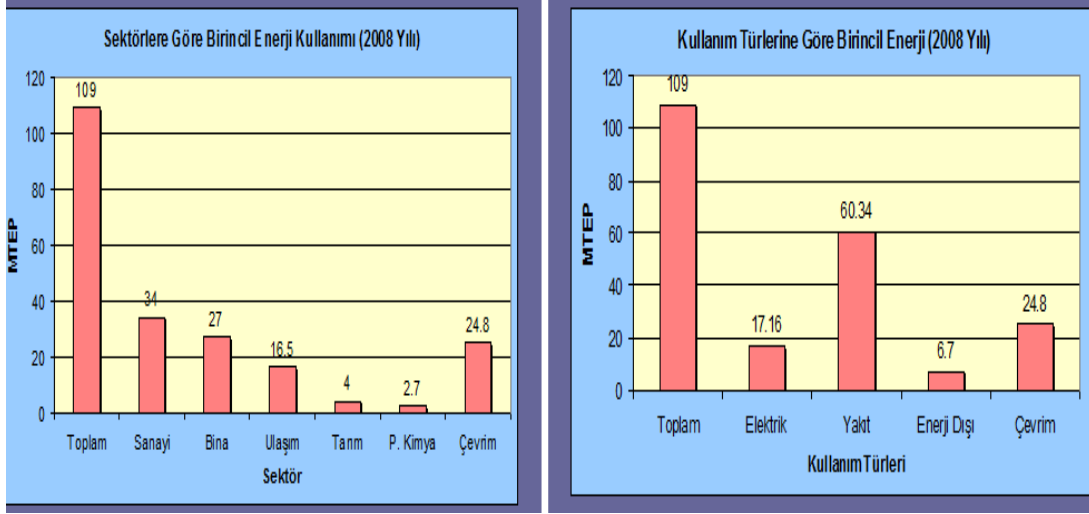
Dünyanın genel enerji tüketimi incelendiğinde, doğal gaz mutlak değerler açısından, hidroelektrik dışındaki yenilenebilir enerjiler ise yüzde olarak daha hızlı bir artış göstermektedir. Ancak 2030 yılında petrolün hala en baskın kaynak olarak yer alacağı değerlendirilmektedir.

Birincil enerji tüketimi yıllık ortalama %2,8 oranında bir artışla 2005 yılı sonu itibariyle 92,5 Milyon TEP, elektrik enerjisi tüketimi ise yıllık %4,6 oranında bir artışla 160,8 Milyar kWh'e ulaşmıştır.



Şekil 2.1.Dünya Enerji Kaynakları Tüketimi

Ülkemizde 2008 yılı itibariyle enerjinin % 74'ü yurt dışından gelmiş; % 33'ü sanayiye, % 24'ü binalara ve % 16'sı ulaşımına harcanmıştır. Kalkınmasını sürdürmeye çalışan ülkemizde, artan nüfus ve refah düzeyi, sanayileşme gibi nedenlerden dolayı enerji kullanımındaki yıllık ortalama artış %5'tir. 2020 yılına gelindiğinde enerji tüketimimiz 2 katın üzerinde artacaktır.[4]

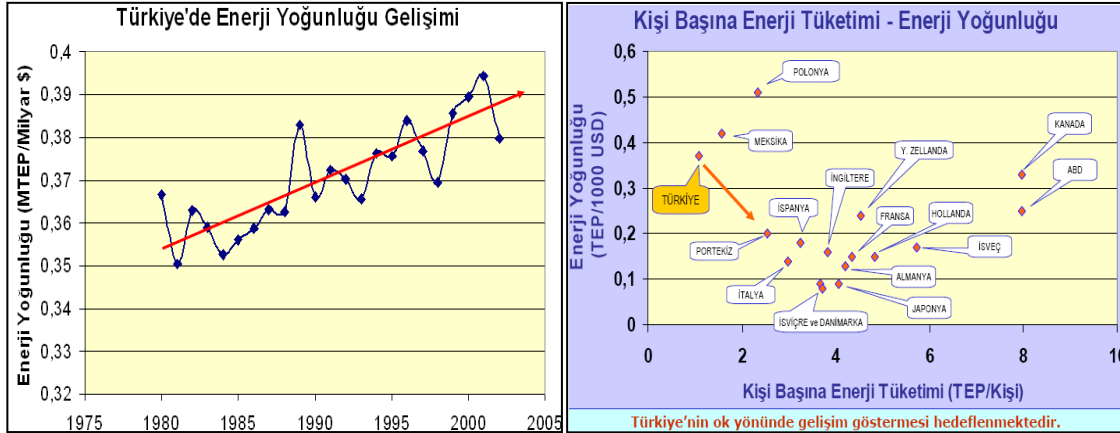


Şekil 2.2.Sektörlere ve Kullanım Türlerine Göre Enerji Tüketim Dağılımları [4]

Enerji Yoğunluğu; Gayri Safi Hasıla başına tüketilen birincil enerji miktarını temsil eden ve tüm dünyada kullanılan bir göstergedir. Diğer bir deyişle Birim GSYH için kullanılan birincil enerji tüketim oranı anlamına gelmektedir. Örneğin 1000 \$ lık GSYH için kullanılan MTEP birincil enerji veya 1 \$ lık GSYH için kullanılan kWh elektrik kullanım değerleri birer enerji yoğunluğu göstergesidir.

Enerji insan yaşamının kalitesinin bir ölçüsü olmakla birlikte ekonomik büyümenin de bir göstergesidir. Aşağıdaki grafikte ülkemizin yıllara sari enerji yoğunluğu ve kişi başına enerji tüketimi ile enerji yoğunluğu ilişkisi görülmektedir.

Ülkemizde kişi başına enerji tüketimi OECD ülkeleri ortalamasının yaklaşık beşte biri civarındayken, gayri safi yurt içi hasıla başına tüketilen enerji miktarı olarak ifade edilen enerji yoğunluğu, OECD ortalamasının yaklaşık iki katıdır. Uluslararası Enerji Ajansı verilerine göre, Japonya için 0,09 ve OECD ortalaması olarak 0,19 olan bu değer için ülkemiz için 0,38 olması, ülkemizde enerjinin ne kadar verimsiz kullanıldığını ortaya koymaktadır. Enerji yoğunluğu yüksek, kişi başına enerji tüketimi düşük olan ülkemizde yapılacak etkin talep yönetimi çalışmalarının da katkısı ile bir yandan kişi başına enerji tüketimi artırılmalı bir yandan da enerji yoğunluğu azaltılmalıdır.[3]



Şekil 2 .3.Türkiye Enerji Yoğunluğu ve Kişi Başına Enerji Tüketimi

Enerji yönetim faaliyetleri her seviyede farklı aksiyonları gerektirmektedir. Aşağıdaki şekilde enerji yönetim seviyeleri ve o seviyedeki faaliyetler görülmektedir. Enerji yönetim faaliyetleri için bir üst seviye ile paralel Enerji Yönetim Programı oluşturulmalı ve program dahilinde oluşturulacak planlama ve uygulama faaliyetleri ile enerji faaliyetleri gerçekleştirilmelidir.

Tablo 2.1. Enerji Yönetim Seviyeleri

Seviye	Ölçek	Aktörler	Aksiyon
Dünya	Global	Uluslararası Kuruluşlar Ülkeler	İklimle Mücadele Sürdürülebilirlik
Ülke	Ulusal	Kamu STK 'lar Özel Sektör	Politika Oluşturma (Üretim, Dağıtım, Verimlilik)
Bölgesel	1/100.000- 1/1000	- İdareler (Belediyeler, İl ve İlçe Belediyeleri) - STK'lar - İlçe Belediyeleri - Uygulayıcılar (Mimar, Mühendis, Uzman v.b.) - Özel Sektör	Planlama ve Koordinasyon Eğitim Bilinçlendirme Tasarım Uygulama Dağıtım Tüketim
Kullanıcı	Birebir	Gerçek ve tüzel kişiler	Enerji Etütleri (Ölçme, İzleme) Verimlilik Arttırıcı Uygulamalar

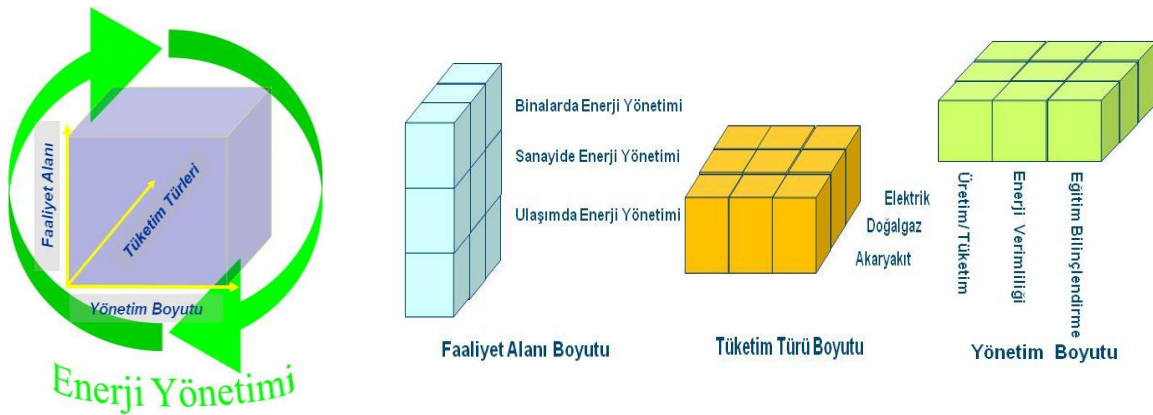
2.2.2. Enerji yönetimi

Enerji üretimden tüketime kadar birçok değişime uğrar. Örneğin evimizde kullandığımız elektrik enerjisi nihai enerji türü olup elektrik üretiminde yenilenebilir ya da yenilenemeyen bir enerji kaynağı kullanılmaktadır. Enerjinin verimli kullanılabilmesi için tüm süreçlerin kontrol edilebildiği bir enerji yönetim anlayışına ihtiyaç duyulmaktadır.

Enerji yönetiminin amacı, konfor şartlarından ödün vermeden, enerji tüketiminin azaltılması ve ihtiyaç duyulan enerjinin yerli, temiz enerji kaynakları ile karşılanmasının sağlanması şeklinde olmalıdır.

Enerji kaynaklarının ve enerjinin verimli kullanılmasını sağlamak üzere yürütülen planlama, eğitim, etüt, ölçüm, izleme, ve uygulama faaliyetlerinin tümü enerji yönetiminin konusudur. Enerji Yönetimi, hiçbir zaman konfordan taviz vermek değildir. Enerji yönetimi minimum maliyet ile maksimum faydayı bulmak yönünde olmalıdır.

Aşağıdaki şekilde üç boyutlu enerji yönetimin anlayışı görülmektedir.



Şekil 2.4. Üç Boyutlu Enerji Yönetim Modeli

Faaliyet alanı boyutunda üretimden tüketime kadar enerjinin etkin kullanılması ile ilgili çalışmalar, enerji türleri boyutunda ise doğru enerji türü ve doğru teknoloji kullanımı, verimlilik boyu ise izleme ve tasarruf potansiyeli belirleme faaliyetlerini içermektedir. Çalışma konumuz binalarda enerji verimliliği olduğu için bundan sonraki kısımlarda, “Enerji Verimliliği”, enerji verimliliğinde de “Binalarda Enerji Verimliliği “ konularına değinilecektir.

2.2.2.1.Enerji verimliliği çalışma alanları

Petrol krizlerinden sonra tüm dünyada artan enerji fiyatlarının kontrol altına alınmasına, enerjide sürdürülebilirliğin sağlanmasına ve dışa bağımlılığın azaltılmasına yönelik çalışmalar enerjinin verimli kullanımının önemini artırmıştır.[3]

Türkiye'nin birincil enerji tüketim profili incelendiğinde, 2020 yılında 2004'e nazaran, sanayide 2,8 kat, binalarda 2,3 kat ulaşımda 2,5 kat daha fazla enerji harcayacağımız öngörülmektedir. Bu durumda 2020 projeksiyonlarına ve 2005 fiyatlarına göre yapılan değerlendirmeler, talebi karşılamak üzere ihtiyaç duyulacak yaklaşık 50.000 MW'lık ilave kurulu güç için elektrik üretim tesisi yatırımlarının 2,5 Milyar TL, buna bağlı olarak elektrik sektörü ve boru hatları için gerekli iletim/dağıtım şebekesi yatırımlarının ise 11,0 Milyar TL civarında olabileceğini ortaya koymaktadır. Talebi karşılamak üzere ihtiyaç duyulan mali yükler sadece sabit tesis yatırımlarından ibaret olmayıp %70'in üzerinde birincil enerjisini ithal eden ülkemiz için ithalat giderlerinin artışı da beraberinde getirmektedir. Aynı kriterler dikkate alınarak yapılan değerlendirmeler sonucunda da, yıllık petrol ithalatında 56,7 Milyon ton petrol karşılığı 17 Milyar TL ve yıllık doğal gaz ithalatında da 63 Milyar m³ doğal gaz karşılığı 24,3 Milyar TL civarında bir ilave yükün söz konusu olabileceğini ortaya koymaktadır.[3]

Bugüne kadar yapılan çalışmalarla ortaya konan %15'lik elektrik tasarruf potansiyeli geri kazanıldığında; 6,5 Milyar TL'lik doğal gazlı santral yatırımı önlenebileceği gibi doğal gaz ithal giderlerinde yılda 3,0 Milyar \$'lık bir azalma da sağlanabilir. Ayrıca binaların ve işletmelerin ısıtılmasında ve soğutulmasında %35 ve ulaşımda %15 tasarruf sağlandığında ülkemiz petrol ve doğal gaz ithal giderlerinde yılda 1,4 Milyar \$'lık azalma söz konusudur.[3]

Yapılan çalışmalar 2020 yılındaki 222 Milyon TEP olarak gerçekleşmesi beklenen birincil enerji talebini %15 azaltabilecek bir potansiyele sahip olduğumuzu ortaya koymaktadır. Bu potansiyelin, 2005 fiyatları ile yılda yaklaşık 16,5 Milyar TL'lik tüketim tasarrufuna eş değer olduğu hesaplanmaktadır.[3]

2.2.2.2.Enerji yönetim sistemi

Enerji yönetim faaliyetlerinin etkin şekilde yürütülmesi amacıyla Enerji Yönetim Sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Kullanıcı seviyesinde, bir bina enerji yönetim sistemi tüketimlerin izlenmesi ve tasarruf olanaklarının tespit edilmesi için kullanılıyorken, yerel yönetimler seviyesinde Coğrafi Bilgi Sistemi (GIS) entegrasyonu olan, bölgesel planlamalar yapabilen Enerji Yönetim Sistemi (EYS) modüllerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Enerji yönetim sisteminin kurulması için çok farklı akış şemaları söz konusudur, ancak aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi, uygulamada beş aşama genel bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 2.5. Enerji Yönetim Süreci

Binalar için kurulan EYS'leri yaşam kalitesini istenilen düzeyde tutmak şartıyla, enerji kullanımını ve giderlerini düşürecek, minimum düzeyde çevresel etki yaratacak, maksimum toplumsal fayda oluşturmak için tasarlanmış Yönetim Bilişim sistemleridir. EYS'lerin en önemli özelliklerinden biride kendinden üst ve alt seviyelerle haberleşebilmesidir.

Yerel yönetim seviyesinde GIS tabanlı bir enerji yönetim sistemin de oluşturulan, konutlardaki metrekare başına ısıtma ihtiyacı bilgileri alt seviyede, kullanıcıların tüketimlerini azaltması, üst seviyede ise merkezi hükümetin enerji tüketimi projeksiyonlarını, CO₂ emisyon bilgilerinin hesaplanabilmesi gibi bir çok alanda kullanılabilir.

2.2.2.3. Enerji etütleri

Enerji tasarrufu açısından, bir binanın enerji verimliliğinin değerlendirilmesi, enerji tasarruf olanaklarının belirlenmesi ve uygun projelerin planlanmasına yardımcı olmak amacıyla geliştirilen teknik yaklaşımlar dizisidir.

Enerji tasarrufu ölçüsünü belirleyebilmek için enerji yöneticisinin veya enerji yönetim biriminin elinde bulunan en önemli teknik araç enerji etütleridir.

Enerji Etüdünün Amacı :

- Enerji giderlerini kontrol altına alan enerji tasarruf programının yapılmasını sağlamak,
- Tasarruf önlemlerinin planlanabilmesi için, enerji kullanım karakteristiklerini belirlemek.
- Enerji tasarruf önlemlerini içeren yatırım kararları almak için gerekli bilgiyi sağlamak,
- Alternatif enerji planlanması ve kurulumu için temel sağlamak,
- Geleceğe yönelik enerji tüketimlerinin kıyaslanabildiği enerji tüketim verisini oluşturmak,
- Mevcut Yönetim Bilgi Sistemlerine (YBS) entegre edilebilen sürekli Enerji Bilgi Sistemi (EBS) için temeli sağlamak olarak özetlenebilir.

Enerji yöneticileri tarafından yapılan Enerji etütleri sırasında yapılan bir çok aktivite vardır. Sırasıyla bu işlemler aşağıdaki gibi özetlenebilir:

Tablo 2.2. Enerji Etüt Aktiviteleri

Faturalar incelenmesi	Projeler incelenmesi
Otomasyon sistemi incelenmesi	Tüm mahaller gezilmesi
Isıtma&soğutma sistemleri incelenmesi	Havalandırma sistemleri incelenmesi
Isı geri kazanım sistemleri incelenmesi	Enerji analizörü ile ölçümler yapılması
Termal Kamera ile kaçaklar tespit edilmesi	Baca gazı ölçümleri ile kazan verimi hesaplanması

Mahal ve kanal sıcaklıkları ölçülmesi	Aydınlatma ve ofis cihazlarının sayısı tespit edilmesi
Binanın gece durumu izlenmesi	Tasarruf projeleri çıkarılması
Enerji yönetimi modelinin belirlenmesi	

2.2. Enerji Verimliliği Alanında Ülkemizdeki Düzenlemeler

Mayıs 2007 yılında yürürlüğe giren, 5627 Enerji Verimliliği Kanunu ülkemizde enerji verimliliği çalışmaları için bir dönüm noktası olmuştur. Kanun sonrası hazırlanan ikincil mevzuatlarla da uygulamadaki belirsizlik ve eksiklikler giderilmeye çalışılmaktadır. Aralık 2008’de yayımlana Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği ile Sayı: 27075 Bu tez çalışmasında konutlarda enerji ihtiyacının hesaplanması için kullanılan klasik hesaplama yöntemler yanı sıra gerçek tüketimle teorik tüketim arasındaki farkları.

Türkiye’de Enerji Verimliliği Faaliyetlerinde Önemli Gelişmeler :

TARİH	AÇIKLAMA
1980	Enerji tasarrufu çalışmaları, EİE (Elektrik İşleri Etüt İdaresi) tarafından başlatılmıştır.
1988-1991	Politika ve program çalışmalarına ağırlık verilmiştir
1992	Ulusal Enerji Tasarrufu Merkezi (UETM) kurulmuştur.
Kasım 1995	Sanayide Enerji Yönetimi Yönetmeliği
2000	TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı ve Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği
Nisan 2007	5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu
Aralık 2008	Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği

2.2.1. 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu

Enerjinin etkin kullanılması, israfın önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunması için enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılması amacı ile 02 Mayıs 2007 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir.

Bu kanun ile kurum ve kuruluşların yetki çerçevesi belirlenmiş, enerji yöneticisi kavramı ortaya konmuş ve enerji yöneticilerinin nerelerde görev yapmalarının zorunlu olduğu belirlenmiştir. Kanun bünyesinde verimlilik artırıcı projelere verilebilecek destekler hakkında da açıklamalar getirilmiştir.

Kanunun getirdiği yenilikler;

- Enerji Koordinasyon Kurulu Kurulması
- Enerji Yöneticisi Kavramı,
- Enerji Tüketim Bildirimleri (Bina, Endüstri, Ulaşım),
- Enerji Kimlik Belgeleri
- Enerji Verimlilik Danışma Şirketleri ve Enerji Etütleri
- Verimlilik Arttırıcı Proje Uygulamaları

Enerji Verimliliği Koordinasyon Kurulu, enerji verimliliği çalışmalarının ülke genelinde tüm ilgili kuruluşlar nezdinde etkin olarak yürütülmesi, sonuçlarının izlenmesi ve koordinasyonu amacıyla kurulmuştur.

Kurul, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığında EİE Genel Müdürlüğün ilgilendirildiği müsteşar yardımcısı başkanlığında, İçişleri Bakanlığı, Maliye Bakanlığı, Milli Eğitim Bakanlığı, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ulaştırma Bakanlığı, Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, Bakanlık, Çevre ve Orman Bakanlığı, Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, Hazine Müsteşarlığı, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, Türk Standartları Enstitüsü, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma

Kurumu, Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği, Türkiye Mühendis ve Mimar Odaları Birliği ve Türkiye Belediyeler Birliğinin birer üst düzey temsilcisinden oluşur.[5]



Şekil 2.6.Enerji Verimliliği Kanunu ve İkincil Mevzuatı

2.2.2. Enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılmasına ilişkin yönetmelik

Bu yönetmeliğin amacı, enerji verimliliği kanununda belirtilen;

- Enerjinin etkin kullanılması
- Enerji israfının önlenmesi
- Enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi
- Çevrenin korunması için enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılmasına ilişkin usul ve esasları düzenlemektedir.

Yönetmelikte enerji verimliliği alanında kanunda belirtilen hükümlere açıklamalar getirilmiştir. Başlıca düzenlemeler;

- Kurumların ve şirketlerin yetkilendirilmesi, denetimi,
- Tesislerde enerji yönetim biriminin kurulması,
- Eğitim ve sertifikalandırmalar,
- Enerji verimliliği ve verimlilik artırıcı projelerin desteklenmesi,
- Bilgi verme yükümlülüğü,
- Gönüllü anlaşmalar,
- Talep tarafı yönetimi ile elektrik enerjisi üretimi, iletimi ve dağıtımında enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik uygulamalar hakkında düzenlemeler yapmaktadır.

Yönetmelikteki sınırlar ve şartlar zaman içinde geliştirilerek enerji verimliliği alanındaki çalışma alanlarının kapsamı genişletilecektir.

2.2.3. Binalarda enerji performans yönetmeliği

Binalarda enerji performansı yönetmeliğine kadar binalar için yalnızca ısıtma ihtiyacı hesapları yapılmakta iken Enerji Verimliliği Kanunu ile;

- Binaların tüm enerji ihtiyacının belirlenmesi,
- Enerji tüketimlerine göre sınıflandırılması
- Enerjinin verimliliğine yönelik zorunlu uygulamaların getirildiği (merkezi ısıtma, yenilenebilir enerji etüdü, otomatik kontrol, kojenerasyon v.b.)

BEP yönetmeliğinin en önemli yeniliklerinden biride mevzuat kapsamındaki binalara (>1000 m²) “Enerji Kimlik Belgesi” hazırlama zorunluluğudur. Hazırlanacak enerji kimlik belgeleri ile binalar enerji kalitesi ve sera gazı emisyonları açısından sınıflandırılmış olacaklardır. Şekil 2.7’de enerji kimlik belgesi örneği görülmektedir.

ENERJİ KİMLİK BELGESİ			
Belge No :	Tarih :	Belgeyi Düzenleyen :	Oda Sicil No :
Bina İpi :	Belgenin Son Geçerlilik Tarihi :	İmza :	
İnşaat yılı :			
Kapalı Kullanma alanı :			
Ada, Parsel :			
Adres :			
Mülk sahibi :	Müşterek tesisatların sahibi (gerekliyse) :		
İsim :	İsim :		
Adres :	Adres :		
Enerji tipine göre yıllık tüketimler			
Enerji Kullanım Alanı	Nihai Enerji tüketimleri kWsaat	Birincil Enerji tüketimleri kWsaat	
Isıtma :			
Sihhi sıcak su :			
Soğutma :			
Aydınlatma :			
TOPLAM :			
Isıtma, sihhi sıcak su üretimi, soğutma ve aydınlatma için enerji tüketimleri (birincil enerji olarak)		Isıtma, sihhi sıcak su üretimi, soğutma ve aydınlatma için sera etkisi gazı (SEG) emisyonları	
Nihai tüketim:kWsaat/ m ² .yıl		Emisyon salımı:kg eqd CO ₂ / m ² .yıl	
Tasarruflu Bina	Bina	SEG Emisyonu Düşük Bina	Bina
Enerji Tüketimi Yüksek Bina	kWh _{eq} /m ² .yıl	SEG Emisyonu Yüksek Bina	kg _{eq} CO ₂ /m ² .yıl

Şekil 2.7.Bina Enerji Performans Belgesi

BÖLÜM 3. BİNALARDA ENERJİ YÖNETİMİ

Daha öncede belirtildiği gibi ülkemizde harcanan tüketilen enerjinin %25-30 civarı binalarda tüketilmektedir. Binalar insanların sosyal yaşam alanları olup kullanım amaçlarına göre farklı enerji gereksinimlerine sahiptirler.

Binaları, enerji tüketim karakteristiklerine göre aşağıdaki gibi sınıflandırabiliriz,

1. Toplu Yaşam Amaçlı

- Konutlar
- Otel, motel, yurt v.b.
- Kışla, ceza evi v.b.

2. Hizmet Binaları

- İşyerleri
- Alışveriş merkezleri
- İmalathane ve atölyeler
- Hastaneler
- İbadethaneler
- Havalimanı, gar

3. Sosyo- Kültürel Amaçlı

- Öğretim Binaları
- Müze,sergi, galeri v.b.
- Sinema,tiyatro v.b
- Spor salonu, yüzme havuzu v.b.

Binaların kullanım amacına göre enerji ihtiyaçları da değişmekle beraber, genellikle,

1. İklimlendirme(Isıtma, Soğutma, Havalandırma)
2. Aydınlatma
3. Elektrikli ve Ofis Cihazları

gibi alanlarda enerji tüketilmektedir.

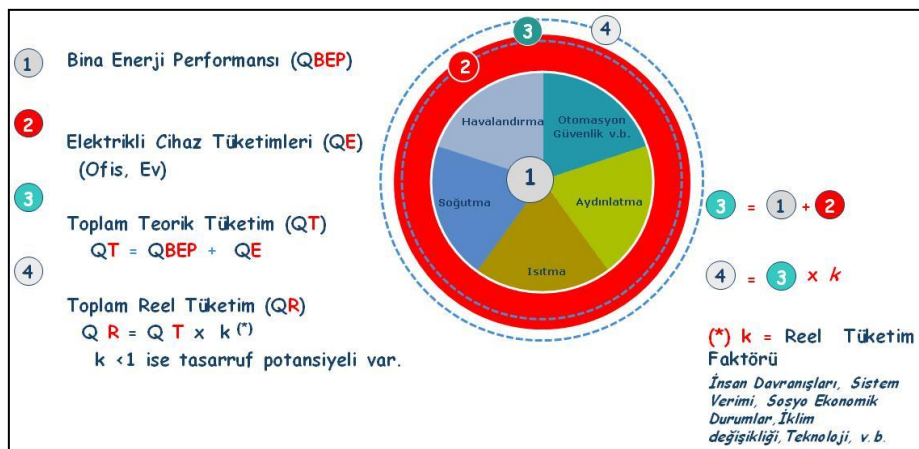
Bina türüne göre enerji tüketim dağılımları da farklılık göstermekle beraber Tablo 3.1’ de kamu binaları ve kişisel binalar için enerji tüketim payları görülmektedir.

Tablo 3.1. Kamu Binaları ve Kişisel Binalarda Enerji Tüketim Dağılımları[6]

Bina Tipi	Hacim Şartlandırma	Aydınlatma Soğutma	Sıcak Su	Pişirme	Diğer
Kamu	%20	%18	%19	%24	%19
Kişisel	%24	%17	%21	%20	%18

3.1. Binaların Enerji İhtiyacı

Binaların enerji ihtiyacı incelendiğinde birçok enerji tüketen sistem göze çarpmaktadır. Şekil 3.1’de binalarda enerji tüketen sistemler ve bina enerji performansındaki yeri görülmektedir.



Şekil 3.1. Binalarda Enerji Tüketen Sistemler

Isıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma, otomasyon, güvenlik v.b. sistemler binalara tasarım aşamasında ya da zamanla değişen kullanım ihtiyaçlarına göre yapılan hesaplamalar doğrultusunda binalarda bulunan sistemlerdir. İlerleyen bölümlerde bu sistemler ayrıntılı bir şekilde anlatılacaktır.

3.1.1. Isıl konforun sağlanması

Enerji gereksinimlerinin hesabında;

1. adım termal konforun temini için ortama verilmesi veya ortamdan alınması gereken enerjinin hesabıdır. En basit yöntem, ısı konforu sağlamak için gerekli enerjiyi dış hava kuru termometre sıcaklığının bir fonksiyonu olarak kabul etmektedir. Güneş ışınimleri, iç ortam ısı kazançları, duvarlardaki ve iç ortamdaki eşyaların depoladığı ısı, bina zarfından (dış kabuğundan) ısı geçişi, hava sızıntıları ve rüzgar etkisi bu hesaplara katılınca daha hassas ve doğru sonuçlar bulunur. [7]

2. Adım, yardımcı sistem donanımının (ikinci donanım) yükünü ortam ısı yüküne katmaktır. Bunlar vantilatör, pompa v.b cihazların yükü, sıcak su hazırlayan cihaz yükü, boru ve kanal yükleridir.

3. Adım, ana ekipmanın (birinci donanım) 1.ve 2. adımın yüklerini ve olabilecek pik yükleri karşılayan merkezi sistemin enerji ve yakacak ihtiyacını bulmaktır. Burada, donanım verimi ve kısmi yüklere olan cevabı bilinmelidir. Bu hesaplara maliyet ve verim analizleri de katılır.

Eğer ısıtma havalandırma ve iklimlendirme donanım verimi ve binanın kullandığı enerji sabit ise “ Derece Gün Yöntemleri “ enerji analizi için en basit yöntemlerdir. Dış ortam sıcaklığına bağlı olarak verim ve kullanım şartları değişiyor ise, enerji tüketimi farklı dış sıcaklıklar için birim saat başına hesaplanır ve toplam tüketim bu sıcaklıklara karşılık gelen zaman dilimleri (saat) ile çarpılarak bulunur bu yöntem“ BIN ” yöntemi olarak bilinir. [7]

3.1.1.1. Isıtma ihtiyacı

Çalışmanın dördüncü bölümünde, ısıtma ihtiyacı için hazırlanan yapay zeka teknolojileri (BM,YSA, NF) ile hazırlanan modeller ile TS825 Isı Yalıtım Kurallarına göre binanın ısıtma ihtiyacı kıyaslanacağı için , binalardaki ısıtma ihtiyacı diğer tüketimlere nazaran daha ayrıntılı olarak incelenecektir.

Binada ısıtma amacıyla kullanılacak akışkan veya gazı veya kullanma suyunu hazırlayan sistemlere ısıtma sistemleri denir. (Kazanlar, kombi sistemleri, klimalar v.b.). Isıtma sistemlerinin sınıflandırılması aşağıdaki şekle göre yapılmaktadır.

Kullanılış Şekline Göre	Kullanılan Yakıtı Göre	Akışkana Göre	Alternatif / Yenilenebilir Enerji
1. Bireysel Isıtma	1. Katı Yakıtlı	1. Buharlı	1. Güneş
2. Merkezi Isıtma	2. Sıvı Yakıtlı	2. Sıcak Sulu	2. Rüzgar
3. Bölgesel Isıtma	3. Gaz Yakıtlı	3. Kızgın Sulu	3. Hidrojen
		4. Kızgın Yağlı	4. Jeotermal
		5. Havalı	5. Isı Pompaları
		6. Gazlı	
		7. Radyant	

Şekil 3.2. Isıtma Sistemlerinin Sınıflandırılması

Bireysel Isıtma ve Merkezi Isıtma Sistemlerinde Performans Karşılaştırması:

Kombilerde, sıcak su üretimi de gözetilerek yüksek tutulan ısı kapasite, dış hava sıcaklığına göre değişken ısı kayıpları nedeniyle modülasyon sınırları dışında dur-kalk modunda çalışmalar.

Her bir odada ayrı ayrı sıcaklık ayarı, kullanılmayan mahallerin az ısıtılması yada binada da bulunulmayan sürelerde ısıtma yapılmaması ile bina kütlelerinin ve komşu hacimlerin ısınmasında ciddi problemler.

Merkezi Sistemlerde, ise merkezileşerek uygun teknolojik olarak yüksek verimli ve ısı geri kazanımlı sistemlerin ekonomik olarak tesisi imkanı vardır.

Sonuç olarak, ısı pay ölçerler ve termostatik vanaların kullanılarak enerjinin ölçülmesi, iyi izole edilmiş ve merkezileşerek büyüyen kapasiteye uygun seçilmiş kazan, brülör ve dengeli tesis edilmiş merkezi ısıtma sistemlerinin, konfor ve ısınma giderleri açısından bireysel ısınma sistemlerine karşı sayısız üstünlükleri vardır.

Binalarda Isıtma Yükünün TS825 Standartlarına Göre Hesaplanması:

Bu paragraftan sonraki paragraflarda TS825 Isı Yalıtım Kurallarına göre ısıtma ihtiyacının hesaplanması anlatılacaktır.[8]

Türk standartları enstitüsü bir konutun yıllık ısı ihtiyacının hesaplanması için bir metot önermekte ve bunu TS825 “Binalarda Isı Yalıtım” standardı ile resmileştirmektedir. Standartta önerilen yol ülkemizdeki binalarda kullanılan enerji miktarını ve buna bağlı olarak enerji tasarrufunu arttırmayı amaçlamaktadır.

Yeterli seviyede ısı yalıtımı sağlanmış bir binada, ısıtma periyodunda, iç ortamda belli bir iç sıcaklığı (T_i) sağlamak için gereken ısı enerjisinin bir kısmı iç kaynaklardan ve güneş enerjisinden sağlanır. Kalan miktarın ısıtma sistemi tarafından iç ortama verilmesi gerekir. Aşağıda tanımlanan hesap metodu kullanılarak, ısıtma sisteminin iç ortama iletmesi gereken ısı enerjisi miktarı belirlenir. Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olarak tanımlanan bu miktar, toplam kayıplardan güneş enerjisi kazançları ve iç kazançlar çıkartılarak hesaplanır.

Tanımlanan hesap metodunda, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ısıtma dönemini kapsayan aylık ısıtma enerjisi ihtiyaçlarının toplanması ile bulunur. Böylece binanın ısı performansının gerçeğe daha yakın bir şekilde değerlendirilmesi mümkün olacaktır. Ayrıca, tasarımcıya, önerdiği tasarımın güneş enerjisinden faydalanma kapasitesini değerlendirme imkânı sağlayacaktır.

Hesap metodunda ısıtılan ortamın sınırları, bu ortamı dış ortamdan ve eğer varsa ısıtılmayan ortamlardan ayıran duvar, döşeme, çatı, kapı ve pencereden oluşur. Hesaplamalarda dıştan dışa ölçüler kullanılır. Eğer binanın tamamı aynı sıcaklığa

kadar ısıtılıyorsa veya ortamlar arasındaki sıcaklık farkı 4 K 'den küçük ise binanın tamamı tek bölge olarak ele alınır aksi takdirde ise farklı ısıtma bölgelerinin sınırları belirlenmeli ve hesaplar buna göre yapılmalıdır.

1	kCal	=	4,187	kJ
1	kCal	=	1,163 x 10 ⁻³	kWh
1	kWh	=	860	Kcal
1	kCal/m ² h°C	=	1,163	W/m ² K
1	m ² h°C/kCal	=	0,86	m ² K/W
1	kJ	=	0,278 x 10 ⁻³	kWh
1	TEP	=	11630	kWh

Tek Bölge İçin Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacının Hesabı:

Binalarda tek bölge için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$Q_{yıl} = \Sigma Q_{ay} \quad (1)$$

$$Q_{ay} = [H(T_{i,ay} - T_{d,ay}) - \eta_{ay}(\Phi_{i,ay} + \Phi_{g,ay})] \cdot t \quad (2)$$

Burada;

- $Q_{yıl}$: Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (Joule)
 Q_{ay} : Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı (Joule)
 H : Binanın özgül ısı kaybı (W/K)
 $T_{i,ay}$: Aylık ortalama iç sıcaklık (°C)
 $T_{d,ay}$: Aylık ortalama dış sıcaklık (°C)
 η_{ay} : Kazançlar için aylık ortalama kullanım faktörü
 $\Phi_{i,ay}$: Aylık ortalama iç kazançlar (W)
 $\Phi_{g,ay}$: Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı (W)
 T : Zaman, (saniye olarak bir ay = 86400x 30)

Hesaplamalar aşağıda verilen işlem sırasına göre yapılmalıdır.

1. Isıtılan ortamın sınırları ve gerekli ise farklı sıcaklıktaki bölgelerin veya ısıtılmayan ortamların sınırları belirlenir.
2. Tek bölge bir binada, binanın özgül ısı kaybı (H) hesaplanmalıdır.
3. Aylık ortalama iç sıcaklıklar ($T_{i,ay}$) konutlar için 19 C alınmalıdır.
4. Aylık ortalama dış sıcaklıklar ($T_{d,ay}$) ilgili çizelgeden alınmalıdır.
5. Aylık iletim ve havalandırma ile ısı kaybı “[$H(T_{i,ay}-T_{d,ay})$]” formülü kullanılarak hesaplanmalıdır.
6. Aylık ortalama iç kazançlar ($\Phi_{i,ay}$) hesaplanmalıdır.
7. Aylık ortalama güneş enerjisi kazançları ($\Phi_{g,ay}$) hesaplanmalıdır. Hesap sırasında kullanılacak ($I_{i,ay}$) değerleri ilgili çizelgeden alınır.
8. Aylık ortalama dış sıcaklık değerleri kullanılarak aylık kazanç/kayıp oranı (KKO) ve ısı kazancı yararlanma faktörü (η_{ay}) hesaplanmalıdır.
9. Aylık ortalama değerler kullanılarak, faydalı kazançlar “W” cinsinden hesaplanmalıdır
10. Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı formül (2) 'ye göre hesaplanmalıdır.
11. Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı formül (1) 'e göre hesaplanmalıdır.

Binanın Özgül Isı Kaybının Hesabı: Binanın özgül ısı kaybı (H), iletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (H_i) ve havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybının (H_h) toplanması ile bulunur.

$$H = H_i + H_h \quad (3)$$

İletim Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybının Hesabı: İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (4) no'lu formülle hesaplanır. Bu formülde yapı elemanlarının bünyesinden iletilen ısı kaybına, varsa ısı köprülerinden iletilen ısı kaybı eklenir. Isı köprüsü, bitişik yüzeye göre kompozisyonu değişik, ısı kaybı binanın ortalama ısı kaybından daha yüksek ve kışın kararlı durum için iç yüzey sıcaklığının daha düşük olduğu bölümdür. Cepheye dik bölme duvarlarının, kolon, giriş ve döşemelerin mümkünse mutlaka yalıtılmaları gereklidir. Ancak balkon vb. ısı köprüsü oluşturan ve yalıtımı çok zor olan bölgeler için ise ısı kaybı hesabı yapılarak iletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybına ilâve edilmesi gereklidir.

$$H_i = \Sigma A_U + I U_1 \quad (4)$$

$$\Sigma A_U = U_D A_D + U_P \cdot A_P + 0,8 U_T A_T + 0,5 U_t A_t + U_d A_d + 0,5 U_{ds1c} A_{ds1c} \quad (5)$$

Burada;

- UD : Dış duvarın ısı geçirgenlik katsayısı (W/m²K)
- UP : Pencerenin ısı geçirgenlik katsayısı (W/m²K)
- UT : Tavanın ısı geçirgenlik katsayısı (W/m²K)
- Ut : Zemine oturan tabanın /döşemenin ısı geçirgenlik katsayısı (W/m²K)
- Ud : Dış hava ile temas eden tabanın ısı geçirgenlik katsayısı (W/m²K)
- Uds1c: Düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının ısı geçirgenlik katsayısı (W/m²K)
- AD : Dış duvarın alanı (m²)
- AP : Pencerenin alanı (m²)
- AT : Tavan alanı (m²)
- At : Zemine oturan taban/döşeme alanı (m²)
- Ad : Dış hava ile temas eden tabanın/döşemenin alanı (m²)
- Ads1c: Düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının alanı (m²)

Çatı döşemesi doğrudan dış hava ile temas ediyorsa formülde yer alan UT'nin önündeki 0,8 katsayısı 1 olarak alınır.

U değerinin hesaplanması (TS 8442) EK 6 - Formül 4 'de belirtilen hesap metodu ile yapılır. Hesap yapılırken kullanılması gereken ve malzemelerin ısı iletkenliğini gösteren λh değerleri EK 5'da millî veya milletlerarası standartları olan malzemeler için verilmiştir. EK 5'de verilen λh değerleri doğrudan kullanılabilir. Ancak tam karşılığı bulunmayan h değerleri (Örneğin EK 5, Madde 10.2 'deki ısı yalıtım malzemeleri) ilgili ürün standardında belirtilen deney metotlarına göre belirlenen λ ölçüm değerleri TS 415 e göre λh değerlerine dönüştürülerek kullanılır.

(4) no'lu formülde l , ısı köprüsü uzunluğunu (m cinsinden) U_1 , ısı köprüsünün doğrusal geçirgenliğini (W/Mk cinsinden) göstermektedir. Isı köprüsü olması durumunda ilgili büyüklükler TS 8441'de verilen metot ile hesaplanmalıdır.

Havalandırma Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybının Hesabı:

Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (6) no'lu formül ile hesaplanır.

$$H_h = \rho \cdot c \cdot V' = \rho \cdot c \cdot n_h \cdot V_h = 0.33 \cdot n_h \cdot V_h \quad (6)$$

Burada;

- ρ : Havanın birim hacim kütlesi (kg/m^3)
- c : Havanın özgül ısısı (J/kgK)
- V' : Hacimsel hava değişim debisi (m^3/h)
- n_h : Hava değişim sayısı (h^{-1})
- V_h : Havalandırılan hacim ($V_h = 0,8 \times V_{\text{brüt}}$)
(m^3) dir.

“ ρ ” ve “ c ” sıcaklık ve basınca bağlı olarak az da olsa değişir, fakat aşağıdaki denklemde bu durum ihmal edilmiştir. Alınan değerler 20°C ve 100 kPa içindir. Giren ve çıkan hava arasındaki entalpi artışı ihmal edilmiştir. 0,33 katsayısının hesabında kullanılan eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$0,33 = (\rho \cdot c / 3600) = (1,184 \cdot 1006 / 3600) = 0,33 \text{ Jh/m}^3\text{Ks} = \text{Wh/m}^3\text{K}$$

Doğal havalandırma yapılan binalarda ölçüm sonucuna dayanan bir belge veya değer yoksa, hava kaçakları ve kontrollü doğal havalandırmayı kapsayacak şekilde “ n_h ” değeri olarak, millî veya milletlerarası yetkili kuruluşlardan verilmiş uygunluk belgesine sahip firmaların pencere sistemlerinin kullanılması halinde $n_h=1.0\text{ h}^{-1}$ değeri, diğer pencere sistemleri için $n=2.0\text{ h}^{-1}$ değeri kullanılır.

Binada mekanik havalandırma uygulanıyorsa, hacimsel hava değişim debisi aşağıdaki formüllerden faydalanılarak hesaplanır ve 6 nolu formülde yerine konularak havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı hesaplanır.

Mekanik havalandırma bulunması durumunda, toplam hacimsel hava değişim debisi, sistem vantilatörleri çalışırken vantilatörlerdeki ortalama hacimsel hava değişim debisi ile, rüzgâr etkisi ile oluşan ilâve hacimsel hava değişim debisinin toplamına eşittir:

$$V' = V_f + V_x$$

Burada;

- V' : Toplam hacimsel hava değişim debisi (m^3/h)
 V_f : Sistem vantilatörleri çalışırken vantilatörlerdeki ortalama hacimsel hava değişim debisi (m^3/h)
 V_x : Rüzgâr etkisi ile oluşan ilâve hacimsel hava değişim debisi (m^3/h) dir.

Sistem sürekli ve kararlı halde çalışıyorsa, hacimsel hava değişim debisi (V_f) , hava giriş debisi (V_S) ile çıkış debisinden (V_E) büyük olana eşit alınır. “ V_x ” in yaklaşık olarak hesaplanması için aşağıdaki formülden yararlanılır:

$$V_x = \frac{V_h n_{50} e}{1 + \frac{f}{e} \left[\frac{V_S - V_E}{V_h n_{50}} \right]^2}$$

Burada;

- V_h : Havalandırılan hacim (m^3),
 n_{50} : İç ve dış ortamlar arasında 50 Pa basınç farkı varken hava değişim sayısı,
 f : Binada dış ortama açık bir yüzey varsa 15, birden fazla yüzey varsa 20 alınır,
 e : Çizelge 1 'den alınacak katsayı,
 V_S : Hava giriş debisi (m^3/h)
 V_E : Hava çıkış debisi (m^3/h) dir.

Tablo 3.2. Bina Sınıfı ve “e” Değerleri

Bina Sınıfı	“e”	
	Birden fazla dışa açık yüzey	Dışa açık bir yüzey
Açık alandaki binalar veya şehir içindeki 10 kattan daha yüksek	0,1 0	0,03
Kırsal alandaki binalar	0,0 7	0,02
Şehir merkezlerindeki 10 kattan daha az katlı binalar	0,0 4	0,01

Binadaki havalandırma sistemi zaman zaman kapatılıyorsa, hacimsel hava değişim debisi için aşağıdaki formül kullanılır:

$$V' = V_0 (1-\beta) + (V_f + V_x) \cdot \beta$$

Burada;

V_0 : Vantilatörlerin çalışmadığı durum için hacimsel hava değişim debisi,

β : Vantilatörlerin çalıştığı zaman oranı,

Mekanik sistem farklı “ V_f ” ler için tasarlanmışsa, “ V_f ” olarak ortalama değer kullanılır.

Mekanik havalandırma sistemi dışarı atılan havadaki ısı enerjisi ortama gönderilen havanın ön ısıtmasını sağlamak amacıyla kullanılacak bir ısı değiştiricisine (eşanjörüne) ve geri kazanım sistemine sahip ise, mekanik havalandırma ile meydana gelecek ısı kayıplarının hesaplanmasında bir azaltma faktörünün kullanılması gerekir. Bu amaçla hacimsel hava değişim debisinin hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılır.

$$V' = V_f (1-\eta_v) + V_x$$

Burada;

η_v : Havadan havaya ısı geri kazanım sisteminin verimidir.

Yukarıdaki formül, ısı geri kazanım sistemi dışarı atılan havadan alınan ısı enerjisini, sıcak su sistemine veya ısı pompası gibi bir başka sistem aracılığıyla ısıtma sistemine iletiyorsa kullanılmaz.. Bu durumlarda azaltma, ilgili sistemin enerji tüketiminin

hesaplanması sırasında dikkate alınmalıdır.

Aylık Ortalama İç kazançlar ($\Phi_{i,ay}$): İç kazançlar aşağıda verilenleri kapsar.

- İnsanlardan kaynaklanan metabolik ısı kazançları,
- Sıcak su sisteminden kaynaklanan ısı kazançları,
- Yemek pişirme işleminden kaynaklanan ısı kazançları,
- Aydınlatma sisteminden kaynaklanan ısı kazançları,
- Binalarda kullanılan muhtelif elektrikli cihazlardan kaynaklanan ısı kazançları.

Ortalama değerler ile çalışılması halinde, aydınlatma dışındaki ortalama değerler yıl boyunca hemen hemen sabittir. Bu standart ta aydınlatmadan kaynaklanan kazançlar da sabit kabul edilmiştir ve her bir kaynak için alınacak değerler aşağıda verilmiştir.

Konutlarda, okullarda ve normal donanımlı (büro binaları vb.) binalarda iç kazançlar olarak birim döşeme alanı başına en fazla 5 W/m^2 alınırken; yemek fabrikaları gibi pişirme işleminin ağırlıklı olduğu binalarda, normalin üstünde elektrikli cihaz çalıştırılan binalarda (aydınlatmanın sadece elektrikle sağlandığı binalar vb.) veya etrafa ısı veren sanayi cihazların kullanıldığı binalarda, iç kazançlar için birim döşeme alanı başına en fazla 10 W/m^2 değeri alınır.

Konutlarda, okullarda ve normal donanımlı (büro binaları vb.) binalarda $\Phi_{i,ay} < 5 \times A_n$, yemek fabrikaları, normalin üstünde elektrikli cihaz çalıştırılan binalar vb. binalarda. $\Phi_{i,ay} > 10 \times A_n$ alınır.

Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Kazançları ($\Phi_{g,ay}$): Bu madde pencerelerden sağlanan doğrudan güneş ışınımının hesaplanmasını tarif etmektedir. Pasif güneş enerjisi sistemlerinden sağlanacak kazançlar ihmal edilmiştir.

Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı ($\Phi_{g,ay}$) aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$\Phi_{g,ay} = \sum r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i \quad (7)$$

Burada;

$r_{i,ay}$: "i" yönünde saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü,

$g_{i,ay}$: "i" yönündeki saydam elemanların güneş enerjisi geçirme faktörü,

$I_{i,ay}$: "i" yönünde dik yüzeylere gelen aylık ortalama güneş ışınımı şiddeti (W/m^2),

A_i : "i" yönündeki toplam pencere alanı (m^2) dır.

$I_{i,ay}$ değerleri ilgili çizelgeden alınır.

Hesaplanmış değerler yoksa, $r_{i,ay}$ 'ın ısıtma periyodu boyunca sabit kaldığı kabul edilir ve binanın bulunduğu veya inşa edileceği yerleşim bölgesinin özelliğine göre aşağıdaki değerlerden biri seçilir.

- Ayrık (müstakil) ve az katlı (3 kata kadar) binaların bulunduğu yerleşim bölgeleri için; $r_{i,ay} = 0,8$
- Ağaçlardan kaynaklanan gölgelenmeye maruz kalınıyorsa; $r_{i,ay} = 0,6$
- Bitişik nizam ve/veya çok katlı binaların bulunduğu yerleşim bölgeleri için; $r_{i,ay} = 0,5$ olarak alınır.

$$g_{i,ay} = 0,80 g_{\perp}$$

Burada;

g_{\perp} : Laboratuvar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörüdür. Ölçü değerlerinin olmaması durumunda "g_⊥" için aşağıdaki değerler kullanılabilir.

Tek cam için, $g_{\perp} = 0,85$

Çok katlı cam (berrak) için , $g_{\perp} = 0,75$

Isıl geçirgenlik değeri $< 2,0 W/m^2K$ olan ısı yalıtım üniteleri için, $g_{\perp} = 0,50$ alınır.

Kazanç Kullanım Faktörü (μ): İç kazançlar ve güneş enerjisi kazançlarının toplamının, ısıtma enerjisi ihtiyacının azaltılması açısından faydalı enerji olarak kabul edilmesi her zaman uygun olmaz. Çünkü ısı kazançlarının yüksek olduğu sürelerde, kazançlar anlık kayıplardan fazla olabilir veya kazançlar ısıtmanın gerekmediği zamanlarda gelebilir. İç ortam sıcaklık kontrol sistemi mükemmel değildir ve yapı elemanlarının bünyesinde bir miktar ısı depolanır. Bu nedenle iç kazançlar ve güneş enerjisi kazançları bir yararlanma faktörü ile azaltılır; bu faktörün büyüklüğü, kazançların ve kayıpların bağlı büyüklüğüne ve binanın ısı kütlesine bağlıdır.

Aylık ortalama kazanç kullanım faktörü, aşağıda verildiği gibi hesaplanmalıdır.

$$\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})} \quad (8)$$

Burada;

KKO_{ay} , Kazanç / Kayıp oranı olup, aşağıda verildiği gibi hesaplanmalıdır.

$$KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay}) / H(T_{i,ay} - T_{d,ay}) \quad (9)$$

Burada;

$T_{i,ay}$: Aylık ortalama iç ortam sıcaklığı

$T_{d,ay}$: Aylık ortalama dış hava sıcaklığı ($^{\circ}C$)

$\phi_{i,ay}$: Aylık iç kazançlar (W)

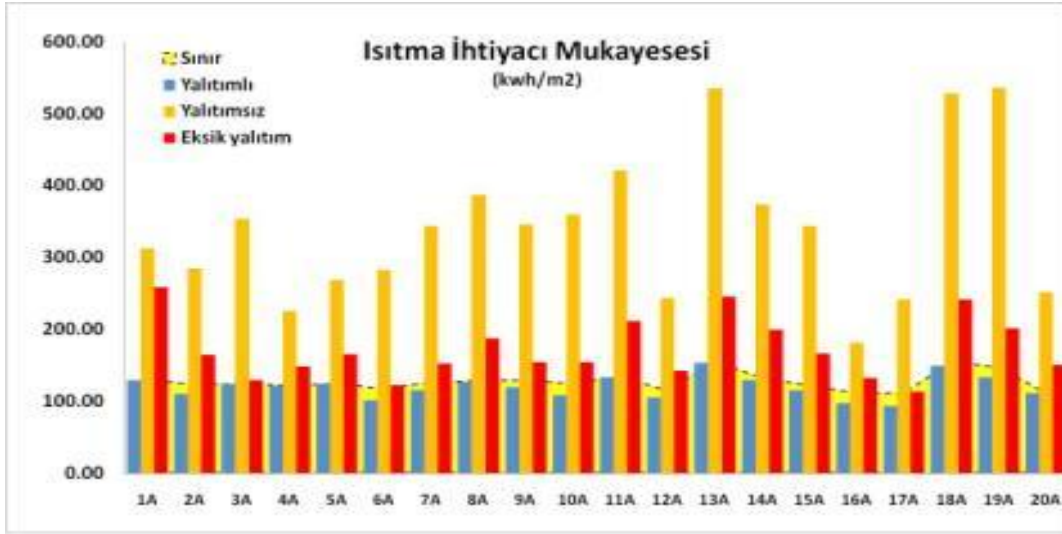
$\phi_{g,ay}$: Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı (W)

KKO_{ay} oranı 2,5 ve üzerinde olursa o ay için ısı kaybı olmadığı kabul edilir.

Birden Fazla Bölge İçin Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacının Hesabı:

Binadaki birimler içerisinde sıcaklık farkı 4 K'den büyük ortamlar mevcut ise, farklı ısıtma bölgelerinin sınırları belirlenmeli ve hesaplar aşağıda verilenlerden birine göre yapılmalıdır.

- İç sıcaklık T_i , binadaki ortalama sıcaklık olarak alınmalı ve tek bölge hesap metodu uygulanmalıdır.
- Tek bölge hesap metodu, farklı sıcaklıktaki her bölge için ayrı ayrı uygulanmalı ve her bölgedeki ısıtma enerjisi ihtiyacı toplanmalıdır.
- Ortalama sıcaklık hesabında tavan yüksekliği 3 m ve altında ise döşeme alanı ağırlıklı, 3 m 'den yukarı ise hacim ağırlıklı ortalama değer kullanılmalıdır.



Şekil 3.3. Binaların Yalıtım Özelliklerine Göre Yıllık Isıtma İhtiyacı Karşılaştırması

Şekil 3.3'te 4. Gün derece bölgesindeki (Sivas), "TS825 Isıtma İhtiyacı Standartlarına" göre yalıtım hesabı yapılmış 20 adet binanın, hiç yalıtım yapılmaması ve eksik yalıtım (Sandviç Duvar) yapıldığındaki ısıtma ihtiyacındaki değişimler görülmektedir.

Grafikten de anlaşıldığı gibi yalıtımlı bina ile yalıtımsız bina ısıtma ihtiyacı arasında 3 kata yakın farklar oluşmaktadır.

Tablo 3.3. Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı	
	d(m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	AxU (W/K)	
DUVAR:Dış Havaya Açık Duvar1.1	1/ α_i Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	(*) Sıva	0,02	0,87	0,023			
	(*) Yatay delikli tuğla	0,19	0,45	0,422			
	(*) Isı Yalıtım Malzemesi	0,06	0,04	1,500			
	(*) Sıva	0,05	0,87	0,057			
	1/ α_d Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM			2,173	0,460	189,00	86,99	
TAVAN:Çatılı Tavan1.1	1/ α_i Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	(*) Sıva	0,02	0,87	0,023			
	(*) Betonarme	0,15	2,1	0,071			
	(*) Isı Yalıtım Malzemesi	0,12	0,04	3,000			
	1/ α_d Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,080			
TOPLAM			0,8 x A x U	3,304	0,303	90,00	21,79
TABAN:Toprak Temaslı Taban1.1	1/ α_i Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,170			
	(*) Şap	0,03	1,4	0,021			
	(*) Isı Yalıtım malzemesi	0,08	0,04	2,000			
	(*) Tesviye Şapı	0,02	1,4	0,014			
	(*) Hafif Beton	0,1	1,1	0,091			
	(*) Blokaj	0,15	1,74	0,086			
	1/ α_d Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000			
TOPLAM			0,5 x A x U	2,383	0,420	90,00	18,89
Dış Pencere1				2,8	20	56	
Dış Kapı1				3,5	3	10,5	
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =					194,2		
$\Sigma AU = U_d A_d + U_p A_p + U_k A_k + 0.8 U_t A_t + 0.5 U_i A_i + U_d A_d + \dots$			İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; $HT = \Sigma AU + I UI$				
$\Sigma AU = 194,2$			Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı $H_v = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h = 104,54 \text{ W/K}$				
Özgül ısı kaybı ; $H = HT + H_v$			$H = H_i + H_h = \dots 298,74 \dots \text{ W/K}$				

(*) Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir.

Tablo 3.4. Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H = H_T + H_v$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K, °C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_s$ (W)			
OCAK	298,74	19,3	5.766	792	455	1.247	0,22	0,99	11.744.824
ŞUBAT		18,9	5.646		559	1.351	0,24	0,98	11.203.106
MART		14,9	4.451		649	1.441	0,32	0,96	7.951.805
NISAN		8,9	2.659		715	1.507	0,57	0,83	3.649.500
MAYIS		4,6	1.374		812	1.604	1,17	0,57	1.192.071
HAZİRAN		0,5	149		853	1.645	11,01	0,00	0
TEMMUZ		0,0	0		831	1.623	0,00	0,00	0
AĞUSTOS		0,0	0		785	1.577	0,00	0,00	0
EYLÜL		1,8	538		674	1.466	2,73	0,00	0
EKİM		7,4	2.211		560	1.352	0,61	0,81	2.891.573
KASIM		13,4	4.003		429	1.221	0,31	0,96	7.337.734
ARALIK		17,7	5.288		400	1.192	0,23	0,99	10.646.894
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] \cdot t(J)$ $1 \text{ kJ} = 0,278 \cdot 10^{-3} \text{ kWh}$							$Q_{yil} = \sum Q_{ay} = 56.617.899$		
Toplam ısı kaybı							$Q_{yil} = 0,278 \times 10^{-3} \times 56.617.899 \text{ (kj)} = 15.740 \text{ kWh}$		
İç ısı Kazancı		$\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n \text{ (W)}$							
Güneş enerjisi kazancı		$\phi_{g,ay} = \sum r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times l_{i,ay} \times A_i$							
Kazanç kayıp oranı		$KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$							
Kazanç kullanım faktörü		$\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})}$							
$A_{toplam} = 392$		m^2							
$V_{brüt} = 495$		m^3							
<i>Hesaplama yapılan binadaki birim alan başına düşen yıllık ısıtma enerjisi</i>									
$Q = Q_{yil} / A_n$		$99,37 \text{ kWh/m}^2$		$A_n = 0,32 \times V_{brüt}$		$= 158,4$		m^2	
Atop/Vbrüt oranı =0,79 3. bölge için EK A.2' den alınan $Q' = 76,3 \times A/V + 36,4$ formülünde yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = 96,82 \text{ kWh/m}^2$ bulunur.									
Q > Q' (99,37>96,82) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değer in üstündedir. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygun değildir.									

"Monitoring Gas Consumption For Thermo-Rehabilitation of Buildings" AB Projesi Kapsamında Konutlarda Isıtma İhtiyacının Analizi

Sivas Belediyesi, İstanbul Büyükşehir Belediyesi ve Paris Belediyesinin ortaklığı ile bir proje gerçekleştirilmiştir. Proje ile konutlardaki ısıtma amacı ile tüketilen doğalgaz tüketimlerinin izlenmesi amaçlanmıştır. Bu başlıkta proje ile ilgili İstanbul'da yapılan çalışmalar ve elde edilen sonuçlar anlatılacaktır [9].

Proje ile konutlarda tüketilen ısıtma enerji miktarının izlenmesi, elde edilen verilerin Coğrafi Bilgi Sistemine (GIS) aktarılarak analizler yapılması amaçlanmaktadır. Ayrıca çeşitli yöntemler kullanılarak aynı sınıfa giren binaların tüketim farklılıklarındaki sapmalar ve bu sapmalardaki farklılıkların tespit edilmesi ve çözüm önerilerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Örneğin ısı yalıtımlı bir bina ile yalıtım yapılmamış bir binanın tüketim farklılıklarının analiz edilmesi v.b.

Proje sonucu olarak üç adet harita elde edilmesi amaçlanmaktadır. Bu haritalar:

- Seçilen bölgelerin, bina metrekare bazında yıllık tüketilen gaz miktarı,
- Seçilen bölgelerin, bina metrekare bazında yıllık tüketilen gazın kWh olarak enerji karşılığı,
- Seçilen bölgelerin, bina metrekare bazında tüketilen gaza ait yıllık üretilen Karbon Dioksit (CO₂) emisyon miktarı.

Proje kapsamında Sivas ve İstanbul kentlerinde üç mahallenin, pilot bölge olarak, incelenmiştir. Bu mahalleler seçilirken, projede tanımında belirtilen, üç bin konut ve proje amaçlarına uygun bir konumda olması istenmiştir.

Proje için yapılacak aktiviteler;

1. Belirlenen bölgelere ait bina bilgileri ve tüketim verilerinin elde edilmesi,
2. Coğrafi bilgi sistemi veritabanının oluşturulması,
3. Isıtma ihtiyacı için metrekare başına doğalgaz tüketim miktarının hesaplanması ve bu rakamdan elde edilen sonuçlara göre tematik haritaların oluşturulması,

4. Elde edilen sonuçların analiz edilmesi.

Projenin amacına ulaşması için, iki tür veriye ulaşılması gerekmektedir. Bu veriler, bina bazlı tesisatların, yıllık doğalgaz tüketimleri ve binalara ait yapısal özellikleridir.

Doğal gaz tüketimleri için, İstanbul'daki gaz dağıtım şirketi İGDAŞ ile ortak çalışmalar yürütülmüş ve belirlenen pilot bölgeler için tüketim bilgileri elektronik olarak temin edilmiştir.

Yapısal bilgiler için ise, Beyoğlu İlçesi Katip Çelebi, Kuloğlu ve Cihangir Mahalleri seçilmiş ve Beyoğlu Belediyesi için bölgeden yapısal bilgiler temin edilmiştir.

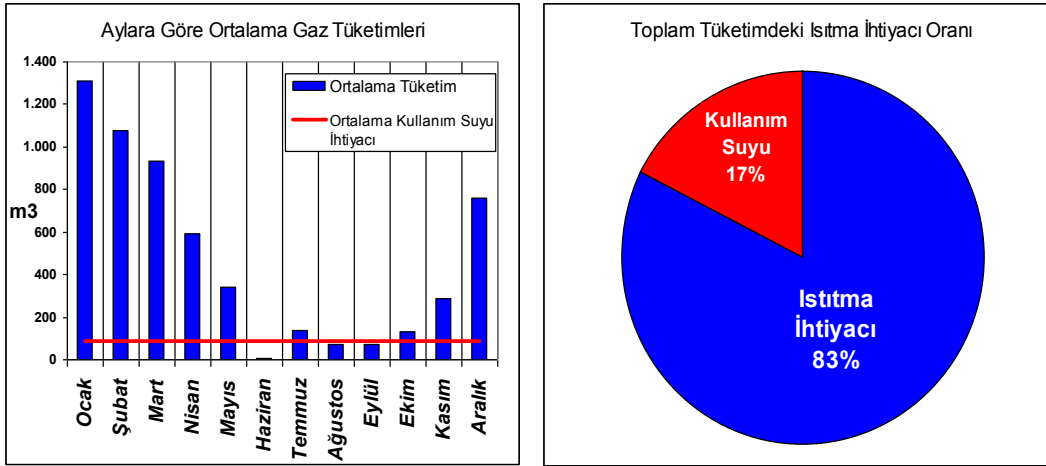
İGDAŞ Verileri; İGDAŞ'tan alınan 784 adet tesisata ait, 2007-08-09 yıllarını kapsayan toplam 41.624 adet fatura incelendiğinde 2007 yılına ait verilerin Ekim, Kasım ve Aralık aylarına ait olduğu, 2009 verilerinin ise Ocak-Nisan aralığında olduğu görülmüştür. Bu nedenle proje için yalnızca 2008 yılı tüketimlerine ait 24.057 adet faturanın kullanılmasına karar verilmiştir.

Ayrıca İGDAŞ'tan alınan tesisat başına tüketim bilgilerini içeren veriler, yeniden düzenlenerek bina başına tüketim değerlerinin aylık olarak yansıtıldığı yeni bir tablo oluşturulmuştur. Bu tablolar oluşturulurken MsAccess ve MsExcel programları kullanılmıştır.

Projenin amacı ısıtma için tüketilen doğalgaz miktarının hesaplanması olduğundan;

- 2008 yılına ait veriler incelendiğinde bazı tesisatların ve binaların doğalgaz enerjisini yalnızca kullanım suyunu ısıtmada (mutfak, banyo v.s.) kullandığı görülmüş bu tesisatların, ilişkili olduğu merkezi bir tesisat varsa toplam bina tüketimini etkilememesi için ayrıştırılmıştır.
- Yalnızca ısıtma suyu kullanan ve merkezi bir sistemle bağlı olmayan tesisatların ısıtma için farklı bir sistem kullanıldığı kabul edilerek değerlendirme dışı tutulmuştur.

- Ayırıştırma işlemlerinden sonra kalan verilerin, tüketim değerlerinin aylara göre dağılımı yapılmış ve ısıtma ihtiyacı olmadığından emin olduğumuz Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ayı tüketimlerinin ortalaması aylık kullanım suyu (mutfak, banyo v.s.) ihtiyacı olarak belirlenmiştir. Toplam tüketim miktarından yıllık ısıtma ihtiyacı çıkartılarak her bir bina için ayrı ayrı yıllık ısıtma ihtiyacı belirlenmiştir.
- Yapılan sınıflandırma, ayırıştırma çalışmaları sonucunda toplam 784 olan bina sayısı ısıtma ihtiyacı hesaplanabilecek 314 bina sayısına düşmüştür.
- Şekil3.4'te Haziran ayında tüketim görülmemesinin sebebi doğalgaz dağıtım şirketinin o ay için sayaç ölçümü yapmamasındandır. haziran ayındaki tüketimler temmuz ayında görülmektedir.



Şekil 3.4. İstanbul İli İçin Ortalama Isıtma ve Kullanım Suyu Doğalgaz Tüketimleri

Alan Adı	Veri Türü	Tanım
BINA_NO	Sayı	BEYOĞLU BELEDİYESİNE AIT BINA NUMARALARI
ADRES_NO	Sayı	
PARSEL_KOD	Sayı	PARSEL NO İLİŞKİ
PAFTA	Metin	PAFTA NO İLİŞKİ
ADA	Sayı	ADA NO İLE İLİŞKİ
BODRUM_KAT	Sayı	BODRUM KAT SAYISI
NORMAL_KAT	Sayı	NORMAL KAT SAYISI
TOPLAM_KAT	Sayı	TOPLAM KAT ADEDİ
KONUT_ADED	Sayı	BİNADAKİ KONUT ADEDİ
ISYERİ_ADE	Sayı	BİNADAKİ İŞYERİ ADEDİ
RESMİ_DAIR	Sayı	BİNADAKİ RESMİ DAİRE ADEDİ
TOPLAM_DAI	Sayı	TOPLAM DAİRE SAYISI
YAPI_ALANI	Metin	YAPI TABAN ALANI
YAPI_CEPHE	Metin	YAPI CEPHESİNİN DURUMU(BOYA,SIVA,BTB V.B.)
YAPI_INSAA	Metin	YAPI MALZEME TÜRÜ(BETONARME,AHŞAP,BİREYSEL,LPG,ÇELİK V.B.)
YAPI_ISINM	Metin	YAPI ISINMA TÜRÜ(KARMA, MERKEZİ, BİREYSEL, LPG, ELEKTRİK,KATI YAKIT)
YAPI_YAKIT	Metin	YAKIT TÜRÜ
YAPI_KULLA	Metin	YAPI KULLANIMI
YAPI_TIPI_	Metin	

Şekil 3.5. Beyoğlu Belediyesi Verilerindeki Alanlar ve Açıklamaları

BEYOĞLU Verileri: Bina bilgileri için BEYOĞLU belediyesinin kullandığı harita altyapısının CAD tabanlı olması nedeniyle gerekli dönüştürme işlemleri yapılarak, 784 bina ve 3148 daireye ait bilgilerin GIS ortamına eksiksiz olarak aktarılması sağlanmıştır.

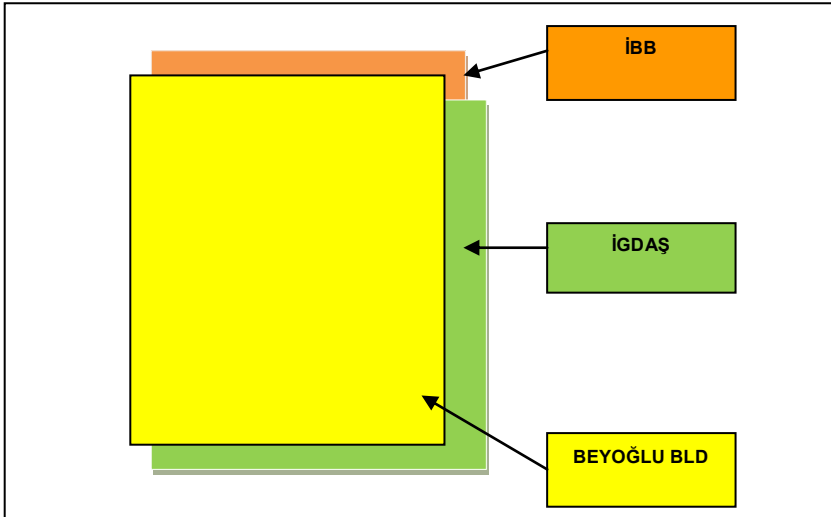
BEYOĞLU verileri incelendiğinde binanın yapısal özellikleri, yakıt türü, kullanımı ile ilgili bilgilerinin olduğu görülmüştür.

Isıtılan Net Bina Alanın Hesaplamak için; Bina Brüt Alanı” BEYOĞLU veritabanında bulunan “YAPI_ALANI” ve “TOPLAM_KAT” alanlarının çarpımı ile “hesaplanmaktadır. Ancak “Brüt Alan” net alanı ifade etmemektedir. Brüt alandan merdiven boşlukları, hol, kapıcı ve kalorifer alanları gibi alanları çıkartmak gerekmektedir. Bir binada net alan, brüt alandan yaklaşık %15-25'lik alan çıkartılarak elde edilebilmektedir. Beyoğlu'nun yapısal özelliklerine bakıldığında eski ve kompakt yapılar söz konusudur, ayrıca Beyoğlu'nda alanlar olduğundan brüt alandan sadece %15 çıkartılarak net alanlar hesaplanmıştır.

Bazı binalar için kat adedi bilgisinin olmadığı görülmüş, kat adedi olmadığı veya yanlış olduğu kanaatine varılan binalar için daire başı 15 m³ tüketim değeri sabit alınarak ısıtma ihtiyacı hesaplanmıştır.

Belirlenen bölgelere ait bina bilgilerini ve tüketim değerlerini içeren verilerin toplanmasından sonra binaların metrekare başına düşen yıllık gaz tüketim miktarlarının hesaplanması ve Coğrafi Bilgi Sistem veritabanının oluşturulabilmesi için;

1. “*.shp”, “*.xls”, “*.mdb” ve CAD formatında alınan dataların ArcCatalog ta oluşturulan “File GeoDatabase”e aktarılması,
2. Veritabanındaki grafik dataların, tüketim dataları ile ilişkilendirilmesi gerekmektedir.



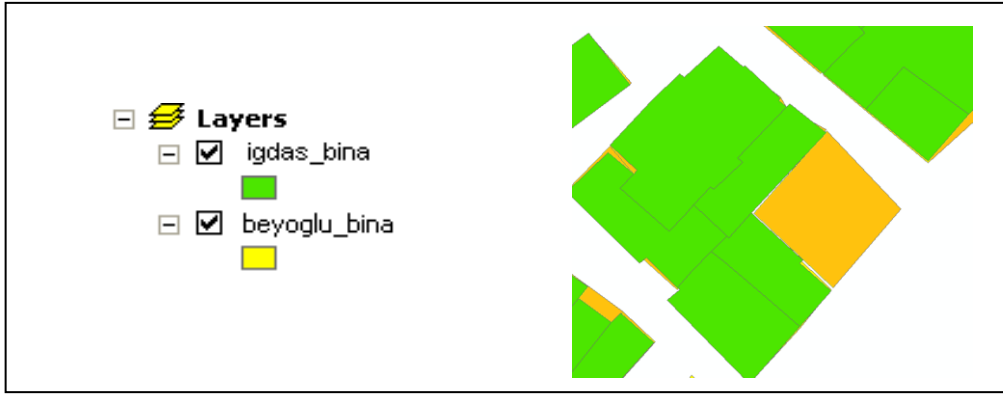
Şekil 3.6. Coğrafi Bilgi Sistemindeki Farklı Veri Katmanları

Öncelikle verilerin düzenlenebilmesi, Coğrafi Bilgi sisteminde görüntülenebilmesi için “istanbul_gas_tuketim_geodatabase.mdb” isminde bir veritabanı oluşturularak tüm veriler bu veritabanına aktarılmıştır.

Grafik datalarda yapılan incelemeler sonrasında iki veri tabanının (İGDAŞ ve BEYOĞLU) coğrafi bilgi sistemlerinin tam örtüşmediği tespit edilmiştir (%50 oranında problemlili data var). Bu eksikliği gidermek için referans bir veri tabanına ihtiyaç duyulmuş, İBB Coğrafi Bilgi Sistemleri Müdürlüğünün bina verileri referans harita olarak kabul edilmiş, BEYOĞLU ve İGDAŞ veritabanları İBB veritabanına entegre edilmiştir.

Örtüştürme işlemleri sırasında karşılaşılan problemler,

1. İGDAŞ haritasında bulunan bir binanın BEYOĞLU haritasında olmama durumu,
2. BEYOĞLU haritasında bulunan bir binanın İGDAŞ haritasında olmama durumu,
3. Grafik verilerinin birbirini ile tam örtüşmemesi.



(I)



(II)

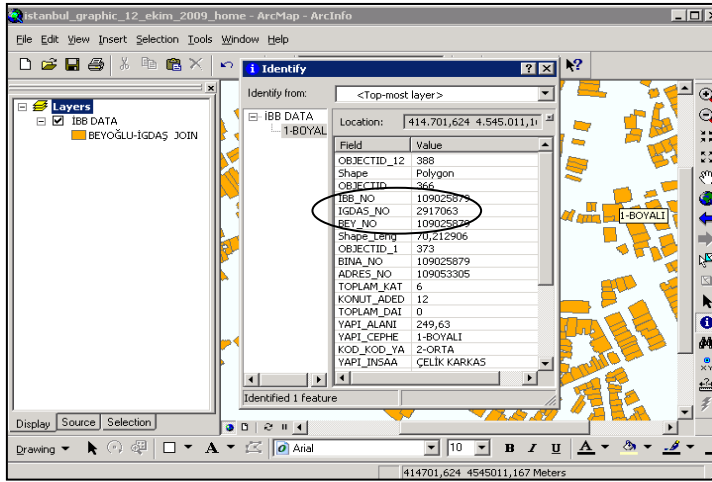


(III)

Şekil 3.7. Grafik Verilerde Örtüşme Problemleri

Örtüşme problemlerinin giderilmesi için ArcGIS yazılımı kullanılmış, İBB, İGDAŞ ve BEYOĞLU bina numaraları ilişkilendirilerek grafik datalar düzeltilmiş ve GIS veritabanı hazır hale getirilmiştir.

Daha önceden de belirtildiği gibi, referans veri tabanı olarak İBB GIS dataları belirlenmiştir. Hesaplamalarda bu grafik data üzerinde yapılacağından Beyoğlu Belediyesi'nin bina özellikleri tablosu İBB veritabanına entegre edildikten sonra referans veri olarak “IGDAS_NO” seçilerek IGDAŞ verisinden “Tesisat_No” alanı ile ilişkilendirilmiş ve grafik ortama aktarılmıştır.



Şekil 3.8. Farklı Katmanların Birleştirilmesinden Sonra Oluşturulan Coğrafi Bilgi Sistemi

Grafik verilerle tüketim datalarının birleştirilmesiyle binaların tesisat numaraları tespit edilebilmiş ve her binanın yıllık tüketimi hesaplanabilir hale gelmiştir.

Formüller için GIS veritabanında $m^3_per_m2$, kWh_per_m2 , $CO2_per_m2$ gibi alanlar oluşturulmuş ve bu alanlar MSAccess'te oluşturulan sorgular ile güncelleştirilmişlerdir.

Metrekare Başlı Tüketim = (Isıtma İhtiyacı) / (Isıtılan Net Alan)

formülü ile “Metrekare Başına Yıllık Tüketim” hesaplanmıştır.

Ayrıca kWh enerji için $1m^3$ Doğal Gaz = 10kWh, CO2 emisyonu için ise $1m^3$ Doğal Gaz = 2,80kg CO2 dönüşüm katsayıları kullanılmıştır.

Oluşturulan, “istanbul_gas_tuketim_geodatabase.mdb” isimli veritabanındaki hesaplama ve düzeltme işlemleri tamamlandıktan sonra, tematik haritalarda kullanılacak “gas_tuketim_2008_bina_graphic” isimli grafik veri oluşturulmuştur.

Veritabanı “istanbul_tematik_haritalar” isimli “ArcGIS Map Document” dosyasına eklenerek. Doğalgaz, enerji ve emisyon için ayrı ayrı LAYER (katmanlar) oluşturulmuş, her bir katman için ;

“Layer Properties”>“Symbology”>“Quantities”>“Graduated Colors”

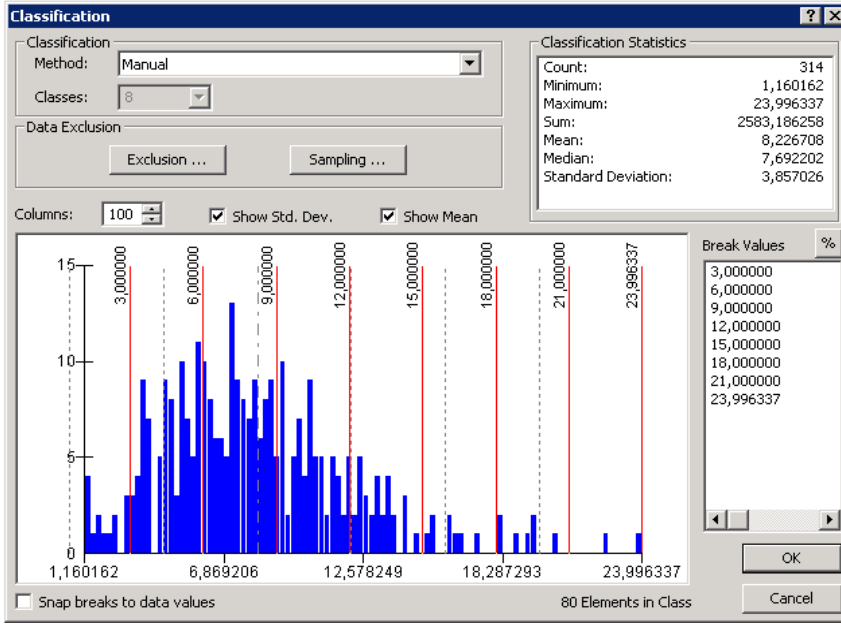
seçeneğinden “ Fields” kısmının “Value” bölümüne sınıflandırma yapılacak alanlara göre haritalar oluşturulmuştur.

Daha sonra da haritalarımız için uygun sınıflandırma, renk ayrımları ve etiket düzenlemelerini yaparak analiz için hazır hale getirilmiştir. Ayrıca tüketimlerle yapısal özellik ilişkilerinin analizini yapabilmek için, yapısal özelliklere göre (Örneğin Yapı Tiplerine göre) haritalar da oluşturulmuştur.



Şekil 3.9. Birim Tüketimler Hesaplandıktan Sonra Oluşturulan Tematik Haritalar

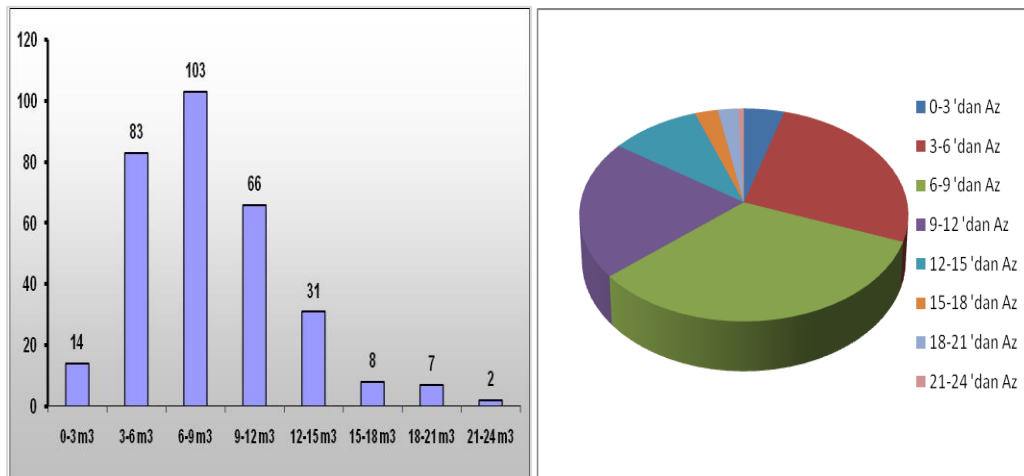
Elde edilen haritalar sınıf aralıklarının belirlenmesinde ArcGIS teki “Classification” aracı kullanılmıştır.



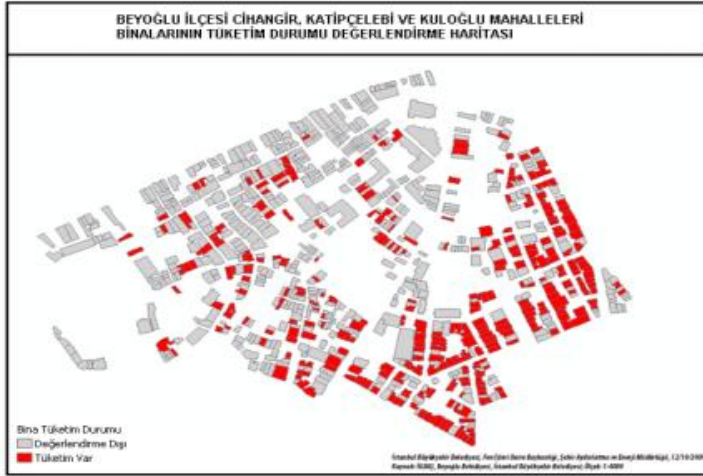
Şekil 3.10. Tüketim Değerlerinin Sınıflandırılmış Hali

Şekil incelendiğinde tüketim değerlerin normal dağılım sergilediği ve istatistiksel olarak birçok analiz yapılabileceği görülmüştür.

Sınıflandırma için 3 m³ lük eşit sınıf aralıkları oluşturulmuştur. Haritanın daha anlaşılır olması için tüketimi sıfır olan binalar renksiz ve değerlendirme dışı olarak, tüketimi 15 m³ ten büyük olan binalarda tek renk olacak şekilde etiketlenmişlerdir.



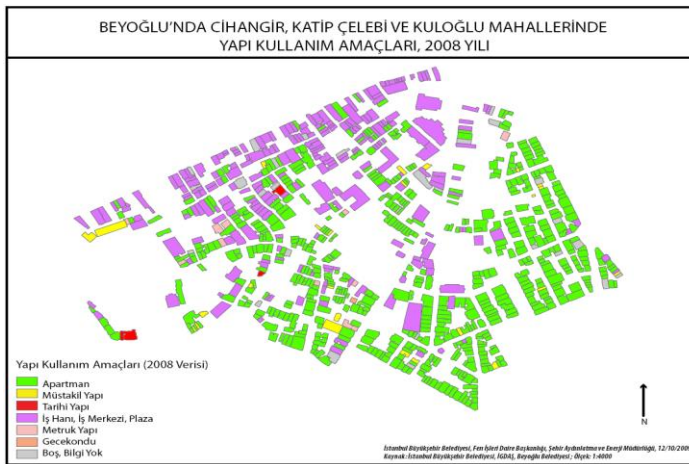
Şekil 3.11. Sınıf Aralıklarına Göre Bina Sayıları



Şekil 3.12. Binaların Tüketim Durumlarının Değerlendirilme Haritası

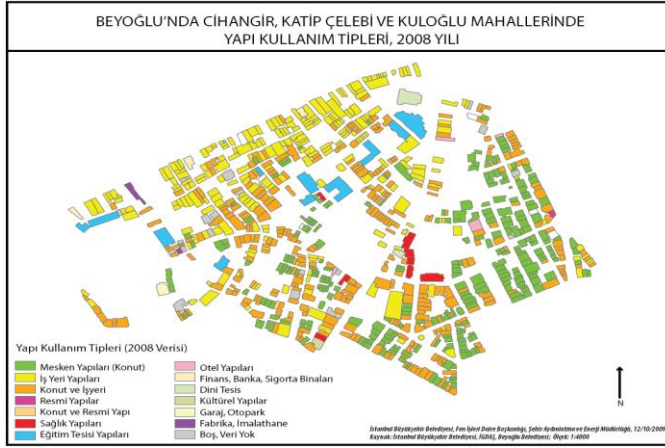
Yukarıdaki şekilde “Değerlendirme Dışı” kalan binalar görülmektedir. Proje Tanımında 3000 adet daire doğalgaz tüketiminin incelenmesi hedeflenmiştir. Daha önceden de belirtildiği gibi proje için 3 mahallede 891 adet konut belirlenmesine rağmen 577 Adet bina kapsam dışı kalmıştır. Bunun sebepleri;

1. İGDAŞ’tan bu dairelere ait tüketim bilgileri alındığında, ancak 784 adet bina ve 3285 adet daireye ait veriye ulaşılabilmektedir.
2. İncelenecek binaların, konut (residential building) olarak kullanılıyor olması gerekmektedir. Elde edilen veriler yapı kullanım amaçlarına göre incelendiğinde ise iş hanı, iş merkezi ve plaza olarak kullanılan binaların proje amacı dışında olduğu tespit edilmiş ve bu binalar değerlendirme dışı bırakılmışlardır.



Şekil 3.13. Yapı Kullanım Amaçları Haritası

Yapı kullanım tipleri incelendiğinde ise, Katip Çelebi ve Kuloğlu mahallelerinin İstiklal Caddesine yakın kısımlarında konut olarak yapılmış olsa bile binaların zamanla iş merkezi ya da karma sistemlere dönüştüğü görülmüş, konut olarak kullanılmayan binalar yapı tipi olarak apartman olsa da değerlendirme dışı tutulmuşlardır. Ayrıca haritada eğitim, sağlık, dini tesis, kültürel yapı v.b. alanların olduğu görülmüş ve bu binalarda değerlendirme dışı tutulmuşlardır.



Şekil 3.14.Yapı Kullanım Tipleri Haritası

1. Binalar ısıtma için kullanılan yakıt türlerine göre incelendiğinde doğalgaz kullanımının homojen bir dağılım sergilediği görülmekle birlikte doğalgaz harici tüketimlerinde olduğu görülmüştür. Özellikle Elektrik tüketiminin iş merkezlerinde kullanıldığı görülmektedir. Sonuç olarak doğalgaz harici tüketim yapan binalar, konut olsalar bile değerlendirme dışı tutulmuşlardır.



Şekil 3.15. Kullanılan Yakıt Tipleri Haritası

Karma ısıtma sistemine sahip binalar ise yalnızca doğalgaz aboneli olan dairelerin tüketimleri ve alanlarına göre değerlendirilmiştir.

1. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{1,DG} = 44,1 \times A/V + 10,4$ [kWh/m ² ,yıl]
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{1,DG} = 14,1 \times A/V + 3,4$ [kWh/m ³ ,yıl]
2. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{2,DG} = 70 \times A/V + 24,4$ [kWh/m ² ,yıl]
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{2,DG} = 22,4 \times A/V + 7,8$ [kWh/m ³ ,yıl]
3. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{3,DG} = 76,3 \times A/V + 36,4$ [kWh/m ² ,yıl]
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{3,DG} = 24,4 \times A/V + 11,7$ [kWh/m ³ ,yıl]
4. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{4,DG} = 82,8 \times A/V + 50,7$ [kWh/m ² ,yıl]
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{4,DG} = 26,5 \times A/V + 16,3$ [kWh/m ³ ,yıl]

Şekil 3.16. $A_{top}/V_{brüt}$ Oranlarına Göre Isıtma İhtiyacı Sınırları

Şekil 3.16’da “Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği” ve “TS-825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” standardına göre, bölgelerin $A_{top}/V_{brüt}$ oranlarına bağlı olarak ısıtma ihtiyacı için sınırlandırılan değerler (Q') tablosu görülmektedir.

A_{top} : Dış duvar,tavan,taban/döşeme, pencere, kapı v.b. yapı bileşenlerinin ısı kaybeden yüzey alanlarının toplamı

$V_{brüt}$: Binayı çevreleyen dış kabuğun ölçülerine göre hesaplanan hacim.

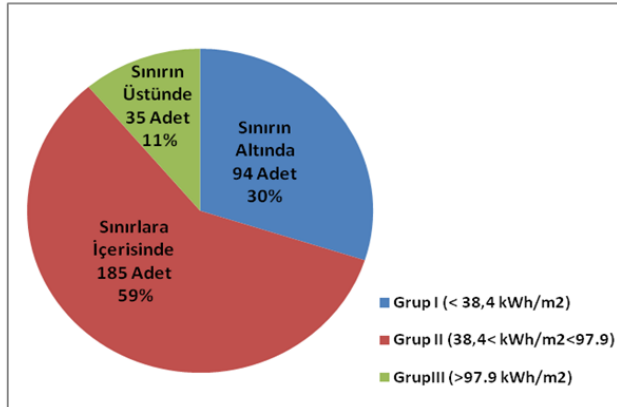
Isıtma ihtiyacı için sınır değer belirlemek için A_{top} ve $V_{brüt}$ değerlerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu değerler için bina yüksekliği, cephe alanları, kat yükseklikleri gibi alanlar olmadan bu değerler tam hesaplanamadığından Q' değerlerinin hesaplanamayacağına karar verilmiş ve “En Büyük ve En Küçük $A_{top}/V_{brüt}$ Oranlarına Göre Isıtma Enerjisi Değerleri” tablosu kullanılarak 314 adet binada bu sınırlara uymayan tüketim değerleri tespit edilmiştir.

İstanbul ili, ısıtma gün derece bölgelerine göre 2. Bölgededir. “En Büyük ve En Küçük $A_{top}/V_{brüt}$ Oranlarına Göre Isıtma Enerjisi Değerleri” tablosuna göre 38,4 kWh/m²-yıl alt sınır, 97,9 kWh/m²- yıl ise üst sınır olarak belirlenmiştir.

		A/V < 0,2 için	A/V > 1,05 için	
1. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{1,DG} =$	19,2	56,7	kWh/m ² ,yıl
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{1,DG} =$	6,2	18,2	kWh/m ³ ,yıl
2. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{2,DG} =$	38,4	97,9	kWh/m ² ,yıl
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{2,DG} =$	12,3	31,3	kWh/m ³ ,yıl
3. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{3,DG} =$	51,7	116,5	kWh/m ² ,yıl
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{3,DG} =$	16,6	37,3	kWh/m ³ ,yıl
4. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{4,DG} =$	67,3	137,6	kWh/m ² ,yıl
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{4,DG} =$	21,6	44,1	kWh/m ³ ,yıl

Şekil 3.17. En Büyük ve En Küçük $A_{top}/V_{brüt}$ Oranlarına Göre Isıtma İhtiyacı Sınırları

Beyoğlu ilçesinden proje için belirlenen binalar incelendiğinde, standartta belirlenen aralığın üstünde ve altında binalar olduğu görülmektedir.



Şekil 3.18. En Büyük ve En Küçük $A_{top}/V_{brüt}$ Oranlarına Göre Gruplandırılmalar

Grup I'e giren binaların tüketim değerleri incelendiğinde;

1. Binaların ısıtma açısından enerji etkin olduğu,
2. Binada doğalgaz harici başka ısıtma sistemleri kullanılabileceği,
3. Bina net alanlarının hesaplanmasında ve ya veri toplanmasında eksiklikler olabileceği düşünülmüştür.

Grup II'e giren binaların tüketim sınırları içerisinde olduğu için değerler normal olarak kabul edilmiş ve herhangi bir değerlendirmede bulunabilmek için, projede

hesaplanan reel tüketim değerleri ile birlikte teorik tüketim değerinin de (ısıtma ihtiyacı tahmini) hesaplanması ve aradaki farkların analiz edilmesi gerektiğine karar verilmiştir.

Grup III'e giren tüketimler mevzuatla belirlenen sınırların üstünde tüketimler olduğu için fazla tüketim olarak değerlendirilmiştir. 35 adet binanın 97,9 kWh sınırına göre metre kare başına 289m³/m² fazla tüketim belirlenmiştir. Fazla tüketim sınırındaki binaların toplam "Isıtılan Net Alanı" 45.175 m² dir.

Yıllık Fazla Tüketim= 45.175 x 289 = 13.070.193,62 m³ olarak hesaplanmıştır.

Sonuç olarak, ısıtma ihtiyacı için harcanan doğalgaz tüketim değerlerinin doğru analiz edilebilmesi için gerçek tüketim değerleri ile birlikte teorik tüketim tahminlerini de hesaplanması ve aradaki farkların analiz edilmesi gerekmektedir. Bu tür bir çalışma için binalara ait yapısal bilgilerin daha ayrıntılı bir şekilde elde edilmesi gerekmektedir.

Ayrıca Aralık 2009'dan itibaren yürürlüğe girecek "Binalarda Enerji Performansı" yönetmeliği toplam enerji tüketimleri için sınırlar getirmekte olup, toplam enerji tüketimindeki ısıtma ihtiyacı için sınırlar elde edilebilecektir. Bu sınırlar dahilinde gerçekleşen tüketimler için bir değerlendirme yapmak mümkün olacaktır.

3.1.1.2. Soğutma ihtiyacı

Günümüzde konforlu, yaşanılabilir ve belirli şartlara sahip ortamların oluşturulma isteği sonucunda iklimlendirme sistemlerinin enerjinin önemli bir kısmını tüketmekteki payları artmaktadır. Ayrıca, Enerji Verimliliği Kanunu ve ikincil mevzuatı "Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği" ile mevzuat kapsamındaki binaların soğutma yükünün hesaplanması zorunluluk haline gelmiştir.

Genellikle soğutma yükü, iç ve dış anlık ısı kazançların belirlenip bunların toplanması ile hesaplanır. iç ısı kazancı; mahal içinde, tamamen dış etkenlerden bağımsız olarak oluşan ısıların toplamıdır. İç ısı kazancını; insanlardan,

aydınlatmadan, makinelerden ve komşu mahallerden ısı kazançları oluşturmaktadır [10].

Dış kazançlar ise iklimlendirilecek alanın dış yüzeyinden içeri giren ısı toplamıdır.

Soğutma yükü hesabı, soğutma yüküne etki eden iç ve dış parametrelerin sayısının çok fazla olması ve günlük periyotta sürekli değişiklik göstermesi sebebiyle karmaşık bir yapıdadır. Bu karmaşık yapının çözülmesinde kullanılan çeşitli yöntemler geliştirilmiştir [10].

TETD/TA Yöntemi: ASHRAE tarafından 1967 yılında yayınlanan ilk yöntemdir. Bu yöntemde yapı elemanları gün boyu aldıkları ısıyı depolamakta ve bu ısıyı belirli faz kaymasından sonra içeri vermektedir. TETD/TA (The Total Equivalent Temperature Difference/Time Averaging- Toplam Eşdeğer Sıcaklık Farkı/ Zaman Ortalama) yöntemi mutlak sıcaklık farkı yerine eş değer sıcaklık farkı kullanılarak hesaplamalar yapılmaktadır.

CLTD/SCL/CLF Yöntemi: Bu yöntemde durum söz konusudur. Bunlardan birincisi; herhangi bir kaynaktan meydana gelen ısı kazancı ile, aynı kaynaktan iklimlendirme sistemine yansıyan soğutma yükünün depolamadan gelen farklardan dolayı eşit değildir. İkinci durum ise, soğutma yüküne tüm yük bileşenlerinin, sürekli olarak ve hep birlikte etkilemeyebileceğidir.

Her iki durum içinde, uygun kullanım çarpanları oluşturulan tablolardan alınır ve düzeltmeler yapılarak hesaplamalar yapılır.

RTS Yöntemi: ASHRAE tarafından Fundamentals Handbook 2001 yayınında yayınlanan ve kesin çözüm olarak adlandırılan ve bugüne kadar önerilen soğutma yükü hesap yöntemlerinin temeli olan HB(Heating Balance) hesap prosedürünün basitleştirilmiş yöntemidir.

Bu yöntem, güvenilir ve daha az işleme olanak sağlayan bir yöntem ihtiyacına cevap vermek için geliştirilmiştir RTS yöntemiyle, soğutma yükü hesaplanırken;

- Opak yüzeylerden (duvar, çatı) iletilen ısı enerjisine, iletim zaman serisi olarak adlandırılan CTS katsayıları uygulanarak ısı kazançları hesap edilir.
- Saydam yüzeylerden (pencere) olan ısı kazançları yayılı ve doğrudan olarak ayrı ayrı hesaplanırlar.
- Sızıntı (infiltrasyon) ısı kazancı doğrudan soğutma yüküne dönüşür.
- İç ısı kaynaklarından olan ısı kazancı hesaplanır
- Tüm ısı kazançları toplanır ve belirli oranlarda taşınım ve ışıınım ısı kazançlarına ayrılırlar. Taşınım ısı kazancı hemen soğutma yükü olarak ortamda hissedilirken, ışıınım ısı kazancı ortamda bulunan yüzeylerin ısı depolama özelliklerine göre belli bir gecikmeyle ortama iletilir.
- Işınım ısı kazancına, ışıınım zaman serisi katsayısı olarak tanımlanan RTS uygulanarak ışıınımdan kaynaklanan soğutma yükü belirlenir.
- Sonuçta, ışıınım ve taşınım soğutma yükü toplanarak toplam soğutma yükü bulunur [10].

VDI 2078 Yöntemi: Alman Mühendisler Birliği (VDI, The Association of German Engineer) tarafından önerilen bir yöntemdir . Soğutma yükü için VDI 2078’de özet (Abridged) yöntem ve bilgisayar yöntemi olmak üzere iki şekilde verilmektedir. Özet yöntemde iç ortamın sıcaklığı sabit kabul edilir. Bilgisayar yönteminde ise farklı sınır şartlarına göre iç sıcaklık belirlenir [10].

Basit Elle Hesap Yöntemi: Pratikte piyasada kullanılan basit elle hesap yönteminde soğutma yükü hesabı, taban alana ve ya mahalın hacmine göre hesaplanmaktadır. Bu yöntem daha çok bireysel klima cihazların soğutma yükünün tespitinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Hesaplamalarda, hacim veya taban alan, aydınlatma ve mahalde bulunan insan sayısı olmak üzere üç temel faktör göz önüne alınır [10].

Tablo 3.5. Soğutma Yükü Hesap Yöntemlerinden Elde Edilen Sonuçlar[10]

Yük Bileşeni	RTS	CLTD/SCL/CLF	VDI 2078	TETD/TA	Pratik Yöntem	DW	SSETLoad
Dış Duvar	2250	360	3673	3540	-	4345	4805
Pencere	6468	425	6333	4297	-	7113	7276
Komşu Mahal	107	16	164	152	-	-	23
İnsan	1291	159	1521	1690	1583	1820	1708
Aydınlatma	800	94	847	1344	1345	1345	1345
Cihaz	2311	201	1816	2804	-	2805	2805
Hacim	-	-	-	-	19998	-	-
Toplam	13227	12579	14354	13827	22926	17428	18172

Sonuç olarak, Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği ile soğutma yüklerinin hesaplanması yasal bir zorunluluk haline gelmiştir. Ülkemizde ise Aralık 2009 itibari ile kabul edilebilir bir standart bulunmamaktadır. Her ne kadar BEP yönetmeliği eklerinde ulusal standartlar bulunmadığından, uluslararası standartlara başvurulması belirtilmiş olsa da, ülkemiz için soğutma yükünün hesaplamasında tüm ısı kazancı faktörlerinin ve özel şartların göz önüne alındığı değişik ülkelerce önerilen soğutma yük hesaplamalarında kullanılan tablo değerlerini, Türkiye şartları için oluşturulmasının daha uygun olacağı düşünülmektedir.

Ayrıca tasarım ve uygulama sırasında soğutma yüklerinin hafifletilmesi için, serbest soğutma gibi alternatif yöntem arayışlarına gidilmesinin enerji verimliliği açısından önemli olacağı da değerlendirilmektedir. Balaras (1996) bir çalışmada, gece soğutması uygulanan bir binada, yapı elemanlarının ısı kapasitesine bağlı olarak, binanın toplam soğutma yükünün %27-36 oranında azaltılabileceğini belirlemiştir [11].

3.1.2. Aydınlatma ihtiyacı

Ülkemizde tüketilen toplam elektrik enerjisi içinde aydınlatmanın payı %20 civarındadır. Aydınlatmada verimliliğin sağlanması ile hem görsel, hem bütçesel rahatlama sağlanacaktır. Aydınlatmada enerji tasarrufu, görsel konfordan ödün vermeden, gerekli en az aydınlık şiddetlerinin sağlanması ile elde edilir. Bunun için öncelikle düşük verimli ışık kaynakları yerine yüksek verimli ışık kaynakları kullanılmalıdır. Bu anlamda ilk akla gelen ve hemen hemen her alanda kullanılabilen akkor flamanlı klasik bir armatürle az enerji tüketimi sağlayan kompakt flaurasant armatürle değiştirmek enerji tüketimini % 80 civarında azaltabilmektedir [12].

Doğru aydınlatma için yapılabilecekleri dört ana başlık altında toplayabiliriz;

1. Doğru Tasarım
2. Doğru Lamba Seçimi
3. Aydınlatma Sistemlerini Kontrolü (Aydınlık Seviyesini Kısmı, Sensor Kullanımı v.b.)
4. Doğru Kullanıcı

Bir binanın aydınlatma ihtiyacı binanın tasarım aşamasında tasarımını yapan uzman tarafından hesaplanmaktadır. Binanın kullanım amacı, kullanım zamanı, ihtiyaç duyulan aydınlık seviyesi gibi parametreler hazırlanan aydınlatma projesini şekillendiren etkenlerdir. Tasarım aşamasında en önemli parametre gün ışığından maksimum oranda faydalanılacak tasarımın yapılmasıdır. Ayrıca tasarım aşamasında aydınlık seviyesinin eşit dağılabileceği, büyük mekanlarda kapatma ve kısma işlemlerinin birbirinden bağımsız yapılabildiği sistem tasarımları da önemlidir.

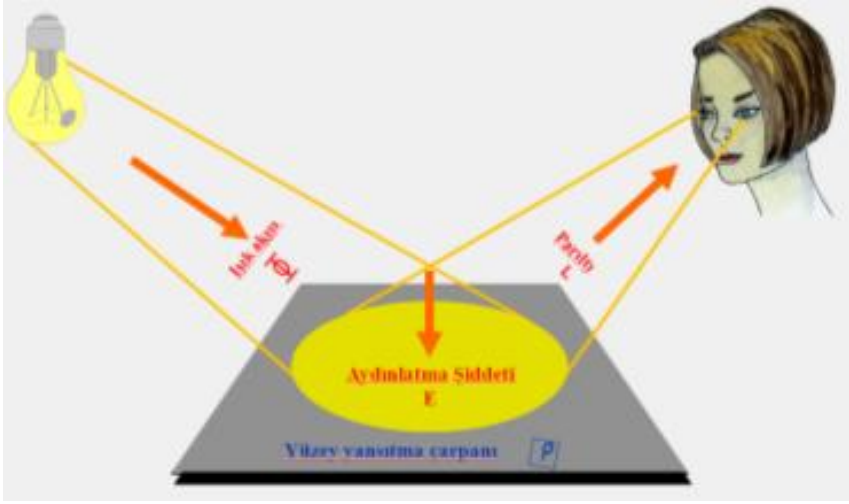
Amaca göre aydınlatma yapılmalıdır. Yapıların mimari ve işlevsel özellikleri incelenmeli, ortamın aydınlık düzeyi ihtiyacı belirlenmeli ve bu ihtiyaçlara göre armatürler belirlenmelidir. Aydınlatmada amaç belirli bir aydınlatma düzeyinin elde edilmesi ve iyi görme koşullarının sağlanmasıdır[13].

Aydınlatma tasarımı yaparken aydınlatma ilgili temel kavramların bilinmesinde fayda vardır;

Işık Akısı, bir yüzeye birim zamanda dik olarak düşen ışık miktarına denir. Birimi lümen (lm) dir. Işık akısı bir fiziksel niceliktir ve insan gözünün algıladığı ışık gücünün miktarını ifade eder. Bu tariften de anlaşıldığı gibi, ışık akısı hem ışınım yapan kaynağın gücüne hem de insan gözünün özelliğine bağlıdır.

Aydınlatma Şiddeti, bir yüzey üzerine düşen ışık akısının yoğunluğudur. Bir ışık kaynağının her doğrultuda verdiği ışık seviyesini belirtir. Ölçü birimi lüks'tür.

Parıltı, ise ışık akısının birim alandaki dikey yoğunluğudur.



Şekil 3.19. Aydınlatma ile İlgili Kavramlar [14]

Doğru ampulün seçimi, ne amaçla ve nerede kullanılacağına bağlıdır. Ampul seçiminde aydınlatma seviyesi, açık kalma süresi ve değiştirilme kolaylığı gibi faktörlerin yanı sıra aşağıdaki hususlar da göz önüne alınmalıdır [13].

ONAYGİL ve arkadaşları tarafından, konutlardaki aydınlatma amaçlı tüketilen elektrik enerjisinin toplam tüketimdeki payının ve Kompakt Floresan Lamba (KFL) kullanımı ile sağlanabilecek enerji tasarrufunun belirlenmesi amacıyla bir çalışma yapılmıştır[15].

Tablo 3.6. Binalarda Akkor Flamanlı Lambalar ve Floresan Lambaların Özellikleri [14]

	Tipi	Güç (Watt)	Verim	Ömür (saat)	Işık Rengi	Renk Geri Verimi	Maliyet	Kullanım önerileri
Akkor Flamanlı	Normal	15-1000	10-20	1000	sıcak	iyi	düşük	Kısa süreli çalışmalarda, genel amaçlı yerlerde,
	Halojen	20-2000	20-25	2000-3000	sıcak	çokiyi	orta	Yüksek yoğunluklu aydınlatmada, iyi renk geriverimi gereken yerlerde,
Floresan	Tüp	6-65	50-95	4000-7000	çeşitli renkler	ortadan iyiye	orta	Sürekli veya kesintili aydınlatmada, Genel amaçlar için, iyi renk geriverimi gereken yerlerde,
	Kompakt	9-25	45-80	8000-10000	sıcak	iyi	orta	Sürekli veya kesintili aydınlatmada, genel amaçlar için, iyi renk geri verimi gereken yerlerde

Proje amacına uygun olarak, kullanıcıların akkor telli lamba yerine KFL takması sonucunda, aydınlatma toplam kurulu gücünde %24 azalma sağlanmıştır [14]. Konutlardaki mevcut durumda yani sadece beş aydınlatma noktasında enkindens lambalar (akkor flamanlı) kullanılması halinde, bir aylık süre süre içinde aydınlatma amaçlı tüketilen elektrik enerjisi ortalama 27,6 kWh, aydınlatmanın genel elektrik enerjisi tüketimindeki oranı da %10 olarak belirlenmiştir[15].

Projeden elde edilen veriler doğrultusunda kullanıcıların tercih ettikleri ve tesisatın izin verdiği noktalardaki enkindens lambaların KFL'ler ile değiştirilmesiyle konutların toplam elektrik enerjisi tüketiminde %10 ila %15 arasında tasarruf yapılabileceği görülmektedir [15].

Aydınlatmada enerji tasarrufu, aydınlatmanın kalitesini düşürmeden ve iyi bir aydınlatmanın şartları yerine getirilerek yapılmalıdır. İyi bir aydınlatma, daha verimli aydınlatma elemanları ile sağlanacağı için, aynı aydınlatma seviyesinin daha az enerji tüketimi ile sağlanması mümkündür. Verimli bir aydınlatma ile hem daha az elektrik enerjisi tüketimi olacak, hem de göz sağlığı korunacaktır[15].

Aydınlatmada enerji tasarrufu, düşük verimli ışık kaynakları yerine yüksek verimli ışık kaynakları kullanılarak ve bazı basit tedbirler alınarak sağlanabilir. Burada önemli olan konuya gereken ilginin gösterilmesidir. Bu tedbirlerden bazıları şu şekilde sıralanabilir [13].

- Lamba alırken yüksek verimli olanlar tercih edilmelidir. Lamba seçimleri en yüksek lümen/watt oranına (etkinlik faktörü) göre yapılmalıdır.
- Kullanılmayan alanlar aydınlatılmamalıdır.
- Gün ışığından mümkün olduğu kadar fazla faydalanılmalıdır.
- Aydınlatma armatürlerinin periyodik bakımları yapılmalıdır. Kirli ve tozlu armatürler ışığın bir kısmını yutarak verimsiz aydınlatmaya neden olurlar.
- Lamba ışık çıktısı verimli olarak kullanılmalıdır. Aydınlatılması gereken yüzeylere lamba ışık çıktısının maksimum oranda ulaşım ulaşmaması, aydınlatma sisteminin verimliliğini etkileyen en önemli faktörlerden biridir.
- Zamanlayıcılar, fotoseller ya da yaklaşım sensörleri vasıtasıyla aydınlatmanın kontrol edilmesi, enerji tasarrufu açısından önemlidir.
- Duvar, tavan ve dekorasyon malzemeleri mümkün olduğunca açık renkli seçilmelidir.
- Daha fazla ışığa ihtiyaç duyulan bölümlerde, çok sayıda düşük güçlü lamba yerine, yüksek güçlü tek bir lamba kullanılması daha verimli bir aydınlatma sağlar.
- Merdiven aydınlatmasında küçük güçlü ampullerin kullanılmasına özen gösterilmelidir.
- Dekoratif lambalar ışığı istenilmeyen yönlere gönderirler. Açık renk, şeffaf gölgelikli abajurlar ışığı daha iyi geçirirler.
- Odadan ayrılırken lambalar kapatılmalıdır.
- Çalışırken masa lambası kullanılmalıdır.
- Enerji kaybına engel olmak için halojen ve normal ampuller yerine, floresan ampuller kullanılmalıdır. Böylece %40 oranında enerji tasarrufu sağlanabilir.
- Akkor flamanlı lamba yerine kompakt floresan lamba kullanımı ise %80 'e varan enerji tasarrufu sağlar .

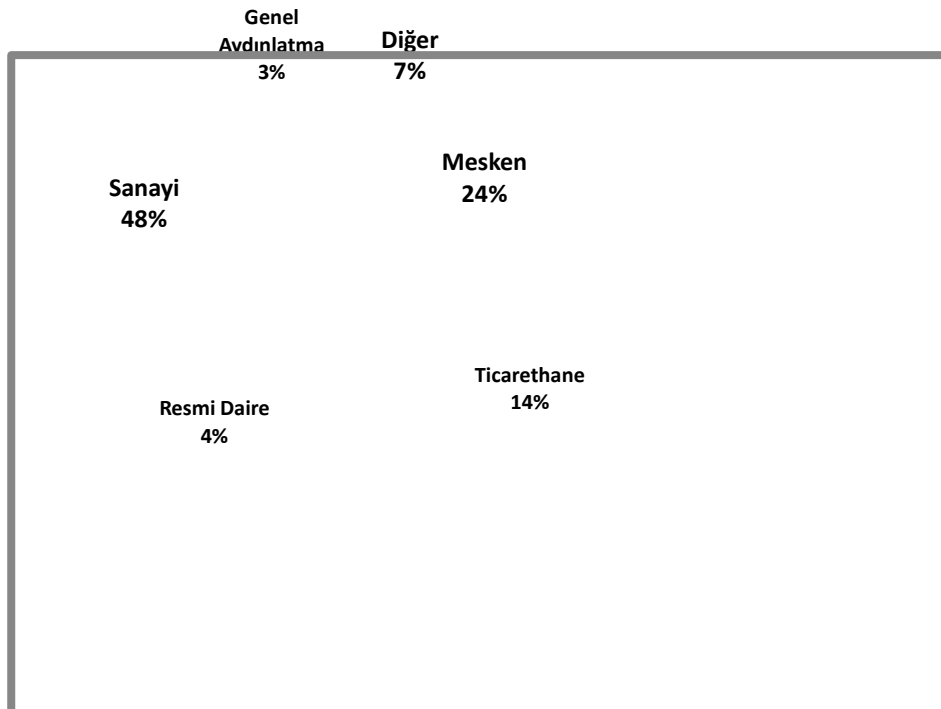
Sonuç olarak binalarda aydınlatma amacıyla tüketilen elektrik enerjisi, toplam elektrik tüketiminin %22,5 'i gibi önemli bir orana sahiptir. Aydınlatma ihtiyacının bina performans kriterlerine ve etüt çalışmalarına dahil edilmesi ve tasarruf olanaklarının belirlenmesi enerji verimliliği açısından önem arz etmektedir.

3.1.3. Elektrikli ev aletleri ve ofis cihazları

Eski Yunanda Thalesin, kehribardaki statik elektriği fark etmesinden günümüze kadar elektrik hayatın vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir. Elektrik o kadar yaygın kullanılır hale gelmiştir ki enerji denildiğinde, elektrik akla gelir olmuştur.

Elektrik akımı ve elektrik alanı kavramlarının keşfedilmesi elektrik enerjisinin ısı ve hareket enerjisine çevrilebilmesinin önünü açmıştır.

Elektrik enerjisinin, nihai enerji olarak kullanım kolaylığı, hemen her alanda çalışan bir elektrikli cihaz yapılmasına sebep olmuştur. Binalarda elektrik kullanımı Elektrikli Ev Aletleri ve Ofis Cihazlarını içeren elektrikli cihazlar başlığı altında incelenecektir.



Şekil 3.20. Sektörlere Göre Elektrik Enerjisi Tüketim Oranları [14]

Binalarda elektrikli cihaz, kullanımında temel amaç, daha verimli cihazlar kullanarak aynı işi daha az enerji ile yapılmasını sağlamaktır.

Evlerimizde kullandığımız elektrikli ev aletleri istenilen hizmet ve konfor seviyesini etkilemeksizin daha az enerji ile kullanılabilir. Verimli aydınlatma sistemlerini ve ev aletlerini kullanarak elektrik faturalarında azalma sağlanabilir. Verimli aletlerin fiyatları benzer modellerinden pahalı olabilir. Bununla birlikte verimli aletlerin satın alınması esnasında ödenen fiyat farkı daha sonra elektrik faturalarındaki düşüş ile kullanıcıya geri ödenir. [14]

Elektrikli cihaz alırken dikkat edilmesi gereken üç parametre vardır,

1. Elektrik Tüketimi
2. Maliyeti
3. Kullanım Süresi

Bu üç parametre birlikte değerlendirilerek yapılacak bir maliyet etkinlik analizi sonucu cihaz seçimi için doğru karar verilebilir.

Elektrikli cihazlarınızı, kullanma kılavuzlarında yazılı talimatlar doğrultusunda ve uygun ortamlarda kullanılmalıdır. Uygun kullanım, cihazın enerji tüketimini azaltacağı gibi ömrünü de arttıracaktır.[12]

Konutların ortalama elektrik faturalarında açık ara ile en önemli artış kalemini oluşturan büro ekipmanları da % 50'den fazla enerji tasarrufu potansiyeli oluşturan ürün grubu içerisinde yer almaktadır. Evlerde tüketilen enerjinin yaklaşık %10-15'i kullanılmadığı halde prizde takılı kalan cihazlar tarafından tüketilmektedir. 2000 yılında Avrupa Birliği üyesi 15 ülkede evlerde stand-by sebebiyle tüketilen enerjinin 94 Milyar kWh olduğu saptanmıştır. Bu değer 12 adet büyük nükleer santral veya termik santral üretimine eşdeğerdir. Bir sonraki 10 yılda bu değer ikiye katlanacağı öngörülmektedir [12].

Bu anlamda çözümün en basit, en kolay yolu cihazın fişini prizden çekilmeli, cep telefonun şarj cihazını fişten çekilmeli, sadece telefonlarınızı şarj edeceğiniz zaman prize takılmalıdır.

Açma-kapama butonu bulunan çoklu priz kullanılmalı, böylece tek bir dokunuşla tüm cihazları kapatılabilmektedir.

Yeni elektronik cihazlar satın alırken enerji verimli A sınıfı cihazları tercih edilmeli, bilgisayar ve monitörünüzde enerji yönetim özelliklerini aktif kılınmalı, enerji tasarruflu ön planda tutulmalıdır.

Yeni bir ev için veya mevcut olanın değiştirilmesi amacıyla yeni lambalar ve aletler satın alınacağıında, ekonomik gücün yetebileceği en verimli olanlar alınmalıdır. Karar verirken dikkat edilecek birkaç önemli nokta vardır. Aletlerin verim oranlarının bilinmesi, nerede bulunabileceği, satın alma ve kullanım süresince enerji maliyetinin kullanıcıyı nasıl etkileyeceği önemli noktalar. Aynı zamanda, evlerde kullanılan hangi aletlerin en fazla enerjiyi tükettiği ve belirli aletlerin enerji maliyetlerinin nasıl tahmin edileceği bilinmelidir.

Gelecekte bütün elektrikli ev aletleri, enerji tüketimlerini gösteren etiketleri bulundurmaya zorunda olacaklardır. Avrupa Birliği ülkelerinde, ilk aşamada buzdolapları ve derin dondurucular için bu sınıflandırma yapılmıştır. Ülkemizde de, Avrupa Birliği mevzuatlarına paralel olarak enerji etiketleme ile ilgili yasal düzenleme çalışmaları tamamlanmak üzeredir.

Elektrikli ev aletlerinde enerji etiketleme ile,

- Tüketicilere alacağı ürünün yılda ne kadar enerji tüketeceği bilgisinin satın alma sırasında sağlanması,
- İmalatçıların ürettikleri cihazların enerji tüketimlerini azaltmak için önlem almaya teşvik edilmesi, dolayısıyla enerjinin akılcı ve verimli kullanılmasının sağlanması amaçlanmıştır.

Etikette yer alacak bilgiler aşağıdaki şekilde olmalıdır.

1. İmalatçının adı veya ticari markası yazılacaktır.
2. İmalatçının model tanımı belirtilecektir.

3. Cihazın enerji verim sınıfı EK- V' e uygun olarak belirlenecektir. Uygun harf ilgili ok işareti ile aynı hizaya yazılacaktır.
4. Bir ürüne Avrupa Topluluğu Konseyi'nin 880/92/EEC sayılı direktife istinaden "Topluluk çevre eteki ödülü" vermesi halinde, çevre ödülü işareti söz konusu direktifte belirtilen kurallara uymak kaydıyla ürüne iliştilirebilir.
5. Enerji Tüketimi, 5 inci maddenin üçüncü fıkrasının (d) bendinde belirtilen standarda uygun olarak ve kWh /yıl cinsinden açıklanabilir. (24 saatteki tüketim x 365 belirtilecektir).
6. Yıldız vererek belirtilmesi gerekmeyen (çalışma sıcaklığı > -6°C olan) tüm gıda saklama bölümlerinin net depolama hacmi toplamı yazılacaktır.
7. Yıldız vererek belirtilmesi gereken (çalışma sıcaklığı ≤ -6°C olan) tüm dondurulmuş gıda saklama bölümlerinin net depolama hacmi toplamı belirtilecektir.
8. Belirtilen standartlara göre dondurulmuş gıda saklama bölmesinin yıldız sayısı. Bu bölme için yıldız verilmesi gerekmiyorsa bu satır boş bırakılacaktır.
9. Gürültü seviyesi (desibel cinsinden) yazılacaktır.

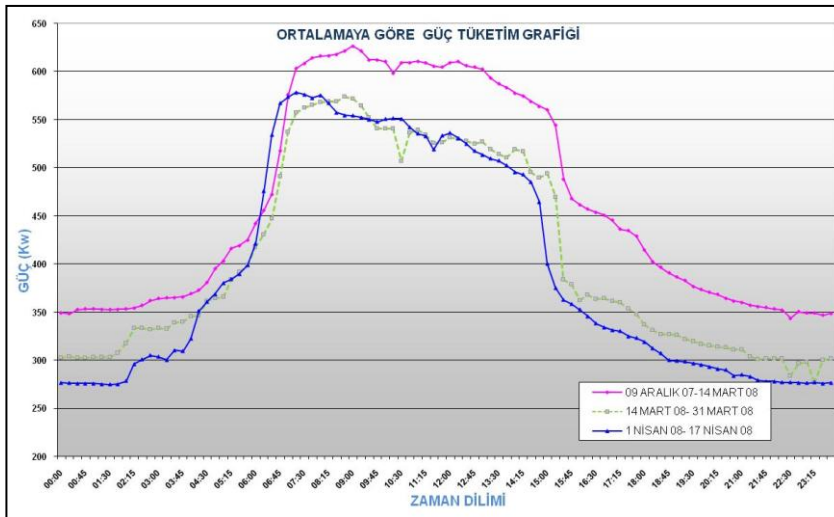
AB Enerji Verimliliği Etiketleri sınıflandırması bir aletin yıllık enerji tüketimi bazında yedi gruptan oluşmaktadır. A harfi en düşük enerji tüketim sınıfını göstermektedir. A sınıfı bir elektrikli alet almanız durumunda ortalama enerji tüketiminden % 45 daha az enerji tüketecektir. G harfi sınıfına ait bir alet de ortalama enerji tüketiminden en az %25 daha fazla enerji tüketecektir. Böylece A, B ve C harfli sınıfa ait elektrikli aletlerin tüketimi ortalama tüketimden daha düşük olacaktır.

Binalarda elektrikli cihazlardan kaynaklanan tüketimlerin değerlendirilmesi için, üreticileri tarafından verilen katalog bilgileri kullanılabileceği gibi enerji izleme ve ölçüm cihazları da kullanılarak tüketimlerin zaman bağı grafikleri elde edilebilir.

Enerji Üretici Model	Buzdolabı Logo	
<p>Çok Verimli</p> <p>A</p> <p>B</p> <p>C</p> <p>D</p> <p>E</p> <p>F</p> <p>G</p> <p>Az Verimli</p>	<p>B</p>	<p>I</p> <p>II</p> <p>III</p> <p>IV</p>
<p>Enerji Tüketimi kWh/yıl (24 saatlik standart deney sonuçlarına göre) Gerçek tüketim cihazın nasıl ve nerede kullanıldığına bağlıdır.</p>	<p>XYZ</p>	<p>V</p>
<p>Taze Gıda Bölmesi Hacmi: (litre) Dondurulmuş Gıda Bölmesi Hacmi: (litre)</p>	<p>xyz xyz xyz</p>	<p>VI</p> <p>VII</p> <p>VIII</p>
<p>Gürültü: (Ses Gücü Düzeyi)</p>	<p>xz</p>	<p>IX</p>

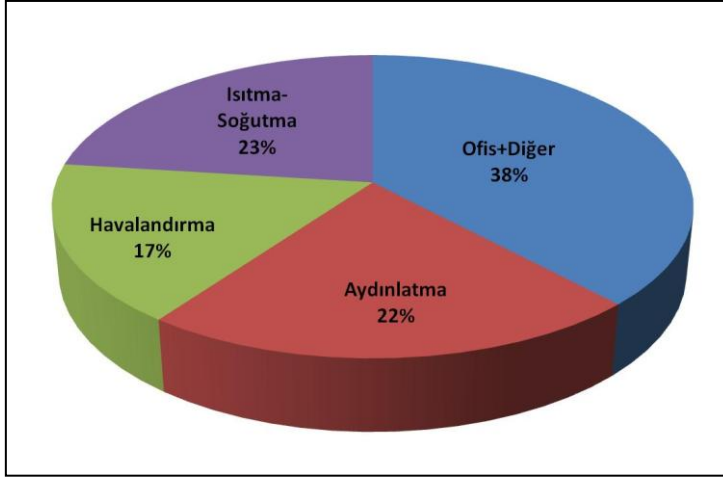
Şekil 3.21. Enerji Etiketleri Örneği [14]

Aşağıdaki grafikte İstanbul Büyükşehir Belediyesi Merter Ek Hizmet Binasında yapılan enerji etüt çalışması sırasında elektrikli cihazların adet ve çalışma sürelerine göre gerçek tüketim grafiği görülmektedir.



Şekil 3.22. Merter Ek Hizmet Binası Elektrik Yüklerinin Zamana Göre Dağılım Grafiği [16]

Enerji analizörü ve elektrikli cihazların güç değerleri incelenerek binadaki elektrik yüklerinin dağılımını yapmak mümkün olmuştur.



Şekil 3.23. Merter Ek Hizmet Binası Elektrik Yüklerinin Dağılım Grafiği

Stand-By Tüketimler :

Elektronik teknolojisindeki gelişmeler, toplumun tüketim ihtiyaçlarını önemli ölçüde etkilemektedir. Ev ve ofislerde elektronik cihazların sayısı ve çeşitliliği artmaya devam etmektedir. TV'ler, CD/DVD göstericiler, kablosuz telefonlar, alarmlar, mikrodalga fırınlar, fotokopi makineleri, yazıcılar, hoparlörler v.b. bir çok cihaz çalışmadıkları zaman da , standby modunda enerji tüketmeye devam ederler. Bu enerji saat göstergesi hafıza çipi ve uzaktan kumanda fonksiyonu için harcanır. Bu tip enerji tüketimine sızıntı (leakage) adı verilmektedir ve aletin kendi enerjisinin %5'ine kadar ulaşabilmektedir.

Bilgisayarlar dünyada en hızlı elektrik yükü oluşturan cihazlardır. Gelecek yıllarda bu miktar giderek artacaktır. Ancak bilgisayarların kullandığı enerjinin çoğu, bilgisayar kullanılmadığı esnada açık olmasından dolayı kaybolmaktadır.

Energy Star etiketli yeni teknoloji TV ve VCR'lar kayıp enerjiyi %75'e kadar azaltmaktadır.

Energy Star etiketli PC, fax, yazıcı gibi evde ve işyerlerinde kullanılan ofis cihazları ise, kullanılmadıkları zaman otomatik olarak uyuma moduna geçmekte buna bağlı olarak güç azaldığı için enerji tasarrufu sağlanmakta ve cihaz ömrü uzamaktadır.

Radyolar 100 saat kullanıldığında, renkli televizyonlar ise 5-7 saat kullanıldığında 1kWh elektrik enerjisi tüketirler. Küçük ekranlı televizyonlar büyük ekranlara göre daha az elektrik enerjisi tüketirler. Ses düzeyinin düşük tutulması da elektrik enerjisi tüketimini azaltır.

Ortalama standby tüketimlerine bakıldığında bir bilgisayarın ortalama tüketimi 100W'lık bir lambanın tüketimine eşittir. Dolayısı ile 7 saat kullanılmadan standby modunda kalan bir bilgisayar 700 Wh (0,7 kWh) elektrik tüketmektedir.

Fotokopi makineleri için bu değer ortalama 220 W, lazer yazıcılarda 80 W, 100 aboneli bir telefon santralinde de 200 W olarak hesaplanmıştır.

Tablo 3.7. Ofis Cihazları Elektrik Tüketim Özellikleri ve Stand-By Tüketimleri Tablosu

Sıra	Cihaz	Aktif	Kapalı	Stand-By	Açıklamalar
1	Bilgisayarlar	61%	9%	40%	<p>Bilgisayarlar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kapatıldığı zaman PC elektrik şebekesinden ayrılmalıdır. • Laptoplar, desktop-PC'lere göre daha az enerji tüketirler. • PC'lerin gücü ihtiyaca uygun olmalıdır. <p>Monitörler:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ekran ne kadar aydınlık ve büyük olursa elektron hızlandırıcılarının enerji çekişi de o kadar büyük olur. • Ekran ve resim frekansı ne kadar büyükse, manyetik alanın enerji talebi de o kadar yüksek olur. • Ekran koruyucusunun siyah'a ayarlanmasıyla %20'ye kadar enerji tasarrufu sağlanabilir. • Çalışma aralarında monitör kapatılmalıdır.
2	Yazıcılar	52%	5%	43%	<p>İnkjet Yazıcılar(Mürekkep Püskürtmeli):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Enerji tüketen kısımları baskı kafasının hareketi,kağıt taşıma, kumanda elektroniği ve elektrik şebeke bağlantılandır. • Başlama sürelerinin kısa oluşu çalışma aralarında kapatılmaya da müsaade eder. • Çalışma saatleri dışında elektrik şebekesinden ayrılmalıdır. <p>Lazer Yazıcılar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Enerji tüketen kısımları, tespit silindirleri (sıcak tutma), kağıt taşıma, ışık, kumanda elektroniği ve şebeke bağlantılandır. • Çalışma saatleri dışında elektrik şebekesinden ayrılmalıdır
3	Fotokopi Makinası	24%	43%	33%	<p>Büyük Fotokopi Makinaları:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Enerji tüketen bölümleri tespit silindirleri, kağıt taşıma sistemi ve ışık kaynağıdır. Standby'daki güç çekişi ne kadar az ise çalışma durumuna gelene kadar geçen başlama süresi o kadar uzun olur. • Fotokopi makinaları çalışma süreleri dışında elektrik şebekesinden ayrılmalıdır. <p>Masaüstü (Desktop) Fotokopi Makinaları:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Başlama süresi büyük makinalara göre çok daha kısadır, bu nedenle çalışma aralarında kapatılması tavsiye edilir. • Makinalar çalışma süresi dışında elektrik şebekesinden ayrılmalıdır.
4	Faks Cihazları	5%	0%	95%	<p>Enerji tüketen kısmı yazıcı tipine göre değişir.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lazer yazıcı faks cihazları daha yüksek enerji tüketir. • Standby enerji tüketiminin düşük olmasına dikkat edilmelidir. • Çalışma saatleri dışında elektrik şebekesinden ayrılmalıdır.

3.1.4. Otomasyon & izleme v.b. sistemler:

Binalarda otomasyon, güvenlik gibi sistemlerin, enerji tüketimi ile ilişkisi değerlendirildiğinde bu sistemlerin çok yoğun bir tüketime sahip değildirler, ancak enerji kullanımının denetimi açısından oldukça öneme sahiptirler.

Enerji tüketimleri için en somut veri faturalar olmasına rağmen, faturalar bir önceki fatura dönemine ait verileri barındırdığından problemler enerji yöneticileri tarafından gecikmeli olarak fark edilmektedir. Bu yüzden enerji yöneticileri, tüketimleri mümkün olduğunca anlık takip edip problemlere kısa sürelerde müdahale etmek isterler.

Örneğin, Reaktif Güç tüketimleri faturalardan takip edildiğinde, sınırları aşmış bir tüketim faturaya ceza olarak yansıyacak, problem ceza geldikten sonra fark edilecektir. Binaya takılan bir enerji analizörü yada basit bir günlük takip çizelgesi ile reaktif güç tüketim oranları anlık takip edildiğinde, sınırlar aşılmadan gerekli müdahaleleri yapmak mümkündür.

3.1.4.1. Bina otomasyon sistemleri

Otomasyon sistemleri binalarda ağırlıklı olarak mekanik sistemlerin (Isıtma, Soğutma, Havalandırma) otomatik kontrolü için kullanılmakla beraber, aydınlatma, güvenlik, yangın gibi sistemlerde kullanılabilirlerdir.

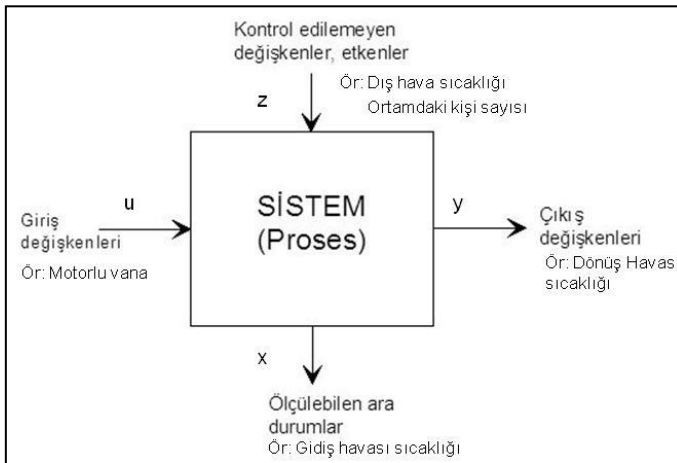
Otomasyon sistemlerini otomatik kontrol, sistem, kontrol döngüsü gibi bazı kavramları bilmek gereklidir.

Otomatik Kontrol: Kontrol edilmek (ayarlanmak) istenilen değişkenin (ve bu değişkeni etkileyen diğer ara değişkenlerin) değerini ölçüp, sistemi istenilen konuma getirmek amacıyla sisteme etki eden giriş değişkenlerinin ayarlanması işlemine denir.

- Kontrol edemediğimiz değişkenlerin bozucu etkisini düzeltmek
- Rutin, tekrara dayalı işlerin insan yerine makine ile yapılması
- İnsan tarafından yapılamayacak hızda, hassaslıkta ve hatasız yapılması
- Sürekli değişen durumlara karşın, en doğru uygun aksiyonun yerine getirilmesi
- Ekipmanların ve insanların emniyetinin sağlanması
- Minimum harcama ile maksimum faydanın/üretimin sağlanması amacıyla otomatik kontrol yapılmaktadır.[17]

Sistem (Proses): Kontrol edilebilen ve edilemeyen değişkenlerin (şu anki ve daha önceki) durumuna göre değişik çıkış değerleri üreten elektrik, mekanik, biyolojik vs. düzenek.

Bu düzenek mekanik sistemler için genellikle diferansiyel eşitlikler ile modellenir.

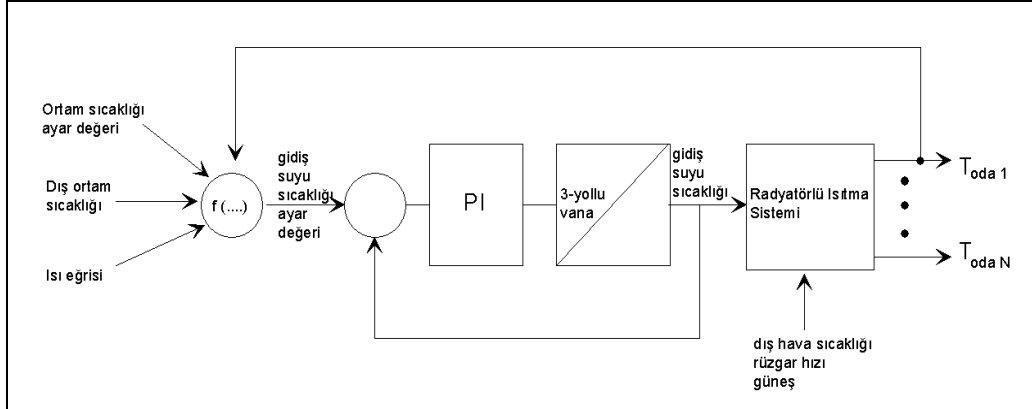


Şekil 3.24.Sistem (Proses) ve Otomatik Kontrol İlişkisi [17]

Kontrol Döngüsü: Sürekli bir ölçüm, bu değerlerin istenilen ve diğer referans değerleri ile karşılaştırması, belli matematiksel ve mantıksal işlemler sonucu son kontrol elemanına verilen komutu içerir.

Kontrol edilen değişken ve sisteme (proses) etki eden harici değişken arasında sabit (değişmeyen) bir bağıntı varsa açık kontrol, kontrol döngüsünde ayar değeri ile kontrol edilen değişken arasındaki farka bağlı olarak hesaplanan kontrolör çıkışı varsa kapalı kontrol döngüsü denilmektedir.

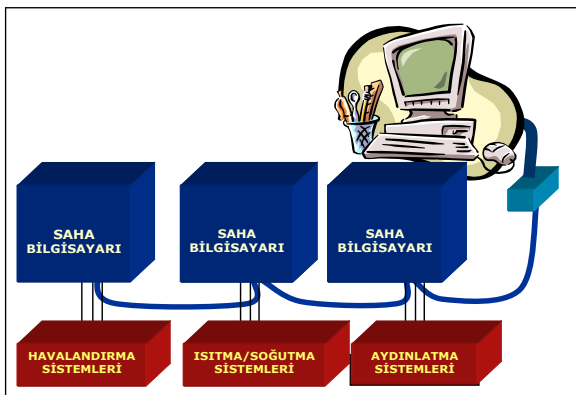
Örnek; Radyatörlü Isıtma Sistemi ve Dış Hava Kompanzasyonlu Gidiş Suyu Sıcaklığı Kontrolü [17]



Şekil 3.25. Örnek Otomatik Kontrol Döngüsü

Otomatik Kontrol işlevlerinin, mikroişlemci tabanlı ve birbiri ile iletişim halinde çok sayıda dijital kontrolör tarafından gerçekleştirilmesi işleminde de otomasyon denilmektedir.

DDC (Direct Digital Control) olarak adlandırılan mikroişlemci tabanlı kontrolörler, sensörler veya ölçümler vasıtası ile alınan değerleri (sıcaklık, nem, basınç gibi analog ve donma termostatu, fark basınç v.b.) gibi dijital değerleri ölçüp, kontrol yazılımları ile değerlendirerek, on-off veya oransal çıkışlar ile çeşitli son kontrol elemanlarını aktive ederler.



Şekil 3.26. Örnek Otomasyon Sistemi Konfigürasyonları [18]

3.1.4.2 Enerji izleme sistemleri

Elektrik, Yakıt, Basınçlı Hava, Buhar, Su gibi tüketimlerin Bilgisayar aracılığıyla;

- Takip Edilmesine,
- Raporlanmasına,
- İyileştirilmesine,
- Kontrol Edilmesine

yönelik kurulan merkezi sistemlerdir.[17]

Enerji İzleme Sistemlerinin Yararları:

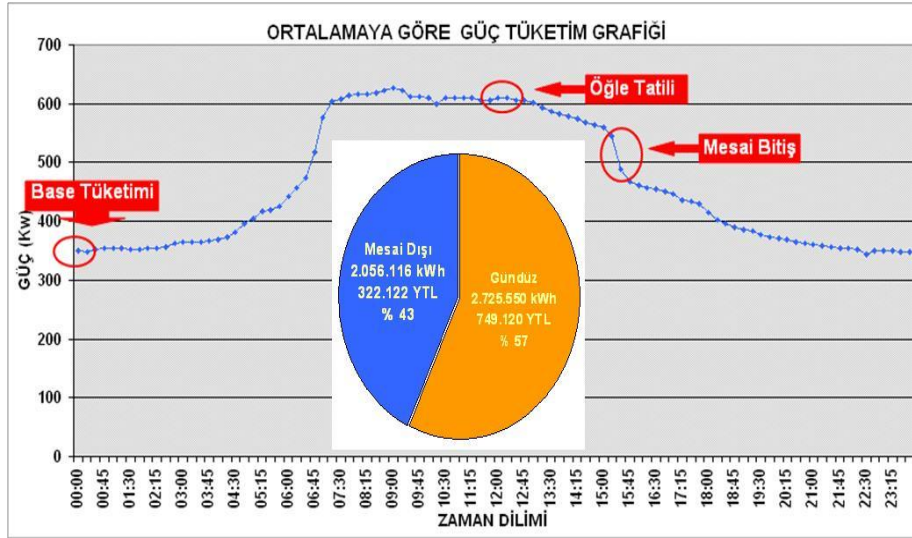
Geçmiş bilmeden ileriye dönük kararlar almak oldukça zordur. İzlemeden-kaydetmeden hiç bir sistem tam anlamıyla yönetilemez.

- Bölüm veya nokta bazındaki tüketimlerin belirlenmesi
- Elektriksel büyüklüklerin izlenmesi ve raporlanması
- Enerji Kalitesinin Arttırılması
- Reaktif güç kontrolü
- Harmoniklerin izlenmesi
- Anlık ve Geçmişe Yönelik Veri Analizi
- Uygun Tarifinin Belirlenmesi
- İnsan Gücünden Tasarruf, hatayı minimize etmek [18]

Şekil 3.27'deki grafikte İBB Merter binasındaki elektrik analizörü değerlerinden elde edilen grafik görülmektedir. Grafik incelendiğinde bazı çarpıcı sonuçlar elde edilmiştir.

Bu sonuçlar,

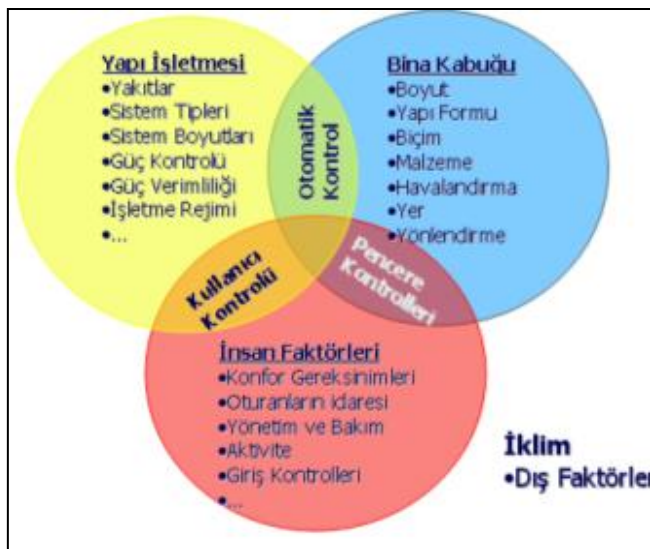
1. Binanın base tüketimi, standart değerden 3 kat daha fazla olduğu görülmüştür. Bunun sebebi gece binada mesai yapılamamasına rağmen, ısıtma & soğutma, havalandırma ve aydınlatma sistemlerinin çalışmaya devam etmesidir.



Şekil 3.27. Enerji Analizörü Datalarından Hazırlanmış Örnek Grafik

2. Ofis cihazlarının kullanım oranı %38 olmasına rağmen öğlen tatilinde kullanılmadığı halde bu cihazlar çalışmaya devam etmiştir.
3. 15.00'ten sonra tüketimde ciddi düşüşler olmuş, bunun anlamı da mesai bitiş saati 17.00 olmasına rağmen erken iş bırakmalar yaşanmıştır.

3.2. Binalarda Enerji Tüketimini Etkileyen Faktörler



Şekil 3.28. Tüketimi Etkileyen Faktörler[19]

Tüketim, dış sıcaklığa, evin rüzgâr alma durumuna, yön, yalıtım durumuna bağlı olmakla birlikte, insanların sosyo ekonomik yapılarıyla doğrudan bağlantılıdır. Bu nedenle enerji tüketim tahminlerini sadece evin net kullanım alanına, dış zarfına veya hacmine v.b. parametrelere göre yapmak yeterli değildir. Sanıldığı aksine ısıtma ihtiyacı birim ısıtma alanına (m² ' ye) ve dış sıcaklığa bağlı olarak doğru orantılı bir şekilde artmamaktadır. Isınma alışkanlıkları ailenin nüfusuna, yaşam tarzına ve gelir seviyelerine çok bağlıdır. Aynı dönemde ve dış sıcaklık ortalamalarında, aynı binada ve benzer sosyoekonomik yapıda olmalarına rağmen, gaz tüketimleri iki misli farklı olan aileler vardır. Bir evin yeni kullanıcısının farklı zamanlarda aynı mevsimlerde aynı dış sıcaklık ortalamalarında, tüketimlerinin farklı olabildiği de gözlemlenmiştir. En sağlıklı tespitler, elektronik ölçme sistemleriyle gaz, elektrik ve su sayaçlarından daha kısa aralıklarda veri toplanarak yapılabilir[7].

3.2.1.Yapı işletmesi

3.2.1.1. Enerji türü

Yapı işletmesi sırasında tüketimi etkileyen faktörlerden biri yakıttır. Tüketiciler,

- Alternatif enerji kullanım olanakları
- Yenilenebilir enerji kullanım potansiyeli
- Enerji fiyatlarına göre kullanacakları sistemi belirlerler.

Tablo 3.8'da yakıt türleri Aralık 2009 itibari ile yakıt fiyat karşılaştırması görülmektedir.

Tablo 3.8. Yakıt Fiyat Karşılaştırma Tablosu (Aralık 2009)[20]

Ucuzluk	Yakıt Adı	Isıl Değeri	Büym Fiyatı	Verim	Formül	TL/1000 kcal
1	Linyit(Soma)	5.500	0,222000	0,6	$0,222000 \cdot 1000 / (5.500 \cdot 0,6)$	0,067272
2	Doğalgaz(Konut)	8.250	0,617386	0,9	$0,617386 \cdot 1000 / (8.250 \cdot 0,9)$	0,083149
3	Linyit(ithal)	6.000	0,406780	0,65	$0,406780 \cdot 1000 / (6.000 \cdot 0,65)$	0,104302
4	Fuel-Oil 4(K. Yakıtı)	9.700	1,560000	0,8	$1,560000 \cdot 1000 / (9.700 \cdot 0,8)$	0,201030
5	Elektrik	860	0,213760	0,99	$0,213760 \cdot 1000 / (860 \cdot 0,99)$	0,251068
6	LPG Propan	11.000	3,200000	0,9	$3,200000 \cdot 1000 / (11.000 \cdot 0,9)$	0,323232
7	Motorin	10.200	2,803600	0,84	$2,803600 \cdot 1000 / (10.200 \cdot 0,84)$	0,327217
8	Tupgaz	11.000	3,319200	0,88	$3,319200 \cdot 1000 / (11.000 \cdot 0,88)$	0,342892

Yenilenebilir enerji potansiyeli, atıklardan enerji kazanımı gibi konular her geçen gün önemini arttırmakta olup binanın enerji ihtiyacı için doğru enerjinin kullanılması da önemli bir çalışma konusu haline gelmiştir.

3.2.1.2. Sistem tipleri

Gelişen teknoloji ve otomatik kontrol sistemlerinin enerji sistemlerinde kullanılması ile her geçen gün daha verimli sistemler kullanılmaya başlanmıştır.

Maliyet etkinlik analizleri yapıldıktan sonra binalardaki enerji sistemler kullanmaya öncelik verilmelidir. Örneğin ısıtma amaçlı kullanılan normal bir kombi % 90 civarında verimle çalışırken, yoğuşmalı kombiler doğalgazın yanması sırasında açığa çıkan su buharının enerjisini geri kazarak ısıl değerinin üzerine çıkararak % 105-110 gibi verimlerde çalışmaktadırlar.

3.2.1.3. Sistem boyutları

Binalarda enerji sistemlerini tasarlayan uzmanlar binanın ihtiyacından fazla ve ya daha az kapasite seçerek enerji verimliliğine olumsuz katkıda bulunurlar. Enerji ihtiyacının hesaplanmasının temel amaçlarından biride doğru sistem boyutu seçmektir.

3.2.1.4. Güç kontrolü

Güç kontrolü, otomatik kontrol ve otomasyon başlıkları altında Bölüm 3.1.4.1'de ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

3.2.1.5. Güç verimliliği

Enerji yöneticisinin en önemli görevlerinden biride kullanılan enerji kullanım sırasında açığa çıkan enerjinin verimli kullanılmasını sağlamaktır. Binadaki yüklerin dağılımını doğru yaparak, sistemdeki bozulmaları kompanze ederek güç kontrolü sağlanabilir.

Güç kontrolüne uygun örnek elektrik yüklerinden kaynaklanan reaktif güçlerin kompanze edilmesidir.

Güç sistemlerinde aktif güç akışının yanında, yükün ve sistemin gereksinimlerini karşılayabilmek için reaktif güç akışı da olmaktadır. Transformatörler, bobinler, hava hatları, senkron motorlar, doğrultucular, endüksiyon fırınları, ark fırınları, kaynak makineleri ve deşarj lambaları reaktif güç tüketen cihazlardır.[12]

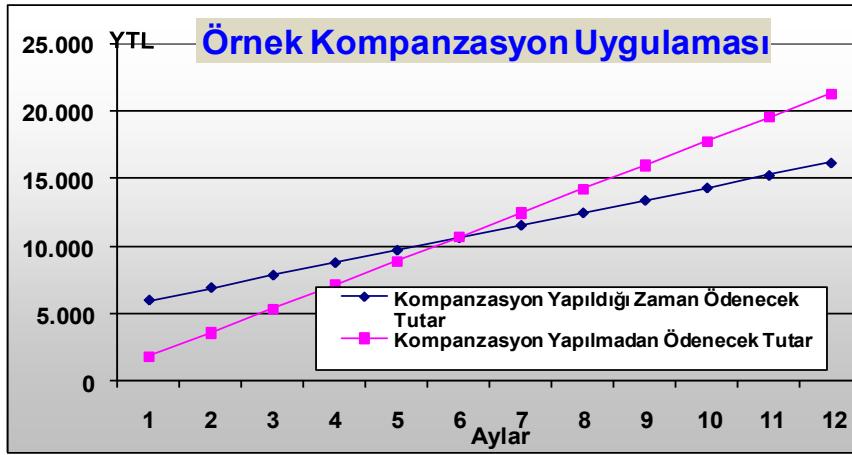
20.06.2007 tarih ve 26558 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan “Elektrik Piyasası Müşteri Hizmetleri Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair yönetmelik” gereğince, sistemdeki reaktif güç tüketim oranları sınırlandırılmıştır. Belirlenen oranların üzerindeki reaktif güç oranları için tüketiciler reaktif cezalar ödemek zorundadırlar.

Tablo 3.9. EPDK Tarafından Belirlenen Reaktif Tüketim Oranları Tablosu

	2007	2008	
		50 kVA'nın Altı	50 kVA'nın Üstü
Endüktif Reaktif (%)	33	33	20
Kapasitif Reaktif (%)	20	20	15

Reaktif güç kompanzasyonu sistemdeki reaktif yükleri dengeleyen bir otomatik kontrol ünitesidir. Reaktif tüketen bir sisteme kurulacak reaktif güç kompanzasyon sistemi sayesinde kullanıcılar çok kısa sürelerde reaktif cezalardan kurtulabilirler.

Şekil 3.29'da reaktif ceza ödeyen bir tesise kompanzasyon yapılması durumunda başa başnoktasını yakalaması ve kara geçme zamanı görülmektedir.



Şekil 3.29. Örnek Kompanzasyon Uygulaması

3.2.2. Bina kabuğu (yapısal) faktörleri

Binaların fiziksel özellikleri ile enerji tüketimleri arasında kuvvetli bir ilişki vardır. Binaların yapısal özelliklerini belirleyen uzmanlar yaptıkları çalışmalara enerji penceresinden bakmak zorundadırlar. Bundan birkaç yıl önce enerji mimarlığı kavramı yeni yeni popüler olduğunda, ülkemizde kavram kargaşası yaşanmış enerjinin mimarlığı olamayacağı konusunda aksi görüşler bildirilmiştir. Günümüzde mimarlık bilim dalının altında enerji mimarlığı bilimi olmasa olmama gelmiştir.

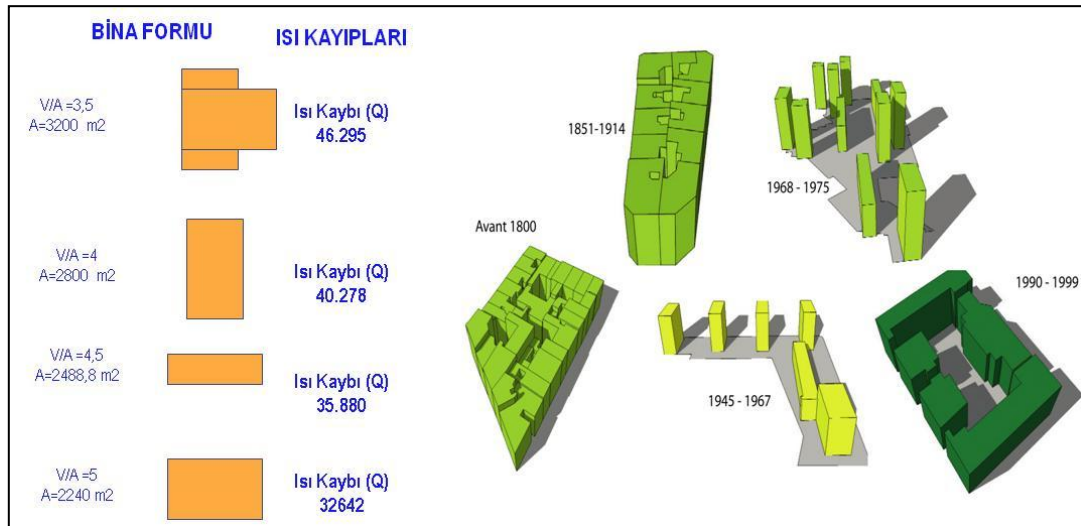
Binanın fiziksel özellikleri ile enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi 5 başlık altında toplamak mümkündür,

1. Boyut

- Bina yüksekliği
- Kat Adedi
- Taban Alanı
- Isı Kaybeden Alanlar (Duvar, Taban, Tavan, Pencere v.b.)
- Isıtılan Hacim
- Isıtılan Alan
- Kat Yüksekliği

- Kazanç Kullanım Faktörü
- 2. Yapı Formu ve Bina Şekli
- 3. Yapı Malzemesi
- 4. Havalandırma
- 5. Yer ve Yönlendirme

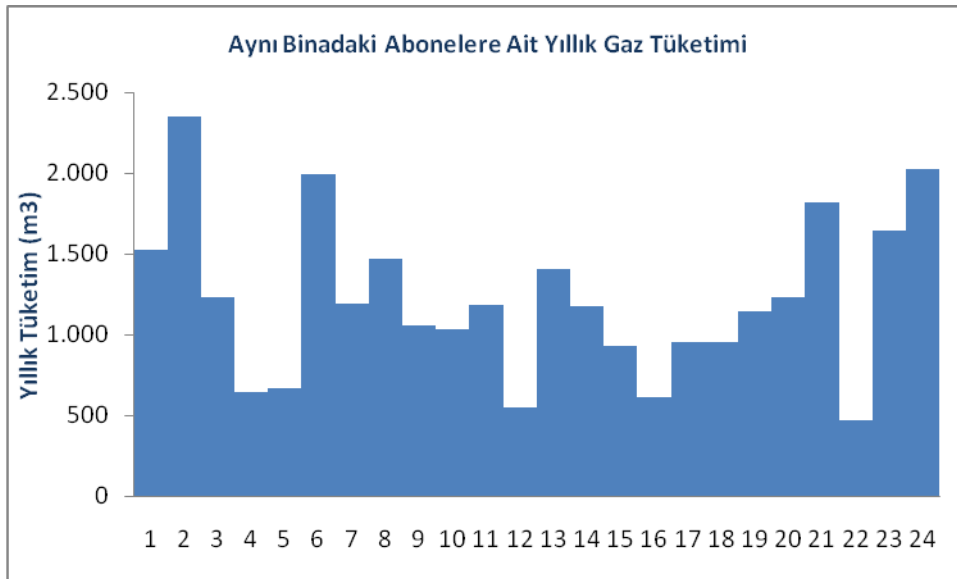
Enerji mimarlığı ya da yapı fiziği konularını ilgilendiren binanın enerji tüketimindeki yapısal faktörler çok geniş bir konu olduğundan sadece başlık olarak verilmiştir. Şekil 3.30'da binanın aynı hacme sahip binaların, yapısal farklılıklardan dolayı farklı tüketimleri gösterilmiştir.



Şekil 3.30. Örnek Bina Formları

3.2.3. İnsan faktörleri

Enerji tüketiminde fiziksel özellikler ne kadar iyi olursa olsun, insan faktörü tüketim değerlerini her zaman değiştirmektedir. Aynı apartmanda oturan ve aynı fiziksel özelliklere sahip konutların tüketimleri arasında %30'lara kadar fark görülmektedir. Şekil 3.31'de aynı yapısal özelliklere sahip konutlardaki tüketim farklılıkları görülmektedir.



Şekil 3.31. Aynı Yapısal Özelliklere Sahip Konutların Doğalgaz Tüketim Değerleri

Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ) için yürütülen, Binalarda Enerji Verimliliğine Yönelik Toplum Bilincinin Artırılması (enverIPAB) projesi kapsamında yapılan “Türkiye`nin Enerji Verimliliği Bilinci Araştırması” sonuçlarına göre vatandaşların %96’sı, enerjiyi verimli kullanmanın önemli olduğunu düşünmektedir. Yine aynı çalışmada yer alan bilgilere göre evlerdeki tasarruf potansiyeli ise %30 civarındadır.

Enerjinin verimli kullanılması konusunda farkındalığın bu kadar yüksek olmasına rağmen tasarruf potansiyelinin de oldukça yüksek olması, eğitim ve bilinçlendirme konularının enerji verimliliği çalışmalarında ne kadar önemli olduğunu göstermektedir.

Tüketimi etkileyen başlıca insan faktörleri,

1. Konfor Gereksinimleri
2. Oturanların İdaresi
3. Yönetim ve Bakım
4. Aktivite
5. Giriş Kontrolleridir.

3.2.4. Dış faktörler

Isıtma soğutma, havalandırma ve güneş enerjisi sistemlerinin projelendirilmesi iklim verilerine dayanmaktadır. İklim verileri bu sistemlerin simülasyonunda, enerji analizlerinde, kapasitelerinin ve uygunluklarının belirlenmesinde gereklidir. Fakat iklim şartları saatlik, günlük, aylık ve yıllık periyotlar içerisinde büyük değişimler göstermektedir. Bu değişimleri tahmin etmek oldukça zordur. Ancak geçmişte gözlemlenen uzun yılların iklim verileri değerlendirilerek hesaplamalar için uygun iklim verileri belirlenebilir.

İklim verileri değişik amaçlar için farklı yöntemlerle sunulmaktadır. Bunlar “Tipik İklim Yılı Yöntemi”, “Derece-Gün Yöntemi” ve “BIN (Sıcaklık Frekans Aralığı) yöntemi”dir. Tipik iklim yılı yönteminde uzun yıllar göz önüne alınarak, bir yıllık iklim değerleri seçilir. Bu yöntem dinamik benzetim programlarında kullanılır. Derece- gün yöntemi ise belirli bir baz sıcaklığına göre günlük, aylık veya yıllık derece-gün saat değerleri bulunarak ısıtma veya soğutma yükünün tespitinde kullanılır. Bu yöntem ısıtma sistemlerinin analizinde iyi sonuç vermesine rağmen soğutma sistemlerinin analizinde pek hassas olamamaktadır. BIN yönteminde ise belirli sıcaklık aralıklarının tekerrür değerleri ölçülen iklim verilerinden bulunarak sistemlerin analizleri yapılmaktadır.

Isıtma ve Soğutma Gün Dereceleri: Bir iklimin sertliği derece-gün cinsinden hassasiyetle karakterize edilebildiğinden, derece-gün yöntemi ile bir binanın ısıtma veya soğutma enerji ihtiyacını belirlemek mümkündür[21].

Günümüzde binalarda enerji analizi için karmaşık ve gelişmiş yöntemler mevcut olmasına rağmen en basit enerji tahmin tekniklerinden olan derece-gün yöntemi önemini korumaktadır. Derece-gün yönteminde bir binanın enerji ihtiyacı temelde, binanın iç ortam sıcaklığı ile ilgili denge noktası sıcaklığı ve binanın bulunduğu yerin dış hava sıcaklığı ise derece-gün yöntemlerinden elde edilen değerlerle, binanın ısıtma veya soğutma ihtiyacı tahmin edilebilir [21].

Tüm dünyada özellikle ısıtma ve ısı yalıtımı uygulamaları için derece-gün sayıları kullanılarak coğrafik bölgelerden farklı olarak derece-gün bölgeleri tespit edilmektedir. [21]

Geleneksel olarak ısıtma derece-gün sayıları 18 °C denge sıcaklığında, soğutma derece-gün sayıları ise 22 °C denge noktası sıcaklığında hesaplanır. [21]

$$\text{HDD} = (18 \text{ °C} - T_m) \times d, \text{ eğer } T_m \leq 15 \text{ °C (ısıtma eşiği) ise HDD} = 0 \text{ dir.}$$

Burada;

$$T_m = \text{Günlük ortalama sıcaklık, } d = \text{Gün sayısıdır.}$$

Hesaplama günlük bazda yapılır. Daha sonra aylık ve yıllık gün derece toplamları bulunur.

Soğutma Gün Dereceleri (Cooling Degree Days – CDD): Belirli bir zamanda (gün, ay, yıl) dış ortam sıcaklığını hesaba katarak sıcaklığın şiddetini açıklar. Resmi olarak belirlenmiş bir eşik sıcaklık olmamakla birlikte inşaat sektörü enerji yönetim pratiklerinde eşik sıcaklık 22°C olarak alınır.

Buna göre ;

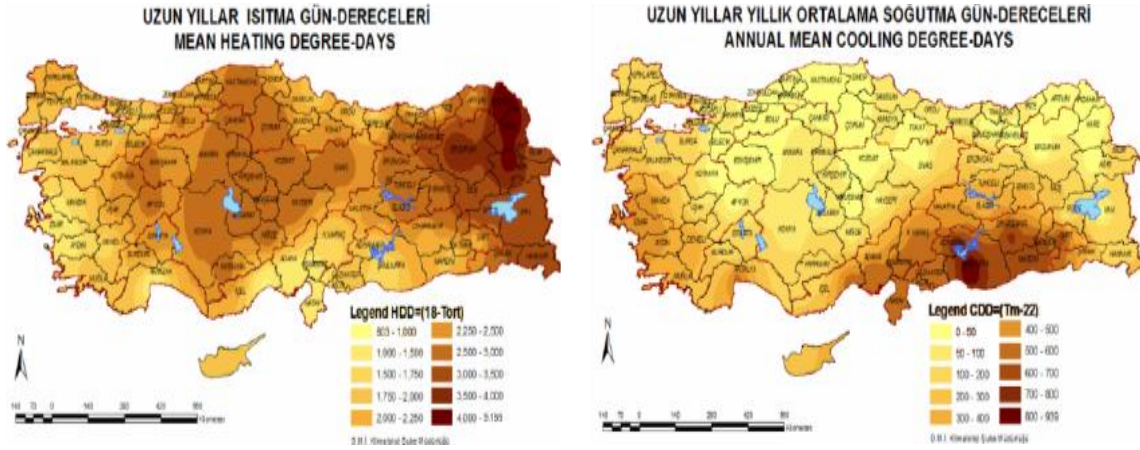
$$\text{CDD} = (T_m - 22) \times d, \text{ eğer } T_m \geq 22 \text{ °C (soğutma eşiği) ise CDD} = 0 \text{ dir.}$$

Burada;

$$T_m = \text{Günlük ortalama sıcaklık, } d = \text{Gün sayısıdır.}$$

Isıtma ya da soğutma gün dereceleri toplamının bilinmesi, binaların ısıtılması ya da soğutulması için gerekli olan enerji gereksiniminin hesaplanması açısından önemlidir. Günlük ortalama sıcaklık,

HDD kış mevsiminin sertliğini göreceli olarak önceki ve uzun yıllara göre karşılaştırmak için de kullanılır. HDD aynı zamanda yeni binalar yapılırken yalıtım, ısıtma ve soğutma için gereken girdilerin hesaplanması için inşaat sektörü tarafından ihtiyaç duyulan bir parametredir.



Şekil 3.32. Ülkemizdeki Isıtma ve Soğutma Gün Dereceleri

Sıcaklık Frekans Aralığı (BIN) Yöntemi: Sıcaklık aralığı (BIN) yöntemi, ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemlerinin verimlerinin, denge noktası sıcaklığının, bina kullanım şeklinin ve toplam ısı transfer katsayısının sabit olmadığı pek çok uygulamada basit enerji tahmin yöntemi olarak derece-gün metodundan daha hassas sonuçlar verdiği için, yaygın olarak kullanılmaktadır. BIN yönteminde günlük ortalama dış ortam sıcaklığı yerine, saatlik iklim verileri kullanılarak ve sıcaklık ve zaman aralıkları ayrı ayrı değerlendirilerek enerji tüketimi günlük, aylık veya yıllık olarak belirlenebilmektedir[22].

BIN yönteminde sıcaklık ve zaman ayrı ayrı değerlendirilerek gerek aylık, gerekse yıllık enerji sarfiyatı kolaylıkla belirlenebilir. BIN yöntemi, ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemlerinin verimlerini, denge noktası sıcaklığının, bina kullanım şeklinin ve toplam ısı transfer katsayısının sabit olmadığı pek çok uygulamada kullanılır[22].

BIN yönteminde, belirli bir dönem içerisinde 8ay, yıl9 dış hava sıcaklığının ($T_{o,i}$) ele alınan belirli aralıklarında (BIN) kaç saat ($N_{bin,i}$) olduğu tespit edilir. Bu sıcaklık değerinin oluşma süresine 8saatine) göre enerji miktarı tespit edilir. Toplam enerji sarfiyatı, bütün sıcaklık aralıklarındaki enerji sarfiyatları toplanarak bulunur [22].

BÖLÜM 4. YAPAY ZEKÂ TEKNOLOJİLERİ

Yapay zekâ; insanlarda, hayvanlarda ve makinelerde zeki davranışın ne olduğunu inceleyen ve insan yapımı aygıtların nasıl tip davranışlar sergileyebileceğinin bulmaya çalışan bilim dalıdır. İnsanlığın şimdiye kadarki en güç ve belki de en heyecan verici girişimidir [23].

Yapay zekânın amaçları; makineler, normalde elektronik makineler aracılığıyla insanın ussal etkinliğini olabildiğince taklit etmek ve belki sonuçta insanın ussal etkinlik yeteneğini geliştirmektir [24].

İnsanlığın tarihini ve tarihi gelişimini incelediğimizde otomatik olarak bir takım işleri yapan makinelere karşı ilginin yüksek olduğunu görürüz. Bu ilgi ve alaka o zamanların şartlarına göre belirli faaliyetleri gerçekleştirebilen otomatlar yapmalarına neden olmuştur. Bu tür bilgileri tarih kitaplarında bulmak mümkündür. Yine insanlığın tarihi süreci incelendiğinde şöyle bir yargıya varmak mümkündür."İnsanlarda canlılığı taklit eden makineler, süs eşyaları ve oyuncaklar yapmak derinden gelen bir arzudur" [24].

İlk defa 1950'li yıllarda ortaya atılan yapay zekâ terimi zaman içinde oldukça yoğun ilgi görmüş ve 40-50 yıllık bir zaman diliminde hayatın vazgeçilmez parçası olan sistemlerin doğmasına neden olmuştur [25].

YZ bir problemi çözebilmesi için problemle ilgili bilgilere sahip olması gerekir. Bilginin elde edilmesindeki yöntemler;

- Anketler, uzmanları ile görüşmeler, mülakatlar, literatür taramaları v.b.
- İşi uzmanları ile birlikte yapmak.
- Olay ile gerçekleşmiş bilgileri incelemek

Matematiksel olarak modellenemeyen veya kabul edilebilir çözümler üretilemeyen problemler YZ teknolojileri kullanılarak çözülebilirler.

YZ sistemlerinin ortak özelliği problemlere çözüm üretirken, bilgi temelli karar vermeleridir. Eldeki bilgiler doğrultusunda sistem olayları öğrenmekte ve problemin çözümü hakkında karar verebilmektedir.

YZ Teknolojileri; Günlük hayatta olaylar ve problem sürekli değişmektedir. Problemlerin yorumlanmasında ve bakış açılarındaki farklı yorumlardan dolayı çözüm yaklaşımları da farklıdır. Bu nedenle zamanla farklı yapay zeka teknolojileri geliştirilmiştir. Günümüzde onlarca Yapay zeka teknolojilerinden bahsedilmekle beraber, başlıca yapay zeka teknolojileri aşağıdaki gibidir:

1. Uzman Sistemler
2. Yapay Sinir Ağları
3. Genetik Algoritmalar
4. Bulanık Önergeler Mantığı
5. Zeki Etmenler

Daha önceki bölümlerde binalarda enerji yönetimi ve tüketimi etkileyen faktörler ayrıntılı şekilde verilmişti. Enerji ve yapay zeka kullanımı ile ilgili literatür çalışmaları incelendiğinde;

- Doğalgaz tüketiminin tahmin edilmesi,
- Yapısal analizler
- Enerji sistemlerinin otomatik kontrolü
- Aydınlatma sistemlerinin verimliliği gibi bir çok konuda yapılmış çalışmalar yapılmıştır.

Bahse konu çalışmalar sadece bir bilim dalını ilgilendiren çalışma alanları olup, örneğin yapısal özellikler araştırılırken sadece Yapı Fiziği bilim dalında çalışan uzmanların yaptığı hesaplamalar kullanılmaktadır.

Şekil 3.28’de verilen tüketimi etkileyen faktörler incelendiğinde enerji tüketimi, tasarımdan, uygulamaya, fen bilimlerinden, sosyal davranış bilimlerine kadar birçok uzmanı ilgilendiren disiplinler arası bir çalışma alanını kapsamaktadır.

Çalışmanın amacı enerji tüketimini etkileyen faktörleri bütüncül olarak ele alan, yapay zeka teknolojilerinin simgesel ifadelerle işlem yapabilme yeteneğini kullanan, hızlı ve alternatif bir metodoloji geliştirmektir. Elde edilecek metodoloji doğrultusunda kullanıcılar ve planlamacıların için hızlı karar vermelerine yardımcı olacak bir karar destek sistemi geliştirilebilecektir.

Çalışmamız da, tüketimi etkileyen faktörler bulanık mantık önermeleri ile modellenecek, daha sonrada da elde edilen çıktılar YSA kullanılarak tüketim ihtiyacının belirlenmesi için kullanılacaktır.

Tez önerisinin kantitatif verilerle doğrulanması için somut bir uygulamaya ihtiyaç duyulduğundan, Bölüm 3.1.1.1’de ülkemizde halen yürürlükte olan "TS825 Isıtma İhtiyacı" standart’ının klasik hesaplama değerleri ile kurulan YZ modellerinin çıktıları karşılaştırılacaktır.

4.1. Bulanık Mantık

İngilizcesi "Fuzzy Logic"olan Bulanık Mantık, kelimesi ve bulanık küme teorisi, ilk kez 1965 yılında Azerbaycanlı Prof. Lotfi A. Zadeh (California University, Berkeley) tarafından ortaya atılmış ve günümüze kadar gelişerek gelmiştir.

Günümüzdeki birçok olay doğrusal olmayan ve sınırları belirlenemeyen koşullarda gerçekleşmektedir. Bulanık mantık temelde olayların çok oluşum derecesiyle ilgilenen bir kavramdır. İnsan beyninde de olaylar kesin çizgilerle değerlendirilmezler. Bir otomobil sürücüsü önüne bir engel yada viraj çıktığında saatte tam olarak kaç km ile gittiğini düşünmeden çok hızlı, hızlı veya normal hızda olduğunu düşünür. Karşısındaki hedefe olan uzaklığını da çok yakın, yakın, uzak gibi kavramlarla değerlendirerek varış mesafesi ve süresi ile ilgili sayısal bir hesap yapmadan, frene uygulayacağı gücü az, normal, çok gibi değişkenler şeklinde yapar.

Bulanık mantık teknolojisi insandaki karar verme ve denetim özelliklerine benzer bir sistemin problemlerin çözümüne uyarlanmasıdır.

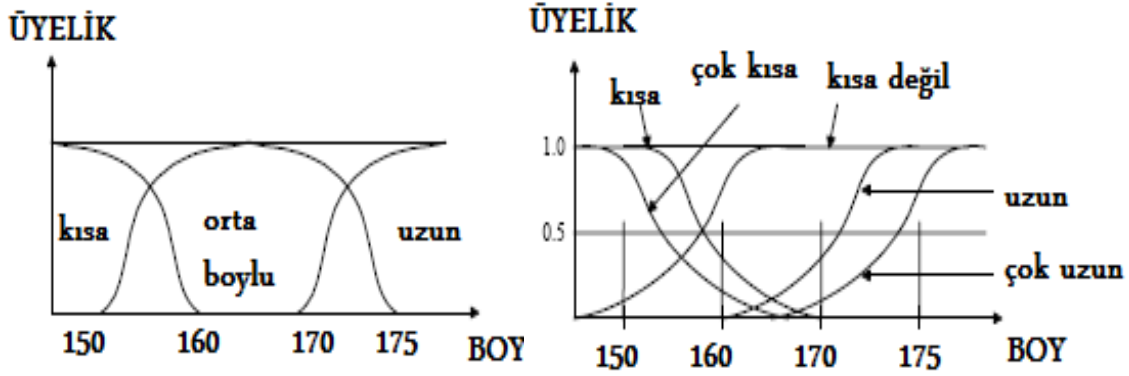
Bulanık mantık haberleşme, kontrol, entegre devreleri üretimi, işletme, tıp, psikoloji ve mühendisliğin bir çok dalında uygulanmıştır. Bulanık denetim kuramı temelde insan düşünüş tarzını örnek alır. Bulanık mantığın oldukça kapsamlı ve ayrıntılı matematiksel temeli olmasına rağmen, uygulaması oldukça kolaydır [26].

Geleneksel mantıkta (Boolean mantığı) bir kümeyi oluşturan elemanlar keskin (crisp) elemanlar olup bir eleman bir kümenin ya elemanıdır ya da değildir (var veya yok, 0 veya 1). Bu tür kümelere keskin kümeler (crisp sets) denilir [26].

Klasik küme teoreminde, 175 cm ve üzeri uzun boy olarak kabul edecek olursak, 175 cm nin altındaki kişiler “kısa”, 175 cm nin üstündekiler ise “uzun” kümesine dahil olacaklardır. Dolayısıyla 174,5 cm uzunluğundaki birisi “kısa” iken 175,5 cm uzunluğundaki kişi “uzun” kümesinde yer alacaktır. 174,5 ile 175,5 cm arasında boy olarak gerçek hayatta çok fazla fark olmamasına rağmen geleneksel mantık sınıflandırmasına göre biri kısa diğeri de uzun olarak algılanmaktadır.

Bir endüstriyel denetleyici için bu durumu ele alalım. Eğer bu denetleyicide fiziksel büyüklüklerin dahil olduğu kümeler birbirlerinden böyle keskin çizgilerle ayrılmışlarsa denetim çıktısının ani değişiklikler göstermesi kaçınılmaz olacaktır. Örneğin soğuk/sıcak sınırınının 25 C olduğu bir sayısal açık/kapalı denetleyicide 24,5 C soğuk olarak algılanacak, buna karşın 25,5 C sıcak olarak ele alınarak denetim çıktısı ani olarak değiştirilebilecek, örneğin buhar vanası ani olarak kapatılabilecektir [26].

Yukarıda açıklananlara karşıt olarak bulanık mantık, keskin mantığı açık/kapalı, soğuk/sıcak, hızlı/yavaş, gibi ikili (binary) denetim değişikliklerinden oluşan keskin dünyayı, az açık/az kapalı, serin/ılık, biraz hızlı/biraz yavaş gibi gevşek (soft) niteleyicilerle yumuşatarak gerçek dünyamıza benzetir [26].



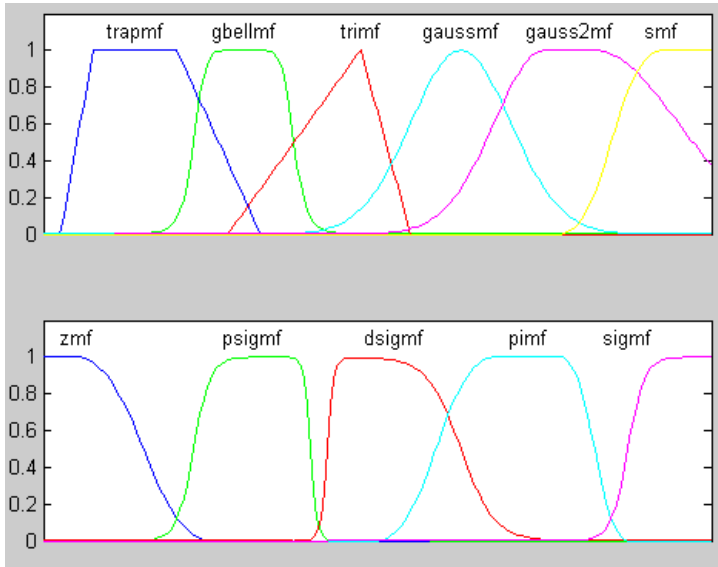
Şekil 4.1. Örnek Bulanık Kümeler

Boy uzunluğunun bulanık önermeler mantığı ile ilişkisi ele alındığında, 170cm boyundaki bir insana pek uzun denemeyeceği gibi o kişi pek kıstada sayılmaz, duruma göre belki kısa tanımı, belki de uzun tanımı daha uygun düşer. İşte bulanık kümeler, yukarıdaki şekilde gösterildiği üzere, böyle esnek bir düşünüşe olanak tanır. Kümelerin birbirlerinden keskin çizgilerle ayrılmamış olması, aralarında belirli bir örtüşüm (overlap) olması, 170cm'nin bir oranda hem orta boylu, hem uzun; ısı denetleyicisi örneğinde ise 20 C sıcaklığın hem biraz serin hem de biraz sıcak olarak düşünülmesine olanak tanır.

4.1.1. Üyelik fonksiyonları

Uzunluk kavramını belirtmek için Şekil 4.1'de kullanılan eğriler, üyelik fonksiyonları (membership functions) olarak bilinirler ve 0 ile 1 arasında bir üyelik ağırlığına (gread of membership) sahiptirler.

Üyelik fonksiyonları olay veya probleme göre çeşitli sayıda ve şekillerde olabilir. Aşağıdaki şekilde en çok kullanılan üyelik fonksiyonları görülmektedir.



Şekil 4.2. Çeşitli Biçimde Üyelik Fonksiyonları

Üyelik fonksiyonlarında kullanılacak etiket sayısı kullanıcıya bağlıdır. Örneğin yukarıdaki uzunluk örneğinde Kısa, normal boy ve uzun boylu olmak üzere üç etiket kullanılmıştır.

Değerlendirme kümesinin $[0,1]$ gerçek aralığı olması durumunda, A bir bulanık küme olarak tanımlanır. Burada $\mu_A(x)$ x 'in A 'daki üyelik derecesini vermektedir.

$$A = \{(x, \mu_A(x)), x \in X\}$$

Bulanık küme teorisinde, genel küme teorisinden türetilmiştir. Bulanık küme teorisindeki tanımlar, teoremler ve ispatlar bulanık olmayan kümeler için de daima doğrudur.

Bir bulanık küme, olası kısmi üyelere izin veren bir sınıftır. O takdirde x 'deki bir A bulanık kümesi sıralı ikililerinin bir kümesidir. $\mu_A(x)$ $[0,1]$ aralığında bir sayıdır.

Özet olarak, klasik Boolean mantığından bir değer bir kümenin ya elemanıdır (logic 1) ya da değildir (logic 0). Buna karşın bulanık mantıkta her değer her küme için bir üyelik derecesi vardır. Bu üyelik derecesi $[0,1]$ kapalı aralığındadır. Başka bir

değişle bir değer bir kümenin kısmi üyesi olabilir. Bu özellik sayesinde bulanık mantık insan düşünce sistemini klasik var/yok mantığına göre daha iyi modelleyebilir ve insanın tecrübelerini matematiksel ifadelerle çok daha doğru şekilde dönüştürebilir [26].

4.1.2. Küme işlemleri

Klasik küme teorisinde karakteristik fonksiyonun aldığı değer ya 0 ya da 1 dir. Bulanık küme anlayışında fonksiyonun değer kümesi $[0,1]$ kapalı aralığıdır.

X uzayında tanımlı iki A ve B kümesi düşünelim. Bu kümelerin üyelik fonksiyonları $\mu_A(x)$ ve $\mu_B(x)$ olsun. Burada $x \in X$ dir. Temel küme işlemleri aşağıda tanımlanmıştır.

Birleşim İşlemi: $A \cup B$ kümesini üyelik fonksiyonu $\mu_{A \cup B}(x)$ aşağıdaki gibi tanımlanır

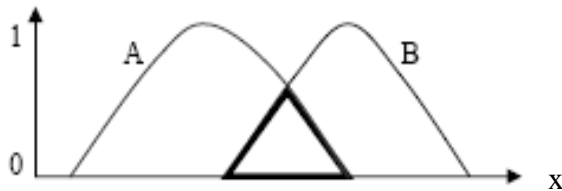
$$\mu_{A \cup B}(x) = \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$$



Şekil 4.3. Bulanık Birleşim Kümesi

Kesişim İşlemi: $A \cap B$ kümesini üyelik fonksiyonu $\mu_{A \cap B}(x)$ aşağıdaki gibi tanımlanır

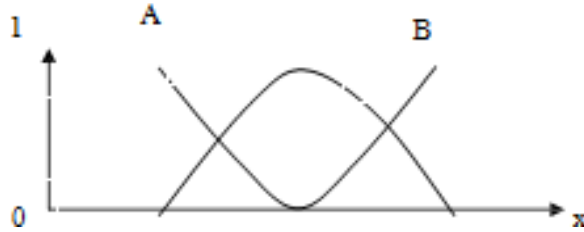
$$\mu_{A \cap B}(x) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$$



Şekil 4.4. Bulanık Kesişim Kümesi

Ters Alma İşlemi: A' kümesinin üyelik fonksiyonu $\mu_{A'}(x)$ aşağıdaki gibi tanımlanır.

$\mu_{A'}(x) = 1 - \mu_A(x)$ aşağıdaki gibi tanımlanır.

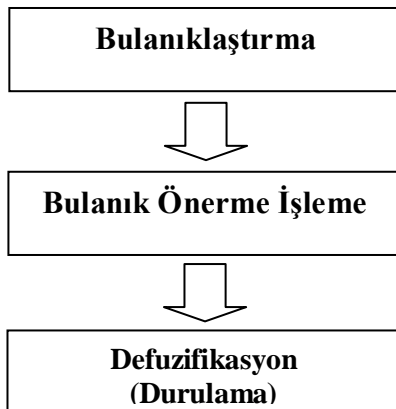


Şekil 4.5. Bulanık Ters Alma İşlemi

4.1.3. Bulanık denetim süreci

Bulanık önermeler mantığı literatüre girdikten sonra, belirsizlik ve bulanıklık durumlarında karar veren, denetim mekanizmaları ile ilgili çalışmalar başlatılmıştır. Mamdani, buharla çalışan bir makinenin hız kontrolünü Zadeh'in önerdiği bulanık mantık yöntemiyle yaparak, bulanık mantık denetleyicilerin problemlerin çözümünde kullanılabileceklerini göstermiştir.

Bulanık önermeler mantığının elemanları ve birbirleri ile arasındaki ilişkiler aşağıdaki şekilde gösterilmektedir. Bulanık mantık denetim sistemleri tasarımında genel olarak kullanılan bir yöntem bulunmamaktadır. Sistemi tasarlayan kişilerin tecrübeleri ya da en iyi çözümün deneme yanılma yoluyla bulunması gibi durumlar söz konusudur.



Şekil 4.6. Bulanık Denetim Süreci

Bulanıklaştırma: Çözümü araştırılacak problemle ilgili dilsel değişkenlerin tanımlanması, bu değişkenlere ait bulanık önermelerin oluşturulması ve üyelik değerlerine göre üyelik fonksiyonlarının belirlenme sürecidir.

Üyelik değerleri [0-1] arasındadır. 1 tam üyelik 0 ise üye olmama durumudur. Üyelik değerlerinin olasılık değerleri ile karıştırılmaması gerekir. Üyelik derecesi 0,8 olan bir değer gerçekleştireme olasılığı %80 anlamına gelmemelidir.

Problemin denetimi oluşturacak üyelik işlevleri genelde belirli bir hesap metodu yoktur. Ancak sistemin test edilmesi için elde gerçek değerlerden oluşan bir veri seti varsa çeşitli istatistik yazılımları kullanılarak kümelene noktaları tespit edilerek doğru çözüme yakın değerler belirlenebilir.

Bulanık Önermenin İşlenmesi: Tanımlanan değişkenlerin üyelik değerlerine göre çıkış değişkenlerindeki çözüm alanının belirlenme işlemleridir. Değişkenlerden çıkarım yapabilmek için ilk önce kural tabanının oluşturulması gerekmektedir.

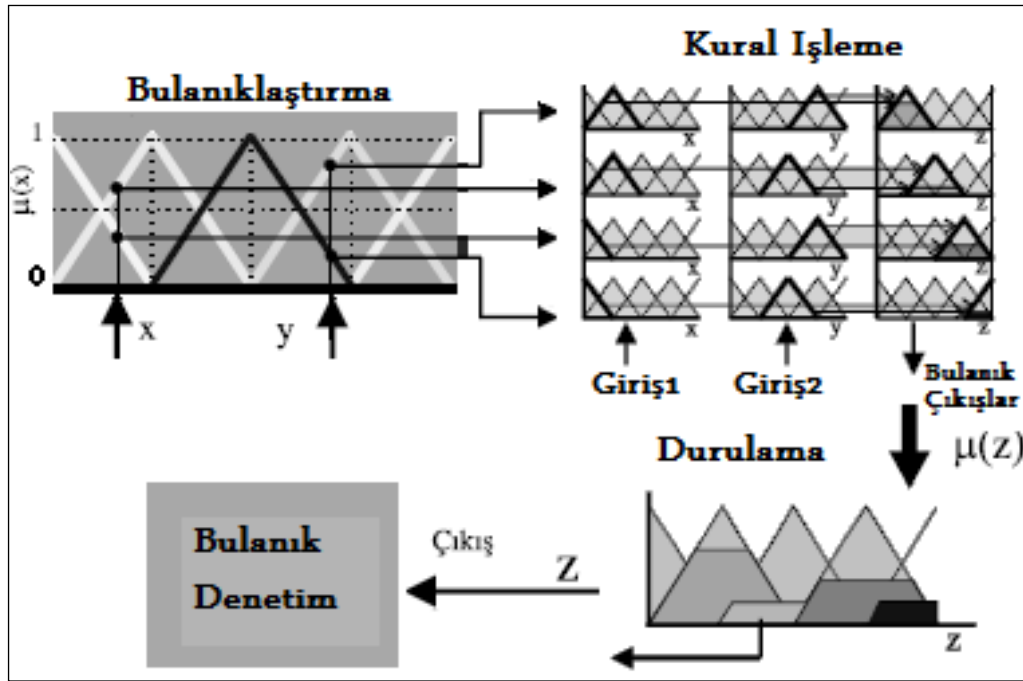
Çözüm metodu olarak birçok yöntem mevcuttur. En önemli bulanık çıkarım metotları;

1. Max-Dot: Her giriş değişkeni, ait olduğu üyelik işlevindeki üyelik derecesine bağlı olarak, bulanık kümeyi yeniden ölçeklendirmesidir. Çıkış değeri için , ölçeklendirilen değerler kümesindeki maksimum değer alınır.
2. Min-Max: Giriş değerlerinin üyelik derecesine bağlı olarak, bulanık kümenin üyelik değerinin üstündeki kısmın atılmasıdır. Çıkış değeri için genellikle ağırlık ortalaması yöntemi uygulanır.
3. Tsukamoto: Çıkış üyelik işlevi, tek yönlü artan bir işlev olarak sevilir ve çıkış değeri için her bir değer ağırlık ortalaması alınır.
4. Takagi-Sugeno: Her bir kuralın doğrusal birleşimiyle hesaplanır. Keskin çıkış değeri ise ağırlık ortalaması alınarak bulunur.

Durulama (Defuzifikasyon): Bulunan çözüm alanından, problem için en uygun değerın çıkartılması işlemidir. Genellikle üyelik değerinin en yüksek olduğu noktaya karşılık gelen değer problem çözümü için gerekli değerdir.

Durulama işleminde değişik yöntemler kullanılmaktadır. Önce her kural için üyelik derecelerinden oluşan değer ve sonuç kural tespit edilir. Daha sonra en uygun yöntem seçilerek durulama yapılır. En çok kullanılan yöntemler şunlardır

- Maksimum üyelik yöntemi
- Ağırlık merkezi yöntemi
- Ağırlık ortalaması yöntemi
- Mean-Max üyelik yöntemi [27]



Şekil 4.7. Klasik Bulanık Mantık Denetim Süreci

4.2. Yapay Sinir Ağları

İnsan davranışlarını taklit etmek amacıyla geliştirilen yapay zekâ uygulamalarının bir alt dalı olan YSA'nın, ortaya çıkışından günümüze değin birçok aşamalardan geçmiş

ve son yıllardaki teknolojik gelişime paralel olarak gelişimini çok hızlı bir şekilde devam ettirmektedir [28].

YSA, insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirmek amacı ile geliştirilen bilgisayar sistemleridir. Bu yetenekleri geleneksel programlama yöntemleri ile gerçekleştirmek oldukça zor ve ya mümkün değildir. O nedenle, YSA programlanması çok zor veya mümkün olmayan olaylar için geliştirilmiş adaptif bilgi işleme ile ilgilenen bir bilgisayar bilim dalı olduğu söylenebilir [25].

YSA, gerçek verileri kullanarak olayları öğrenerek, benzer olaylar karşısında doğru tepkiler üretebilen sistemlerdir.

İnsan beyninin fonksiyonel özelliklerine benzer şekilde,

- Öğrenme
- İlişkilendirme
- Sınıflandırma
- Genelleme
- Özellik Belirleme
- Optimizasyon gibi konularda başarıyla uygulanabilmektedir [25].

YSA'nın tarihçesi nörobiyoloji konusuna insanların ilgi duyması ve elde ettikleri bilgileri bilgisayar bilimine uygulamaları ile başlamaktadır. YSA ile ilgili çalışmaları 1970 öncesi ve sonrası diye ikiye ayırmak gerekmektedir. Çünkü 1970 yılında bu bilimin tarihinde bir önemli dönüm noktası başlamış ve o zamana kadar olmaz diye düşünülen birçok sorun çözülmüş ve yeni gelişmeler başlamıştır. Her şey bitti derken YSA yeniden doğmuştur [25].

1943 yılında McCulloch ve Pitts'in yayınladıkları makale YSA konusundaki ilk makale sayılmaktadır. Bu makalede sinirlerin giriş faaliyet seviyesi, belirli bir eşik değerine eriştiğinde aktif hale geçen açık/kapalı anahtar gibi davrandıklarını ve mantık fonksiyonlarını hesaplamak için çeşitli şekillerde bir araya

getirilebileceklerini göstermiştir. 1949’da nöropsikolog Hebb yayınladığı makalede beynin öğrenme yeteneğini bir modelle açıklamıştır. “Hebbian öğrenme” kuralı denilen bu kural günümüzde de birçok öğrenme kuralının temelini oluşturmaktadır. 1954’te M. Minsky YSA konusunda doktora yapmış ve 1960’lı yıllarda YSA’na ilgi büyük ölçüde artmıştır. Bu yıllarda F. Rosenblatt, McCulloch ve Pitts’in eşik değeri yaklaşımını kullanarak tecrübeye dayanan, öğrenebilen eleman ağlarını meydana getirmiştir. Yine bu yıllarda S. Grossberg, Verbal öğrenmede deney sonuçlarıyla ifade edilen ağların diferansiyel denklemlerini kurmuş; daha sonra gerçek biyolojik sinir ağlarını ifade eden genel denklem setini çıkarmış ve yaptığı araştırmaların sonunda “Adaptif Rezonans Teorisi”ni geliştirmiştir. 1969 yılında M. Minsky ve S. Papert YSA’daki sınırlamaları inceledikleri “perceptrons” adlı kitabı yayınlamışlardır. Bu kitapta tek katmanlı ağların “ayrıcıklı veya” işlemini gerçeklemek gibi basit sorunları çözemeyecekleri ispatlanmıştır [28].

Yapay sinir ağlarındaki büyük gelişmeler 1980’li yıllarda gerçekleşmiştir. 1980’lerin başında J.Hopfield, gelişmeyle birlikte rastgele bulunan etkenlerin probleme karıştığını ve her çözüm yolunda problemin başlangıç halinde bulunduğu işaret etmiş, bu nedenle her hesaplamanın doğru çözüm yolu için sürekli yenilenen bir mekanizmaya ihtiyaç olduğunu belirterek bu iş için geliştirdiği stratejiyi yapay sinir ağlarında kullanmıştır. 1986 yılında D. Rummelhart, G. Hinton ve R. Williams geriye yayılım öğrenme kuralıyla çok tabakalı ağ sistemlerinin birçok problemi çözmek için eğitilebileceğini göstermiştir. Son yıllarda bilgisayar teknolojisindeki büyük gelişmelerden dolayı, yapay sinir ağlarının yazılım ve donanım uygulamaları hızla devam etmektedir [28].

Günümüzde YSA uygulamaları kendilerini kanıtlamış, birçok alanda insanlar için çözüm üretir olmuşlardır.

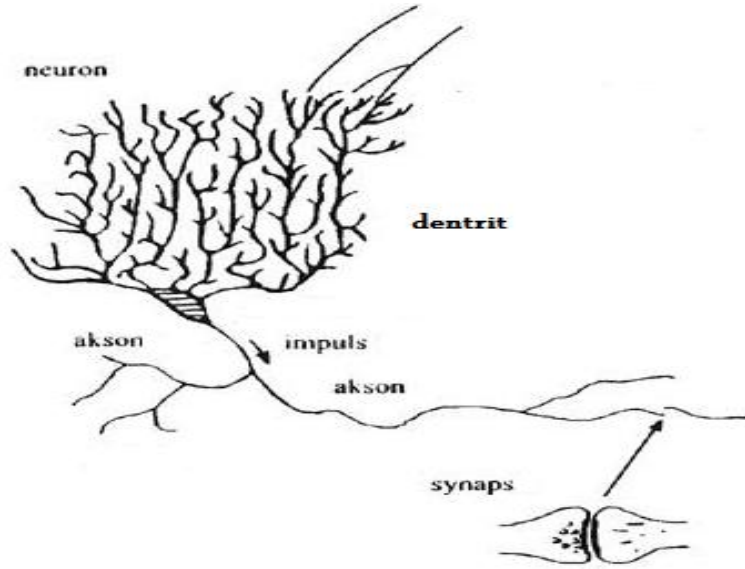
4.2.1. Yapay sinir ağlarının yapısı ve özellikleri

YSA çalışma prensibi olarak canlılardaki sinir sisteminin taklit edilmesidir. Dış ortamdaki değişikliklere karşı canlılara uyarılar gönderen sinir sistemi, sinir hücrelerinden meydana gelmiş bir yapıdır. Sinirler elektrokimyasal işaretleri

algılama, işleme ve iletme özellikleri de vardır. Sinir sistemini oluşturan bir sinir hücresi Şekil 4.8’de görülmektedir.

Sinir hücresi, hücre gövdesi, dendrit ve akson adı verilen uzantılardan meydana gelir. Dendritler bir kısım uzantılarla diğer sinir hücrelerinden aldığı işaretleri hücre gövdesine taşır Hücre gövdesinde giren işaretler değerlendirilerek diğer sinir hücrelerine iletmek üzere bir çıkış işareti üretilir ve bu işaretler akson adı verilen uzantılar vasıtasıyla diğer sinir hücresine gönderilir.

İki sinir hücresi arasında bağlantıya sinaps adı verilir. Sinapslar bir hücrenin dendriti ile diğerinin aksonu arasında bir bağlantı yeridir. Bu bağlantı yerinde sinirler birbirine bağlı değildir ve aralarında elektrokimyasal bir ilişki vardır. İki hücre arasında küçük bir bağlantı bulunmamasına rağmen iki sinir hücresi darbeleri iletmek için birbirine yeterince yakındır.



Şekil 4.8. Biyolojik Sinir Hücresi

- Dağıtık belleğe sahiptirler,
- Sadece nümerik bilgilerle çalışırlar

4.2.2.1. Yapay sinir ağlarının dezavantajları

YSA'nın birçok avantajına rağmen bazı olumsuz yönleri de vardır. Bu dezavantajlar:

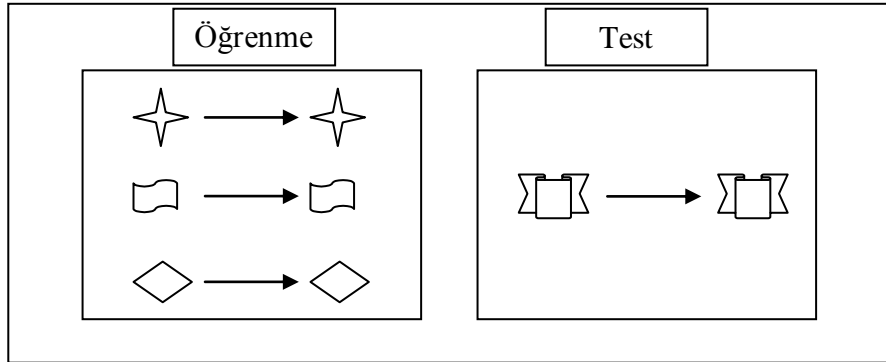
- Donanım bağımlı çalışmaları. Ağların temel özelliklerinden biri paralel işlemciler üzerinde çalışmalarıdır. Günümüzde kullanılan bilgisayar donanımları seri çalışacak şekilde tasarlanmışlardır. Paralel işlemler için seri işlemciler kullanmak ağın performansını olumsuz etkilemektedir.
- Problemin çözümü için en uygun ağ yapısının belirlenmesi, öğrenme katsayısı, her katmanda bulunan proses elemanı v.b. durumlar için bir kural olmayıp genellikle deneme yanılma yöntemi kullanılmaktadır. Bulunan çözümün en iyi çözüm olduğu ise hiçbir zaman garanti edilemez.
- Problemin ağa gösterilmesi de önemli bir problemdir. Problemin nümerik hale dönüştürülemeden ağa gösterilmesi imkansızdır. Problem çözülmeden önce uygun bir gösterim mekanizması geliştirilmelidir.
- Ağın eğitiminin ne zaman bitirileceğine karar vermek için bir yöntem olmaması.
- Ağın davranışlarının açıklanamaması.

4.2.2. Yapay sinir ağlarında öğrenme

YSA, diğer yapay zeka teknolojileri gibi makine öğrenmesini kullanmaktadır. Öğrenme kavramı birçok değişik şekilde tanımlanmakla beraber, Simon, tarafından önerilen tanım en sık kullanılan tanımdır. Simon, öğrenmeyi "*zaman içinde yeni bilgilerin keşfedilmesi yoluyla davranışların iyileştirilmesi süreci*" olarak tanımlamaktadır. Makine öğrenmesi ise öğrenme işleminin bilgisayarlar tarafından gerçekleştirilmesidir.

İnsanlar öğrenirken zaman içinde iyileşme sağlarlar, makine öğrenmesinde de amaç zaman içerisinde problemin çözümünde ve karar vermede elde edilen tecrübeler neticesinde iyileşme sağlanmasıdır.

YSA'da öğrenme de, sistemin bilgiler ile donatılması, örneklerle (pattern data) ile sağlanmaktadır. Sistem belli büyüklükte örnek almakta ve bu örneklerden bazı bilgilere ulaşmaktadır.



Şekil 4.9. Öğrenme ve Test Etme [25]

4.2.3.1. Öğrenme yöntemleri

YSA'nın öğrenme sürecinde, dış ortamdan gözle veya vücudun diğer organlarıyla uyarıların alınması gibi dış ortamdan girişler alınır, bu girişlerin beyin merkezine iletilerek burada değerlendirilip tepki verilmesi gibi YSA'da da aktivasyon fonksiyonundan geçirilerek bir tepki çıkışı üretilir. Bu çıkış yine tecrübeyle verilen çıkışla karşılaştırılarak hata bulunur. Çeşitli öğrenme algoritmalarıyla hata azaltılıp gerçek çıkışa yaklaşılmaya çalışılır. Bu çalışma süresince yenilenen YSA'nın ağırlıklarıdır. Ağırlıklar her bir çevrimde yenilerek amaca ulaşmaya çalışılır. Amaca ulaşmanın veya yaklaşmanın ölçüsü de yine dışarıdan verilen bir değerdir. Eğer YSA verilen giriş- çıkış çiftleriyle amaca ulaşmış ise ağırlık değerleri saklanır. Ağırlıkların sürekli yenilenip istenilen sonuca ulaşana kadar geçen zamana öğrenme adı verilir [28].

Daha önce belirtildiği gibi bir YSA'nın sahip olduğu bilgi, işlem elemanları arasındaki bağlantı hatları üzerinde saklanır ve ağırlıklar vasıtası ile gösterilir. Ağ, olaylar hakkında giriş ve çıkışlar arasındaki ilişkiyi, elde bulunan mevcut örneklerden genellemeler yaparak öğrenir ve bu genelleme ile yeni oluşan ve ortaya

çıkan daha önce hiç görülmemiş olaylar hakkında karar verir. Yani ağa, bir örnek olay gösterildiğinde, giriş katmanından alınıp ara katmanlarda işlenerek, ağın o olay hakkında ürettiği sonuç, çıkış katmanına sunulur. Bu bilgiyi işleme, ağın sahip olduğu tecrübeye göre, bilginin ara katmanlarda çağrıştırılması ile gerçekleştirilir. Bu çağrıştırma olayı modelden modele değişmektedir. Mesela, ara katmanlardaki işlem elemanları sahip oldukları bağlantılar ile kendi kararlarını üretir ve çıkış katmanındaki işlem elemanlarına gönderirler. Çıkış katmanındaki işlem elemanları da, yine ilgili ağırlıkları kullanarak ağın en son kararını oluştururlar. Bu ağırlıklar, tıpkı ilgili olayın belirli özelliklerini hafızada saklayan elemanlar gibi düşünülebilirler. Bilgi işleme ise (örüntü tanıma gibi), bir olay gösterildiğinde hafızadan ilgili özellikleri çağırarak ve bunlar ile ilgili girişleri birlikte analiz ederek karar vermek şeklinde yorumlanabilir.

Literatürde öğrenme yöntemleri olarak üç adet stratejiden bahsedilmektedir. Bunlar,

1. Öğretmenli Öğrenme
2. Destekleyici öğrenme
3. Öğretmensiz Öğrenme

Ayrıca birden fazla öğrenme yönteminin birlikte kullanıldığı karma stratejilerde kullanılmaktadır.

Öğretmenli öğrenme: sisteme bir öğretici tarafından destek verilmektedir. Öğretici, YSA'na problemle ilgili bilgileri nümerik hale getirerek verir. Sisteme verilen bilgiler ulaşılmaması istenilen değerlerle karşılaştırılırlar. Olması gerekenle, sistem çıktısı arasındaki çıktı hata olarak kabul edilir ve bu hatanın düzeltilmesi için tekrar işlem yapılır. Kabul edilebilir hata oranları yakalandığında ağ öğrenmiş anlamına gelmektedir.

Öğretmenli öğrenme sistemlerine en uygun örnek "çok katmanlı algılayıcı " ağlarıdır.

Destekleyici öğrenme, yönteminde ağa bir eğitici tarafından destek verilmektedir. Destekleyici girdiler için olması gereken çıktı değerleri yerine sistemin çıktısını

üretmesini bekler ve üretilen çıktının doğru yada yanlış olduğunu belirten bir sinyal üretir. Öğrenme süreci bu sinyallere göre devam eder. LVQ ağları destekleyici öğrenme stratejilerine en iyi örnektir.

Öğretmensiz öğrenme, yönteminde sistemin öğrenmesine yardımcı olan herhangi bir eğitici bulunmaz, sisteme sadece girdi değerleri nümerik olarak gösterilir, girdi parametreleri arasındaki ilişkileri sistemin kendi kendine öğrenmesi beklenir. İlişkilendirme, sınıflandırma gibi problemlerde bu sistem başarılı bir şekilde kullanılabilir. ART ağları öğretmensiz öğrenme için en uygun örnektir.

YSA çevrim içi ve çevrimdışı çalışma öğrenme durumlarına göre de ikiye ayrılmaktadır. Çevrim içi öğrenmede ağ bir taraftan öğrenmeye devam ederken diğer taraftan problem için çözüm üretmeye devam etmektedir. Çevrim dışı öğrenme de ise sistemler eğitildikten sonra kullanıma sunulmaktadır. Sistemin öğrenmesi gereken yeni bilgiler olduğunda sistem kullanımı durdurulup tekrar eğitildikten sonra kullanılmaya devam edilmektedir.

4.2.3.2. Yapay sinir ağlarında öğrenme kuralları

Öğrenme sistemlerinde kullanılan değişik öğrenme kuralları vardır. YSA da kullanılan bu öğrenme kurallarının çoğu Hebb kuralına dayanmaktadır.

Hebb Kuralı, Bilinen en eski öğrenme kuralıdır. Diğer öğrenme kurallarının temelini oluşturmaktadır.

1949 yılında geliştirilen bu kurala göre, bir hücre (YSA elemanı) diğer bir hücreden bilgi alırsa ve her iki hücrede aktif ise (matematik olarak aynı işareti taşıyorsa) her iki hücrenin arasındaki bağlantı kuvvetlendirilmelidir. Diğer bir deyişle bu kural şu şekilde özetlenebilir. Bir hücre kendisi aktif ise bağlı olduğu hücreyi aktif yapmaya pasif ise pasif yapmaya çalışmaktadır. Diğer öğrenme kurallarının çoğu bu felsefeyi temel alarak geliştirilmiştir.

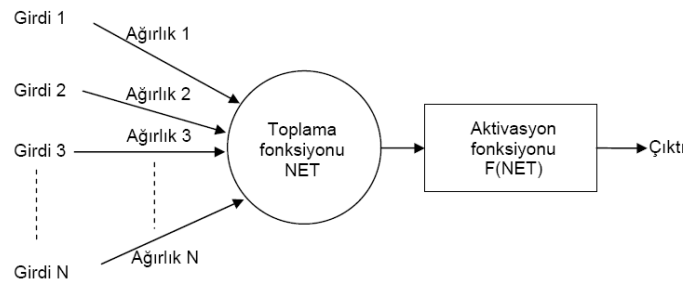
Hopfield Kuralı, Bu kural Hebb kuralına benzemektedir. YSA elemanlarının bağlantılarının ne kadar kuvvetlendirilmesi veya zayıflatılması gerektiği belirlenir. Eğer beklenen çıktı ve girdiler ikisi de aktif/pasif ise öğrenme katsayısı kadar ağırlık değerleri kuvvetlendir/zayıflat denmektedir. Yani, ağırlıkların kuvvetlendirilmesi veya zayıflatılması öğrenme katsayısı yardımı ile gerçekleştirilmektedir. Öğrenme katsayısı genel olarak 0–1 arasında kullanıcı tarafından atanan sabit ve pozitif bir değerdir.

Kohonen Kuralı, Ağın elemanları (hücreleri) ağırlıklarını değiştirmek için birbirleri ile yarışır. En büyük çıktıyı üreten hücre kazanan hücre olmakta ve bağlantı ağırlıkları değiştirilmektedir. Bu, o hücrenin yakınındaki hücelere karşı daha kuvvetli hale gelmesi demektir. Hem kazanan elemanların hem de komşuları sayılan elemanların (hücrelerin) ağırlıklarını değiştirmesine izin verilmektedir.

Delta Kuralı, Hebb kuralının biraz daha geliştirilmiş şeklidir. Bu kurala göre beklenen çıktı ile gerçekleşen çıktı arasındaki farklılığı azaltmak için YSA'nın elemanlarının bağlantılarının ağırlık değerlerinin sürekli değiştirilmesi ilkesine dayanarak geliştirilmiştir. Ağın ürettiği çıktı ile üretilmesi gereken (beklenen) çıktı arasındaki hatanın karelerinin ortalamasını azaltmak hedeflenmektedir.

4.2.3. Yapay sinir hücresi

Biyolojik sinir ağlarının sinir hücreleri olduğu gibi YSA da yapay sinir hücreleri vardır. Yapay sinir hücreleri mühendislik biliminde proses elemanları olarak da adlandırılmaktadır. Aşağıdaki şekilde de görüldüğü gibi her proses elemanının 5 temel elemanı vardır.



Şekil 4.10.Yapay Sinir Hücresinin Modeli

Girdiler: Bir yapay sinir hücresine (proses elemanına) dış dünyadan gelen bilgilerdir. Bunlar ağız öğrenmesi istenen örnekler tarafından belirlenir. Yapay sinir hücresine dış dünyadan olduğu gibi başka hücrelerden veya kendi kendisinden de bilgiler gelebilir.

Ağırlıklar: Ağırlıklar bir yapay hücreye gelen bilginin önemini ve hücre üzerindeki etkisini gösterir. Şekildeki Ağırlık 1, Girdi 1'in hücre üzerindeki etkisini göstermektedir. Ağırlıkların büyük ya da küçük olması önemli veya önemsiz olduğu anlamına gelmez. Bir ağırlığın değerinin sıfır olması o ağız için en önemli olay olabilir. Eksi değerler önemsiz demek değildir. O nedenle artı veya eksi olması etkisinin pozitif veya negatif olduğunu gösterir. Ağırlıklar değişken veya sabit değerler olabilirler.

Toplama Fonksiyonu: Bu fonksiyon, bir hücreye gelen net girdiyi hesaplar. Bunun için değişik fonksiyonlar kullanılmaktadır. En yaygın olanı ağırlıklı toplama bulmaktır. Burada her gelen girdi değeri kendi ağırlığı ile çarpılarak toplanır. Böylece ağız gelen net girdi bulunmuş olur. Bu şu şekilde formülize edilmektedir.

$$NET = \sum_{i=1}^n G_i A_i$$

Burada G girdileri, A ağırlıkları, n ise bir hücreye gelen toplam girdi (proses elemanı) sayısını göstermektedir. Yalnız YSA'da daima bu formülün kullanılması şart değildir. Uygulanan YSA modellerinden bazıları kullanılacak toplama fonksiyonunu belirleyebilmektedir. Literatürde yapılan araştırmalarda toplama fonksiyonu olarak değişik formüllerin kullanıldığı görülmektedir. Tablo 2.1'de değişik toplama fonksiyonlarına örnekler verilmektedir. Görüldüğü gibi bazı durumlarda gelen girdilerin değeri dikkate alınırken bazı durumlarda ise gelen girdilerin sayısı önemli olabilmektedir. Bir problem için en uygun toplama fonksiyonunu belirlemek için bulunmuş bir formül yoktur. Genellikle deneme yanılma yolu ile toplama fonksiyonu belirlenmektedir. Bir YSA da bulunan proses elemanlarının tamamının aynı toplama fonksiyonuna sahip olmaları gerekmez. Her proses elemanı bağımsız olarak farklı bir toplama fonksiyonuna sahip olabilecekleri gibi hepsi aynı proses elemanına sahip olabilir. Hatta ağız bazı proses elemanları

grup halinde aynı toplama fonksiyonuna sahip olabilir. Diğerleri ise farklı fonksiyonlar kullanabilirler. Bu tamamen tasarımcının kendi öngörüsüne dayanarak verdiği karara bağlıdır.

Tablo 4.1. Toplama Fonksiyonu Örnekleri

Net Giriş	Açıklama
<p><i>Çarpım</i> $Net\ Girdi = \prod_i G_i A_i$</p>	Ağırlık değerleri girdiler ile çarpılır ve daha sonra bulunan değerler birbirleri ile çarpılarak net girdi hesaplanır.
<p><i>Maksimum</i> $Net\ Girdi = Max(G_i A_i), i = 1 \dots n$</p>	n adet girdi içinden ağırlıklar ile çarpıldıktan sonra en büyüğü yapay sinir hücresinin net girdisi olarak kabul edilir.
<p><i>Minimum</i> $Net\ Girdi = Min(G_i A_i), i = 1 \dots n$</p>	n adet girdi içinden ağırlıklar ile çarpıldıktan sonra en küçüğü yapay sinir hücresinin net girdisi olarak kabul edilir.
<p><i>Çoğunluk</i> $Net\ Girdi = \sum_i sgn(G_i A_i)$</p>	n adet girdi içinden ağırlıklar ile çarpıldıktan sonra pozitif ve negatif olanların sayısı bulunur. Büyük olan sayı hücrenin net girdisi olarak kabul edilir.
<p><i>Kümülatif Toplam</i> $Net\ Girdi = Net(eski) + \sum_i^n G_i A_i$</p>	Hücreye gelen bilgiler ağırlıklı olarak toplanır ve daha önce gelen bilgilere eklenerek hücrenin net girdisi bulunur.

Aktivasyon Fonksiyonu: Bu fonksiyon, hücreye gelen net girdiyi işleyerek hücrenin bu girdiye karşılık üreteceği çıktıyı belirler. Toplama fonksiyonunda olduğu gibi aktivasyon fonksiyonunda da çıktıyı hesaplamak için değişik formüller kullanılmaktadır. Bazı modeller (mesela çok katmanlı algılayıcı) bu fonksiyonun türevinin alınabilir bir fonksiyon olmasını şart koşmaktadır. Toplama fonksiyonunda olduğu gibi aktivasyon fonksiyonunda da ağırlık elemanlarının hepsinin aynı fonksiyonu kullanması gerekmez. Bazı elemanlar aynı fonksiyonu diğerleri farklı fonksiyonları kullanabilirler. Bir problem için en uygun fonksiyonda yine tasarımcının denemeleri sonucunda belirleyebileceği bir durumdur. Uygun fonksiyonu gösteren bir formül bulunmuş değildir. Günümüzde en yaygın olarak kullanılan çok katmanlı algılayıcı modelinde genel olarak aktivasyon fonksiyonu

olarak sigmoid fonksiyonu kullanılmaktadır. Bu fonksiyon şu formül ile gösterilmektedir.

$$F(NE\text{T}) = \frac{1}{1 + e^{-NE\text{T}}}$$

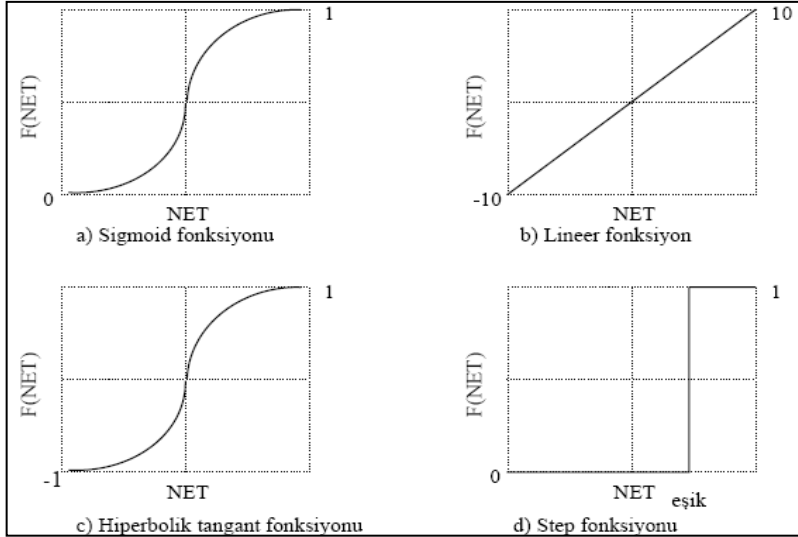
Burada NET, proses elemanına gelen NET girdi değerini göstermektedir. Bu değer toplama fonksiyonu kullanılarak belirlenmektedir.

Aktivasyon fonksiyonu olarak kullanılacak olan diğer fonksiyonlara örnekler ise aşağıdaki tabloda verilmiştir:

Tablo 4.2. Aktivasyon Fonksiyonu Örnekleri

Aktivasyon Fonksiyonu	Açıklama
Lineer Fonksiyon $F(NE\text{T})=NE\text{T}$	Gelen girdiler olduğu gibi hücrenin çıktısı olarak kabul edilir.
Step Fonksiyonu $F(NE\text{T}) = \begin{cases} 1 & \text{eğer } NE\text{T} > \text{eşik değeri} \\ 0 & \text{eğer } NE\text{T} \leq \text{eşik değeri} \end{cases}$	Gelen NET girdi değerinin belirlenen bir eşik değerinin altında veya üstünde olmasına göre hücrenin çıktısı 1 veya 0 değerlerini alır.
Sinüs Fonksiyonu $F(NE\text{T}) = \text{Sin}(NE\text{T})$	Öğrenilmesi düşünülen olayların sinüs fonksiyonuna uygun dağılım gösterdiği durumlarda kullanılır.
Eşik Değer Fonksiyonu $F(NE\text{T}) = \begin{cases} 0 & \text{eğer } NE\text{T} \leq 0 \\ NE\text{T} & \text{eğer } 0 < NE\text{T} < 1 \\ 1 & \text{eğer } NE\text{T} \geq 1 \end{cases}$	Gelen bilgilerini 0 veya 1'den büyük veya küçük olmasına göre bir değerler alır. 0 ve 1 arasında değerler alabilir. Bunların dışında değerler alamaz.
Hiperbolik Tanjant Fonksiyonu $F(NE\text{T}) = \frac{e^{NE\text{T}} - e^{-NE\text{T}}}{e^{NE\text{T}} + e^{-NE\text{T}}}$	Gelen NET girdi değerinin tanjant fonksiyonundan geçirilmesi ile hesaplanır.

En çok kullanılan dört tane aktivasyon fonksiyonu vardır. Bunlar sigmoid, lineer, hiperbolik tanjant ve step fonksiyonudur. Aşağıdaki şekilde bu fonksiyonlar gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Aktivasyon Fonksiyonları

Hücrenin Çıktısı: Aktivasyon fonksiyonu tarafından belirlenen çıktı değeridir. Üretilen çıktı dış dünyaya veya başka bir hücreye gönderilir. Hücre kendi çıktısını kendisine girdi olarak da gönderebilir

4.2.4. Yapay sinir ağları çeşitleri

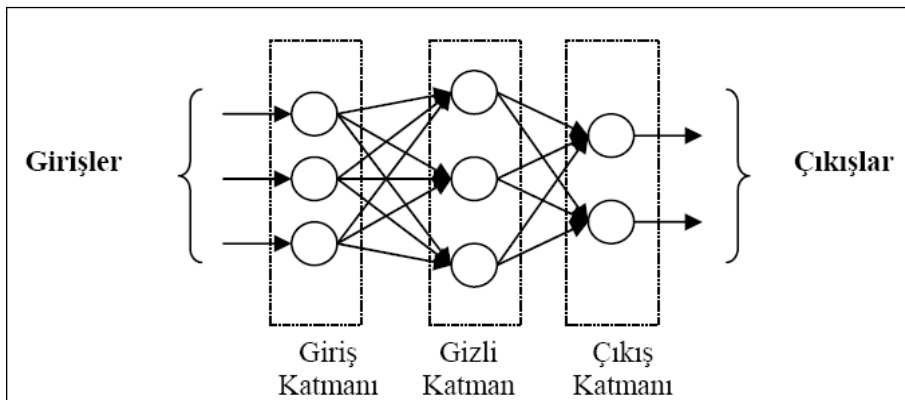
YSA'nın görevlerini gerçekleştirmede, sahip oldukları fiziksel yapının da önemi vardır. Bugün 50'ye yakın farklı yapılanma görülmekte ve bu sayı her geçen gün artmaktadır. Farklı yapılaşma, işlem elemanlarının birbirleri ile olan bağlantılarından ve uygulanan öğrenme kuralından kaynaklanmaktadır. İşlem elemanları ya tamamen birbirleri ile bağlantılı veya yerel olarak gruplar halinde bağlantılı olabildikleri gibi değişik şekilde de birbirleri ile bağlanabilmektedirler. Bilgi akışı bu bağlantılar üzerinden tek yönlü olduğu gibi, çift yönlü de olabilir. Bir grup işlem elemanı bir araya gelerek bir katman oluştururlar. Genel itibariyle YSA'da 3 tür katman bulunur. Sinir ağının dış dünya ile bağlantısını kuran girdi katmanı, gelen bilgileri işleme kabiliyetine sahip ara katmanlar ve sinir ağının kararlarını dış dünyaya aktaran bir çıkış katmanı. Giriş katmanında çoğu zaman bilgi işleme söz konusu olmaz. Bu katmandaki işlem elemanları aldıkları bilgiyi herhangi bir değişikliğe uğratmadan ara katmandaki işlem elemanlarına aktarırlar. Burada sözü edilen bilgi, sinir ağının işlem elemanları arasındaki bağlantı hatları üzerinde bulunan ağırlıklarla ifade edilir.

Dolayısıyla bilgi, bütün ağa dağıtılmış demektir. Bu bilgiler, YSA'nın belleğidir veya diğer bir deyişle YSA eğitildikten sonra kullanılacağı sistem için bir veri tabanıdır.

Araştırmacılar birçok farklı yapay sinir ağ modelleri yapmışlar ve bunları eğitmek için birçok algoritma geliştirmişlerdir. Bu ağ modellerinin birçoğu biyolojik sinirlerden esinlenerek veya en azından biyolojik olarak geçerli kabul edilmiştir. Bu modellerin her biri belli uygulama alanlarında başarılı olmuşlardır.

Geri yayılım ağı:

Geri yayılım ağı, 1970'lerin başında geliştirilmiş, en popüler, en etkili ve karmaşık, tanımlanamamış problemlere doğrusal olmayan çözümler getirebilen bir ağ çeşididir. Geriye yayılma ağı, günümüzde pek çok disiplinde, özellikle mühendislikte en çok kullanılan ağ çeşididir. Bunun en büyük nedeni öğrenme kapasitesinin yüksek ve algoritmasının basit olmasıdır. Bu ağ; hataları geriye doğru çıkıştan girişe azaltmaya çalışmasından dolayı geri yayılım ismini almıştır. Geri yayımlı öğrenme kuralı ağ çıkışındaki mevcut hata düzeyine göre her bir tabakadaki ağırlıkları yeniden hesaplamak için kullanılmaktadır. Tipik bir geri yayılım ağının, bir girdi katmanı, bir çıktı katmanı ve en az bir gizli katmanı vardır. Gizli katmanların sayısı için teorik olarak bir sınırlama yoktur. Yapılan bazı çalışmalar, herhangi bir derecede karmaşıklığa sahip problemleri çözmek için en az dört katman (üç gizli katman ve bir çıktı katmanı) bulunması gerektiğini göstermiştir. Şekil 2.4'de bir geri yayılım ağ örneği görülmektedir.



Şekil 4.12. Örnek YSA Modeli

Sinir ağlarında kaç tane gizli katman kullanılacağı ve her bir gizli katmanda kaç nöron olacağı bugüne kadar belirlenememiştir, probleme göre değişen bu nitelikler deneme-yanılma yoluyla bulunur.

Geri yayılım ağlarında katman sayısı ve her katmandaki düğüm sayısının seçilmesinde kesin bir yöntem yoktur ve sadece takip edilecek genel kurallar bulunmaktadır.

Kural 1: Girdi verisi ve istenilen çıktı arasındaki ilişkinin karmaşıklığı artınca, gizli katmanlardaki işleme elemanlarının sayısı da artmalıdır.

Kural 2: Eğer ele alınan süreç birçok aşamalara ayrılabilirse, fazla sayıda gizli katman kullanılmalıdır.

Kural 3: Ağda kullanılan eğitim verisinin miktarı, gizli katmanlardaki işleme elemanlarının sayısı için üst bir sınır oluşturmaktadır.

Bir ağ oluşturmak için yukarıdaki belirtilen kurallar uygulandıktan hemen sonra, öğretim süreci başlar. Bu süreçte eğitim verisi ağın giriş katmanına uygulanır ve istenen çıktılar çıkış katmanında karşılaştırılır. Öğrenme süreci esnasında, ağ boyunca bir ileri tarama yapılır ve bir düğümün çıktısı katman katman hesaplanır. En son katmanın çıktısı ve istenilen çıktı arasındaki fark, genellikle aktarım işlevinin türevi tarafından değiştirilen bir önceki katmana geri yayılır ve bağlantı bağıl değerleri Delta kuralını kullanarak ayarlanır.

Geriye yayılma algoritması birbirine bağlı sabit üniteli ve çok katmanlı ağlar için ağırlıkların bulunmasında kullanılan bir algoritmadır. Bu algoritmanın temel prensibi çıkış için hedef değerleri ile ağ çıkışındaki değerler arasındaki hatayı minimize etmeye çalışmaktır.

Geri yayılım çok katmanlı ağlarda kullanılan delta kuralı için geliştirilmiştir bir algoritmadır. Bu algoritma çok katlı ağlarda hesap işlerini öğrenmede kullanılabilmektedir. Geri yayılım ağında hatalar, ileri besleme aktarım işlevinin

türevi tarafından, ileri besleme mekanizması içinde kullanılan aynı bağlantılar aracılığıyla, geriye doğru yayılmaktadır. Öğrenme işlemi, bu ağda basit çift yönlü hafıza birleştirmeye dayanmaktadır.

Delta bar delta ağı:

Delta bar delta ağı, bir geri yayılım ağı olarak aynı mimariden yararlanmaktadır. Delta bar delta ağının farklılığı, yalnızca kendine has algoritmik öğrenme metodudur. Delta bar delta, Robert Jacobs tarafından, standart ileri beslemeli, geri yayılım ağlarının öğrenme oranını iyileştirmek amacıyla geliştirilmiştir.

Bu algoritmaya doğrudan uygulayan kurallar ileri doğru düzdür ve uygulaması kolaydır. Her bir bağlantı bağıl değerinin kendi öğrenme oranı vardır. Bu öğrenme oranları, standart geri yayılım ile birlikte bulunan mevcut hataya bağılı olarak değişir. Bağlantı bağıl değeri değiştiğinde, eğer bölgesel hata çeşitli ardıl zaman adımları için aynı sinyale sahipse, o bağlantının öğrenme oranı doğrusal olarak artırılır. Doğrusal olarak arttırma, öğrenme oranlarının çok büyük ve çok hızlı hale gelmesini önler. Bölgesel hata sinyalleri sık sık değiştirildiğinde, öğrenme oranı geometrik olarak azaltılır. Geometrik olarak azaltma, bağlantı öğrenme oranlarının her zaman pozitif olmasını sağlar. Dahası, bu oranlar, hatadaki değişikliğin büyük olduğu bölgelerde daha hızlı bir şekilde azaltılabilir.

Genişletilmiş delta bar delta ağı:

Minai ve Williams, genişletilmiş delta bar delta algoritmasını Jacobs'un çalışmasının doğal bir uzantısı olarak geliştirmişlerdir. Burada, delta bar delta öğrenme oranı artışına bir üst eksilmesi uygulayıp, momentum unsurunu yeniden buna ekleyip, öğrenme oranı ve momentum katsayısına bir ek koyarak geliştirmişlerdir.

Her bir bağıl değer için öğrenme oranı ve momentum oranı, bunların artış ve azalmalarını kontrol eden ayrı sabitlere sahiptir. Bir kez daha, mevcut hata sinyali, bir artışın mı yoksa bir azalmanın mı uygun olduğunu belirtmek için kullanılır. Azalma ayarlaması, delta bar delta ile aynı şekilde sahiptir. Ancak, öğrenme oranı ve

momentum oranı artışları, tartılmış eğim unsurların büyüklüğünün üs rakamlara dayanarak düşen işlevleri olmak üzere değiştirilirler. Böylece, büyük artışlar, büyük eğilmelere değil de, küçük yokuş ya da eğilme alanlarına uygulanır. Bu, delta bar delta zıplama problemine kısmi bir çözüm oluşturur.

Bağıl değerlerdeki büyük zıplamaları ve titreşmeleri önlemek amacıyla atılan bir sonraki adım ise, azami sınırların bireysel bağlantı öğrenme oranları ve momentum oranları üzerine yerleştirilir ve düzeltme özelliği olan bir hafıza algoritma içine kurulur. Bunu kullanırken, eğitim verisinin her bir devir sunumundan sonra, biriken hata değerlendirilir. Eğer hata önceki en az hatadan daha az ise, bağıl değerler hafızaya mevcut en iyiler olarak kaydedilir. Bir tolerans değişkeni düzeltme fazını kontrol eder. Özellikle, eğer mevcut hata önceki en az hatadan fazla ise, tolerans değişkeni ile değiştirilerek, bütün bağlantı bağıl değerleri hafızadaki kaydedilmiş en iyiler dizisine tahmini olarak dönerler. Dahası, öğrenme oranları ve momentum oranları, düzeltme sürecini başlatmak için azaltılırlar.

Hopfield ağı :

1982'de John Hopfield tarafından geliştirilen bir ağıdır. Hopfield ağında ikili değerler kullanılır. Hopfield ağı genellikle diğer ağ örneklerini kapsamaktadır.

Hopfield ağ topolojisi diğer ağlardan farklıdır. Hopfield ağında, bir giriş süzme katmanı, bir Hopfield katmanı ve bir çıkış katmanı olmak üzere 3 katman kullanılmasına rağmen farklı katmanlar yoktur. Bu ağda her düğüm diğer tüm düğümlere bağlıdır. Ayrıca, bağlantılar çift yönlüdür (bilgi her iki yönde akar) ve simetriktir. Her iki yönde akan veriye uygulanan ve her bağlantı için hesaplanan bir ağırlık değeri vardır.

Hopfield ağı, bir geri yayımlı (BackPropagation) ağın eğitildiği gibi eğitilmez. Bunun yerine, Specht'in olasılıksal sinir ağına benzer ve örnek desen grupları seçilir, ağın ağırlıklarının başlangıç değerlerini saptamak için kullanılır. Bu bir kere yapıldıktan sonra herhangi bir desen ağa sunulur ve bu da giriş desenine en çok

benzeyen örnek desenlerden biriyle sonuçlandırılır. Çıkış deseni, birimlerin durumlarına bakılarak ağdan okunabilir.

Boltzman makinesi:

Hinton ve Sejnowski (1983) tarafından oluşturulmuş bir ağıdır. Boltzman makinesi olasılıksal katılımlıdır ve geri besleme bağıntıları Hopfield ağına benzemektedir. Boltzman makinesi Hopfield ağına ilave olarak özgün modelleme tekniğinde benzer işlev ve işlemleri kullanırlar. Boltzman makinesi model seviyelerini araştırıp durum uzayında kavramları benzeterek birleştirmiştir.

Hamming ağı:

Hamming ağı Hopfield ağının bir genişletilmesidir. Bu ağ Richard Lippman tarafından 1980'lerin ortalarında geliştirilmiştir. Hamming ağı giriş vektörleri için en az ikili sayı hatasının temel sınıflandırılmasını yerine getirmektedir, burada Hamming tarafından hata aralığı tanımlanmaktadır. Hamming ağının üç seviyesi vardır. Hamming ağı bir giriş seviyesi ile birçok düğümler kullanır. Bir Hamming ağının öğrenmesi Hopfield yöntemlerine benzemektedir. Burada çıkış sabitleri sadece çıkış kategorisine değil aynı zamanda giriş vektörüne de ait olurlar. Tekrar edilen yapı Hopfield seviyesinde bütün bağlantı yüklerinde ortalama bir düzelme sağlar.

Hamming ağı Hopfield ağına göre belirgin üstünlüklere sahiptir. Hamming ağı en az hata sınıfında en uygun durumda çalışır. Hamming ağının giriş bit hataları gelişigüzel ve birbirinden bağımsızdır. Hamming ağı, Hopfield ağına göre daha çabuk ve doğru sonuç verir.

Olasılıksal sinir ağları:

Olasılıksal sinir ağları 1988'de Donald Specht tarafından geliştirilmiştir. Olasılıksal sinir ağları bir kalıp katman dahilinde dağıtım işlevini geliştirmek için danışmanlı bir eğitim dizisi kullanır. Hatırlama kipinde bu işlevler öğrenilmiş bir kategori veya

sınıfın parçası olan bir girdi özelliği vektörünün benzerliğini tahmin etmek için kullanılır. Öğrenilen kalıplar, verilen bir girdi vektörü için en uygun sınıfı belirleyecek her bir kategorinin, aynı zamanda nispi sıklık olarak da adlandırılan, bir ön olasılığı vasıtasıyla birleşebilir veya ölçülebilir. Eğer kategorilerin nispi sıklığı bilinmiyorsa bu durumda tüm kategoriler eşit derecede uygun farz edilir ve kategorinin belirlenmesi yalnızca, girdi özellik vektörünün bir sınıfın dağıtım işlevine yakınlığı temel alınarak gerçekleştirilir.

Uyarlanır Rezonans Ağı (ART Ağları) :

Uyarlanır rezonansa dayanan giriş verilerinin kategorilerini bu ağ oluşturmaktadır. Uyarlanır rezonans ağ, 1970'lerin ortalarında Stephen Grossberg tarafından geliştirilmiştir. Bu topoloji biyolojik olarak makuldür ve danışmansız öğretim işlevini kullanır. Bu sistem belirgin giriş verisini analiz eder ve muhtemel özellikleri kontrol eder veya giriş vektörü içindeki karakteristikleri sınıflandırır.

Bu ağ diğer birçok örnek ağlar için bir temel oluşturur. Uyarlanır rezonans ağların kalbini giriş ve çıkış katmanlarının arasına yerleştirilmiş işlemci elementlerin karşılıklı birleştirilmiş iki katmanı oluşturmaktadır. Düşük rezonans katmanına bağlı her bir giriş modeli, yüksek katmandan düşük katmana bir sonraki girişi etkilemek üzere gönderilecek bir beklenen modele yol açmaktadır. Bu da modeller arasındaki ağ uyumunu kolaylaştırmak için düşük ve yüksek katmanlar arasındaki rezonansı oluşturur.

Ağ normalde biyolojik modellemede kullanılır. Bununla birlikte bazı mühendislik uygulamaları da vardır. Bu ağ yapısının en büyük sınırlaması gürültüye olan duyarlılığıdır. Giriş vektördeki küçük miktarda bir gürültü bile iyi bir ağın model eşleme yeteneğini karıştırmaktadır.

BÖLÜM 5. KONUTLARDA ISITMA İHTİYACININ YAPAY ZEKA TEKNİKLERİ İLE ANALİZİ

5.1. Isıtma İhtiyacını Etkileyen Faktörlerin Yapay Zeka Teknikleri İle Belirlenmesi

Bir önceki bölümde açıklanan YZ teknolojileri ile, klasik problem çözme yöntemlerine göre daha az bilgi ile de kabul edilebilir çözümler üretebilmektedir.

Bina enerji tüketimi ile yapılabilecek hesaplamalar;

1. Binanın tahmini enerji ihtiyacı (teorik tüketim),
2. Binanın gerçekleşen enerji tüketimi (reel tüketim),
3. Binanın gerçekleştirilmesi gereken tüketimi şeklindedir.

Tahmini enerji ihtiyacı için genelde, enerji tüketen sistemlerle ilgili ulusal ve uluslararası standartlarda belirlenen hesaplama metodları kullanılmaktadır. Örneğin ısıtma ihtiyacı için TS825 standardı, soğutma ihtiyacı için bir çok yöntem ve standart kullanılmaktadır.

Daha önceden de belirtildiği gibi, bu hesaplamalar binanın yapımı ve enerji performansının belirlenmesinde kullanılmaktadır. Ancak Tablo 2.1’de belirtilen farklı enerji seviyeleri için ve diğer hesaplamalar (reel tüketim, tasarruf potansiyelinin belirlenmesi, problemlerin belirlenmesi v.b.) bir çok farklı hesaplama ve analizlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu konuda da en önemli araç enerji yöneticileri tarafından yapılan enerji etütleridir.

Gerek teorik tüketim veya sınıflandırma hesaplamaları, gerekse de enerji etütleri birebir ölçekte yapılan ve uzmanlık gerektiren ve zaman alan çalışmalardır. Yerel seyide enerji alanında çalışan bir planlama elemanının çalışma ölçeğinde ise binlerce

bina vardır ve her bir bina için mühendislik ölçümlerini yapma imkanına sahip değildir. Yapay zeka teknolojileri ve istatistik yöntemler birlikte kullanılarak bölgesel planlama ve analiz çalışmaları yapmak birebir ölçüm yapmaktan çok daha kolay olacaktır. Ayrıca kullanıcı ölçeğinde de, enerji etüdü yapmadan hızlı karar verme ve tasarruf potansiyelini belirlemek için yapay zeka teknolojileri kullanmak çok efektif olacaktır.

Şekil 3.28’te binalarda enerji tüketimini etkileyen tüm faktörler gösterilmektedir. Klasik mühendislik hesaplamaları ile tüm faktörleri bir araya getirerek tüketim hesabı yapmak çok zordur, bunun aksine YZ ile insan davranışlarını ve binanın yapısal özelliklerini bir araya getirmek, kabul edilebilir bir sonuç elde etmek mümkündür.

Yukarda bahsedilen tüm hesaplar için birçok YZ teknolojisi kullanarak, farklı farklı hesaplama yöntemleri gerçekleştirmek mümkündür. Burada önemli olan oluşturulan modelin ne amaçla ve nerede kullanılacağıdır.

Bu çalışmada Sivas iline ait 60 adet binanın TS825 ısıtma ihtiyacı hesabı verileri kullanılarak, aynı binaların ısıtma ihtiyacının YZ teknikleri ile modellenmesi ve elde edilen sonuçların değerlendirilmesi yapılacaktır.

5.1.1. Isıtma ihtiyacını etkileyen faktörlerin bulanık mantık yöntemleriyle belirlenmesi

Binaların ısıtma ihtiyacı, ısı ve termodinamik bilim dalı hesaplama yöntemlerinden türetilmiş formüllere göre yapılmaktadır. Bölüm 3’te ısıtma ihtiyacı ile ilgili hesaplama yöntemleri ayrıntılı şekilde açıklanmıştır.

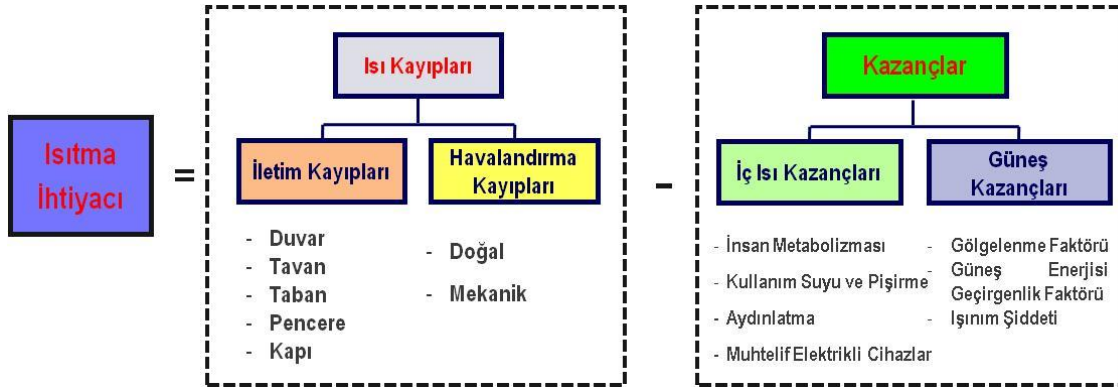
TS825 hesaplama metodu ile hesap yapabilmek için bina ile ilgili yapı malzemesi ve yapısal özelliklerin bilinmesi gerekmektedir. Kullanıcılar oturdukları binaların enerji açısından durumları hakkında çoğu kez bilgi sahibi değildirler. Örneğin;

- Binanızda kullanılan, duvarlar malzemeler,

- Isı kaybeden yüzey alanları,
- Hangi derece gün bölgesinde buldukları,
- Işınım değerleri,

gibi ısıtma hesaplarında kullanılacak bilgi kullanıcılar tarafından bilinmez. Ama binanın yapıldığı tarih, yapım metodu, güneş alma durumu gibi sorulacak birçok soruya cevap almak mümkündür. Sorulacak bu tip sorularla bina enerji tüketim karakteristiğini belirleyebiliriz.

Aşağıdaki şekilde binalardaki ısıtma ihtiyacı için hesaba katılması gereken faktörler görülmektedir.



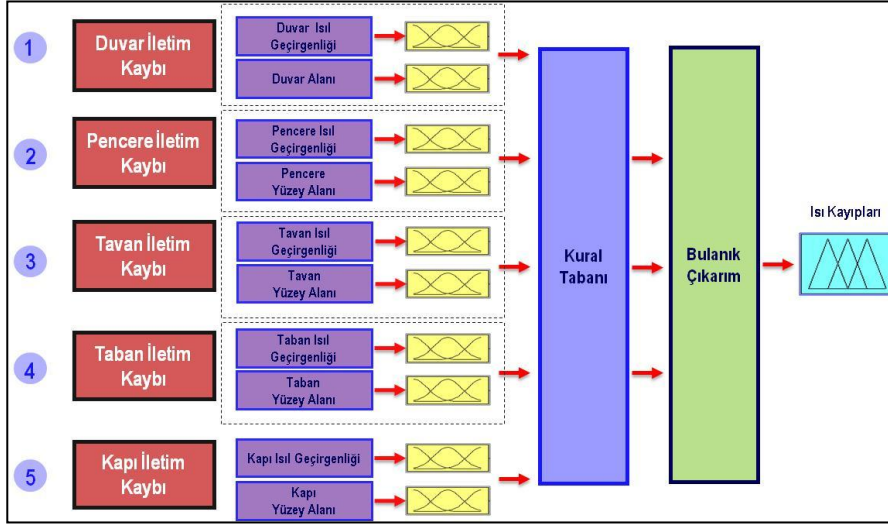
Şekil 5.1. Binalarda Isıtma İhtiyacı Parametreleri

Isıtma ihtiyacı hesaplarında Sivas Belediyesinden alınan 48 adet binanın yapısal bilgileri kullanılmış, yapılan incelemeler neticesinde ısı kayıpları ve kazançları dataları, NCSS istatistik yazılımı kullanılarak bulanık kümeleme (Fuzzy Clustering) analizleri yapılmış ve elde edilen sonuçlara göre dilsel değişkenler tanımlanmıştır.

5.1.1.1. İletim kayıpları

Bu bölümde ise ısıtma ihtiyacı için klasik hesaplama yöntemleri için alternatif bir yöntem önerilecektir.

Şekil 5.2’de ısı kayıpları için önerilen model görülmektedir. TS825 hesap metodu incelendiğinde yapı malzemesinin ısıl geçirgenliği ve ısı kaybeden yüzey alanı, en önemli parametre olarak görülmektedir.



Şekil 5.2. Binalardaki Isı Kayıplarını Hesaplayan Bulanık Mantık Model

Binalarda iletim yoluyla ısı kayıpları duvar, pencere, tavan, taban ve kapıdan gerçekleşmektedir. Binalardaki ısı kaybeden yüzeylerin ısıl geçirgenlik(U), ve ısı kaybeden yüzey alanları (A) giriş değişkeni, ısı kayıpları (H) ise çıkış değişkeni olarak tanımlanmış, bu değişkenlerin bulanık kümelenme (Fuzzy Clustering) analizleri yapılarak, elde edilen sonuçlara göre dilsel değişkenler tanımlanmıştır.

5.1.1.2. Havalandırma kayıpları

TS825 hesaplamalarında havalandırmadan kaynaklanan ısı kayıpları mekanik havalandırma ve doğal havalandırma için farklı metotlarla yapılmaktadır ve önceki bölümlerde ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Havalandırma kayıpları için yapılan hesaplamalar kolay olması için bazı basitleştirmelere gidilerek, sabit değer ve katsayılar kullanılmıştır. bu durum hesaplama yönteminin doğrusal hale getirmiştir. Aşağıda örnekte doğal havalandırma yapılan binadaki ısı kaybı formülünü basitleştirilmesi anlatılmaktadır.

Doğal havalandırma için ısı kaybını hesapladığımız formül, “Bölüm 3.1.1.1 de verilmişti. Isıtılan hacim için brüt hacim için 0,8 dönüşüm katsayısı kullanılmış, r.c değeri içinde ampirik değer kullanılarak formül basitleştirilerek doğrusal bir hesaplama yapılmıştır. (r.c değeri için 20 °C ve 100 kPa şartları için entalpi artışı ihmal edilerek 0,33 alınmıştır).

Formüldeki "nh" için ise millî veya milletlerarası yetkili kuruluşlardan verilmiş uygunluk belgesine sahip firmaların pencere sistemlerinin kullanılması halinde $nh=1.0$,diğer pencere sistemleri için $nh=2.0$ alınmaktadır .

Formüldeki basitleştirmeler neticesinde yeni formül,

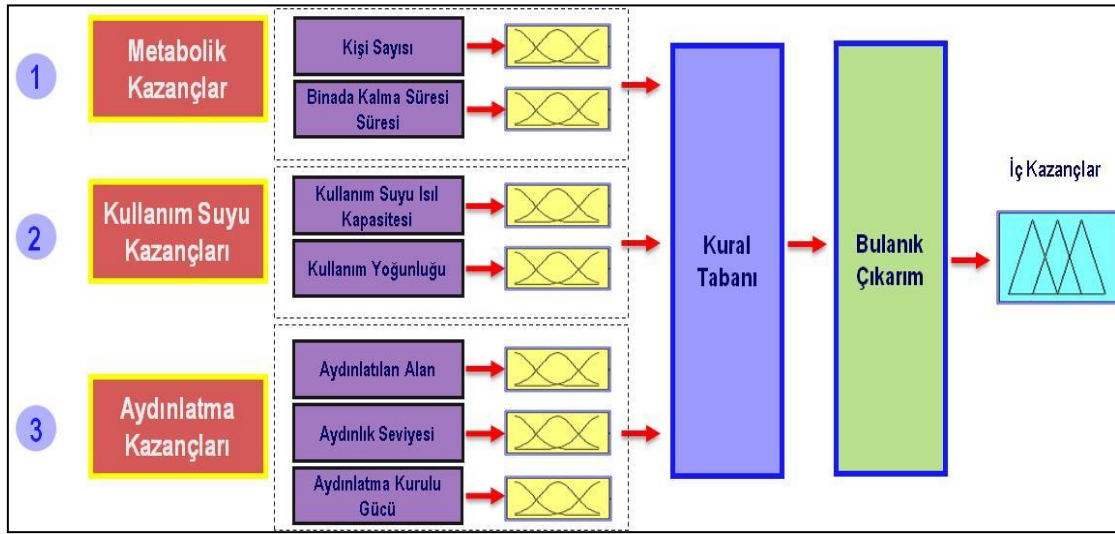
$$H_h = V_{brüt} * 0,8 * 0,33 * nh \text{ olarak hesaplanmaktadır.}$$

Sonuç olarak, ısı kaybı ihtiyacı her şeyden önce bir tahmin hesabı olduğundan, hiçbir zaman gerçek değerlerle aynı sonucu vermesi beklenemez. Havalandırma kayıpları için bulanık mantık ve yapay zeka teknolojileri kullanılarak bir çok model oluşturulabilir, ancak tez çalışmasının amacı tüm faktörler için bir model oluşturmak değil bakış açısı getirmektir. Ayrıca test için kullanacağımız gerçek değerler TS825 ısıtma ihtiyacı sonuçlarından alınan değerler olacağından, havalandırma kayıpları için bulanık mantık kullanılmayacak, TS825'te kullanılan doğrusal model sonuçları kullanılacaktır.

5.1.1.3. İç ısı kazançları

Binalarda iç ısı kaynakları incelendiğinde birçok faktör göze çarpmaktadır. Bu faktörler,

- İnsanlardan kaynaklanan metabolik ısı kazançları,
- Sıcak su sisteminden kaynaklanan ısı kazançları,
- Yemek pişirme işleminden kaynaklanan ısı kazançları,
- Aydınlatma sisteminden kaynaklanan ısı kazançları,
- Binalarda kullanılan muhtelif elektrikli cihazlardan kaynaklanan ısı kazançları.



Şekil 5.3. Binalardaki İç Isı Kazançları İçin Bulanık Mantık Model

Yukarıdaki şekilde iç ısı kazançları için önerilen Bulanık Mantık Model görülmektedir. Modelin test edilebilmesi için yapısal bilgilerin haricinde bina kullanımı ile ilgili bir takım bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bilgiler,

- Binadaki kişi sayısı
- Binanın kullanım süresi
- Kullanım suyu kapasitesi
- Kullanım suyu yoğunluğu
- Aydınlatılan alan
- Aydınlik Seviyesi
- Aydınlatma Kurulu Güç

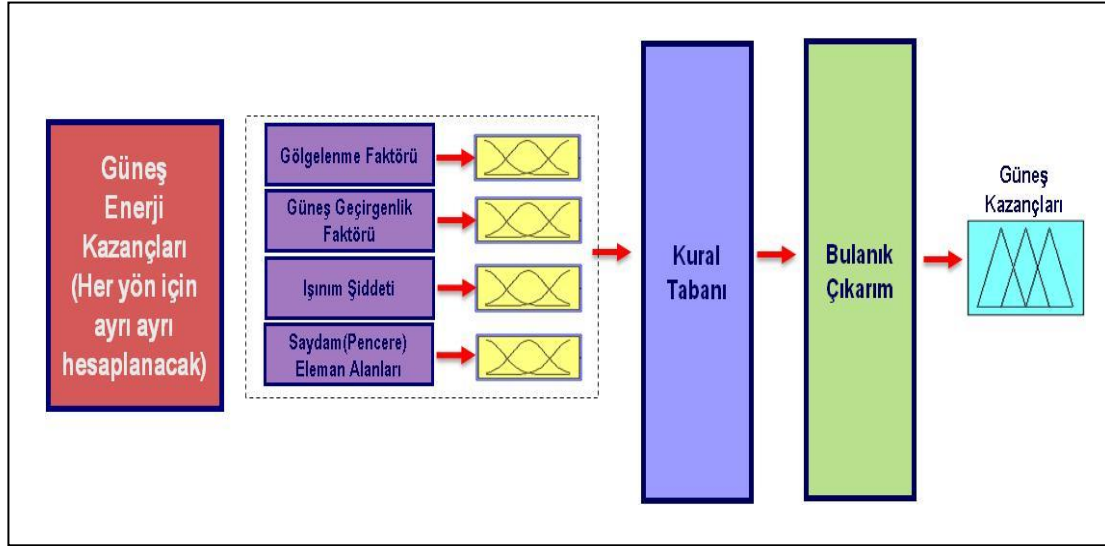
İstatistiksel açıdan anlamlı sayıda iç ısı kazançları dağılımları belirleyecek bir çalışma sonucunda ısı kazançları için tasarlanan bulanık model test edilebilir.

5.1.1.4. Güneş kazançları

Binalarda güneş enerjisi kazançları binanın yönü, saydam malzemelerin geçirgenliği ve yüzey alanları ve bulunulan bölgedeki ışınım değerleri ile doğrudan ilişkilidir.

Bulanık model için güneş enerji kazanç faktörleri aşağıdaki gibidir,

- Saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü,
- Saydam elemanların güneş enerjisi geçirme faktörü
- Aylık ortalama güneş ışınımı şiddeti (W/m²),
- Pencere alanı (m²)



Şekil 5.4. Binalardaki Güneş Enerji Kazançları İçin Bulanık Mantık Model

Yukarıdaki şekilde güneş kazançları için önerilen Bulanık Mantık Model görülmektedir. Modelin test edilebilmesi için yapısal bilgilerin haricinde bina kullanımı ile ilgili bir takım bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bilgiler,

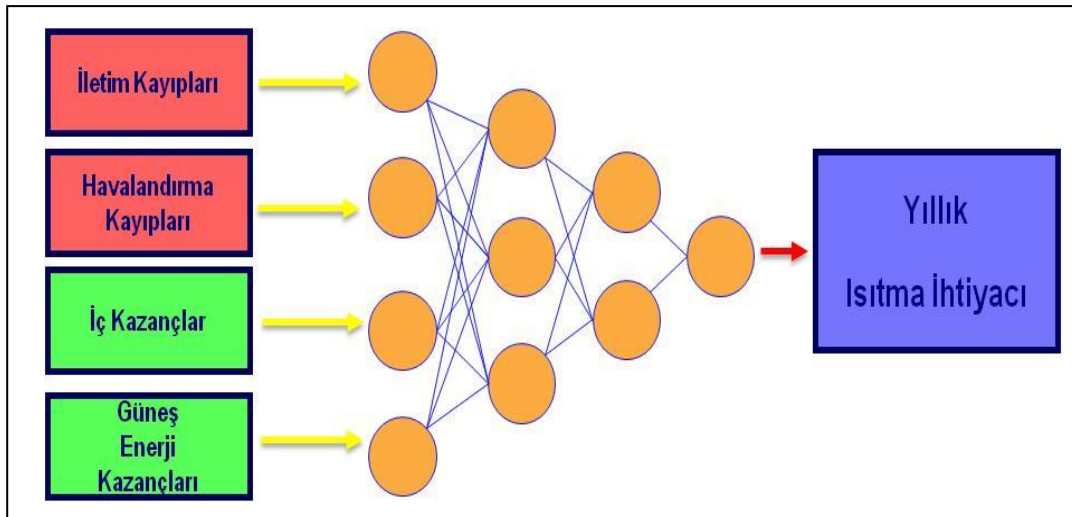
- Gölgeleme aktörleri
- Geçirgenlik faktörleri
- Işınım şiddeti
- Opak (Geçirgen malzemelerin) yüzey alanları

5.1.2. YSA ile binalarda ısıtma ihtiyacının hesaplanması

Daha önceki bölümde bulanık mantık denetleyiciler kullanılarak kayıp ve kazançların hesaplanacağı anlatılmıştı. Isıtma ihtiyacının YSA kullanarak hesaplanabilmesi için ısı kayıpları kayıplar ve kazançlarının bilinmesi gerekmektedir.

Yıllık ısıtma ihtiyacı hesaplanması, ağdaki girdi değerlerine göre bir çıktı değerinin tahmin edilmesi işlemidir. YSA türlerinde en iyi hesaplama türü Çok Katmanlı Algılayıcılar olduğundan yıllık ısıtma ihtiyacı için bu tür bir YSA kullanılmalıdır.

Binalarda ısıtma ihtiyacı hesaplayacak YSA 4 adet giridi ve bir adet çıktı değişkeninden oluşmaktadır.



Şekil 5.5. Binalarda Isıtma İhtiyacını Hesaplayan YSA Modeli

YSA kullanılarak ısıtma ihtiyacının hesaplanması konusunda, Bölüm 5 daha ayrıntılı açıklamalar yapılacaktır.

5.2. Konutlarda Isıtma İhtiyacının Yapay Zeka Teknikleri ile Hesaplanması ve Sonuçların TS825 Isı Yalıtım Standardı ile Karşılaştırılması

Binalarda ısıtma ihtiyacının hesaplanması planlama ve yönetim seviyelerinde, makro analizler yaparak uygulamalar geliştirmek için, tasarım seviyesinde enerji ihtiyacına göre bina tasarımı yapmak için, uygulama seviyesinde ise mevcut binadaki problemin tespit edilmesi ve verimlilik artırıcı uygulamalar için gereklidir.

Binalardaki ısıtma ihtiyacının hesaplanabilmesi için ısı kayıpları ve kazançlarının hesaplanması gerekmektedir. Bölüm3'te TS825 hesaplama metodu anlatılırken ısı kayıpları ve kazançları da ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

İlk başta, İZODER TS825 yazılımı kullanılarak binalara ait ısıtma ihtiyaçları hesaplanmış, ancak yazılım dosya (*.izo) mantığı ile çalıştığından her proje için farklı bir dosyaya oluşturulması gerekmiş, verilerin birlikte analiz edilemediği görülmüştür.

Tüm parametrelerin veri seti halinde görülebildiği bir programa ihtiyaç duyulmuş ve tez çalışmasında kullanılmak üzere, MS Excel'de İZODER TS825 ile aynı sonuçları veren ısıtma ihtiyacını hesaplayan bir program yazılmış, gerekli analiz çalışmaları bu program üzerinden yapılmıştır.

Programla ilgili ekran çıktıları ekler de verilmiştir.

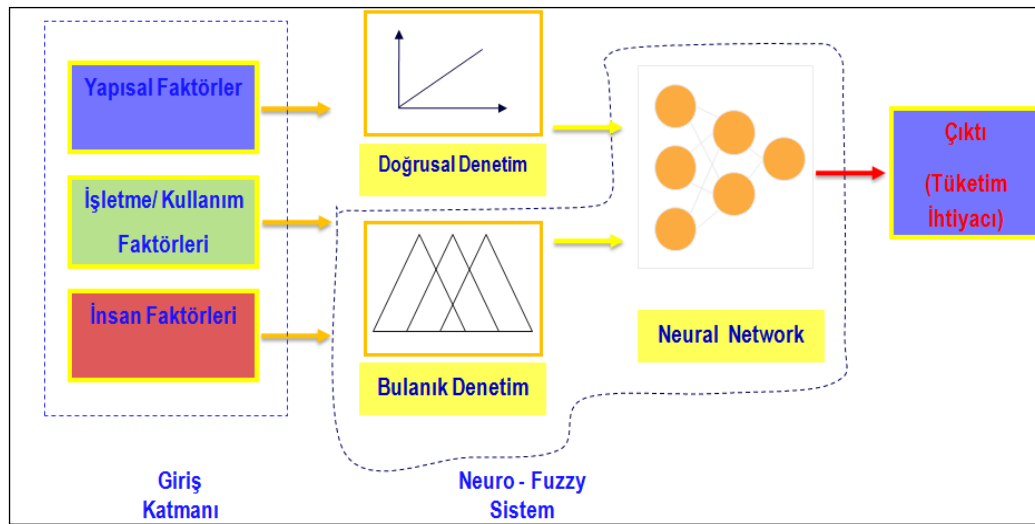
Ayrıca excel yazılımı ile ısıtma hesapları parametrik olarak değiştirilebilir hale getirilmiş duvar kalınlığı, iç kazançla veya konfor gereksinimleri değiştirilerek ısıtma ihtiyacındaki değişimleri anlık olarak görülebilir hale getirilmiştir. Isıtma ihtiyacı parametreleri üzerinde değişiklikler yapılarak 20 adet bina verisinden daha fazla veri elde edilebilmiştir.

20 adet yalıtımlı bina için, yalıtım yapılmaması ve eksik yalıtım yapılması durumlarına göre değişiklikler yapılarak 60 adet bina verisi türetilmiştir.

Bulanık Mantık ve YSA hesaplamaları için MATLAB R2008a Fuzzy Logic Toolbox ve Neural Network Toolbox yazılımı kullanılmıştır.

5.2.1. Problemin modelinin oluşturulması

Problem için oluşturulan Bulanık Mantık ve YSA'nın birlikte kullanıldığı (Neural-Fuzzy) modelin yapısı Şekil 5.6'daki gibidir.



Şekil 5.6. Binalarda Yıllık Isıtma İhtiyacını Hesaplayan NF Model

Problemin çözümü iki adımdan oluşmaktadır,

- 1. Adım, Bulanık Mantık yöntemiyle ısı kayıplarının ve kazançlarının hesaplanması.
- 2. Adım ise, kayıp ve kazanç değerleri ile yıllık ısıtma ihtiyacının YSA kullanılarak hesaplanmasıdır.

Amacımız klasik hesaplamalar ve standartlardan elde edilen değerler kullanılarak binalarda enerji ihtiyacının yapay zeka teknikleri ile kabul edilebilir seviyelerde daha

etkin hesaplanabileceğini göstermektedir. Burada bulanık mantık sadece iletim yoluyla duvar ve tavadaki ısı kayıplarının hesabı için kullanılacak, YSA ile ,

- İletim Yoluyla Isı Kayıpları Toplamı
- Havalandırma Yoluyla Isı Kayıpları Toplamı
- Güneş Enerjisi Isı Kazançları Toplamı
- İç Isı Kazançları Toplamı

değerleri girdi değerleri olarak kullanılarak “Yıllık Isıtma İhtiyacı” hesabı yapılacaktır. Elde edilen sonuçların ayrıntılı değerlendirmesi ise son bölümde gerçekleştirilecektir.

5.2.2. Isı kayıplarının hesaplanması

Isı kayıplarının hesabı için veri setindeki duvar ve tavan ısı kayıp verileri kullanılmıştır. Veriler, ilk önce NCSS istatistik yazılımı kullanılarak analiz edilmiş ve Isıl Geçirgenlik (U), Yüzey Alanı ve Isı Kaybı (H) değerlerinin bulanık kümelenme dağılımları çıkartılmıştır.

Daha sonra elde edilen dağılımlara göre MATLAB Fuzzy Logic Toolbox'ta en iyi sonuçları veren modelle ısı kayıpları hesaplanmıştır.

5.2.2.1. Duvardaki ısı kayıplarının bulanık kümelenme analizi

Duvar ısı kayıpları için oluşturulan veri seti, NCSS yazılımında “ANALYS-CLUSTERING-FUZZY” komutu ile analiz edilmiştir ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

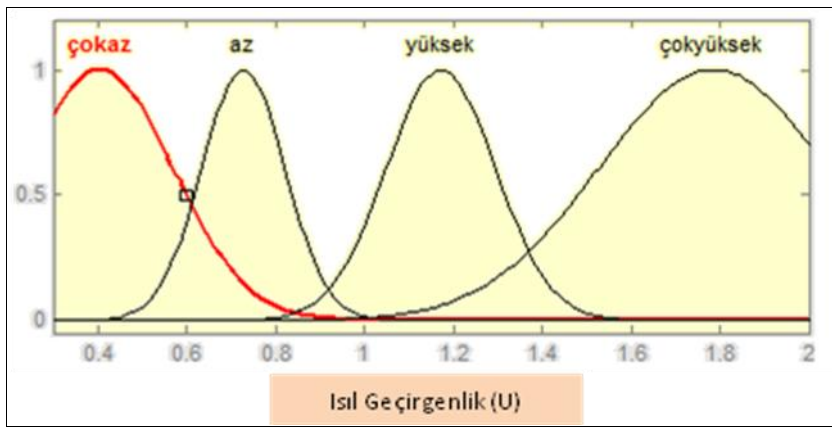
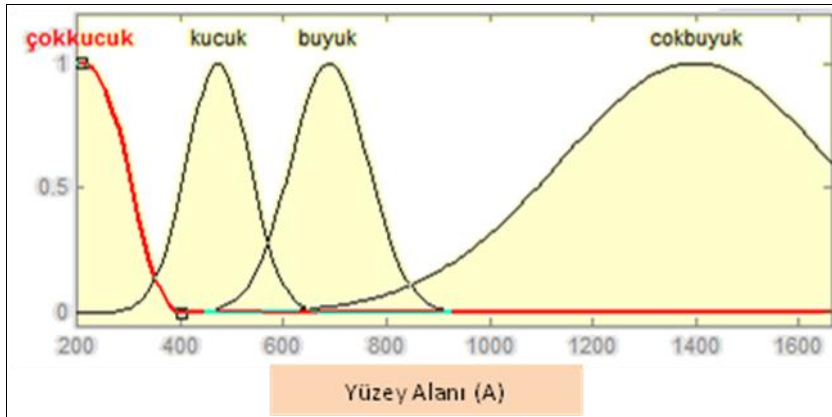
Tablo 5.1. Duvardaki Isı Kaybı Parametreleri

DUVAR ISI KAYBI		Isıl Geçirgenlik (U) (W/m ² K)	Yüzey Alanı (A)	Isı Kaybı H (W/K)
En Büyük Değer		1,92	1662,00	1994,00
Ortalama Değer		1,04	615,00	620,00
En Küçük Değer		0,32	198,00	80,00
Cluster Medoids Section (U)				
Variable	Cluster1	Cluster2	Cluster3	Cluster4
C1	0,40	0,80	1,10	1,80
Row	17,00	25,00	36,00	48,00
Cluster Medoids Section (A)				
Variable	Cluster1	Cluster2	Cluster3	Cluster4
C1	238,00	471,00	699,00	1041,00
Row	9,00	27,00	40,00	54,00
Cluster Medoids Section (H)				
Variable	Cluster1	Cluster2	Cluster3	Cluster4
C1	210,44	472,60	869,06	1971,94
Row	10,00	30,00	47,00	58,00
Bulanık Çıkarım Mekanizmaları (Duvar)				
name	:'duvar_4_4_4'	impMethod	:'min'	
type	:'mamdani'	aggMethod	:'max'	
andMethod	:'min'	input	:[1x2 struct]	
orMethod	:'max'	output	:[1x1 struct]	
defuzzMethod	:'centroid'	rule	:[1x16 struct]	

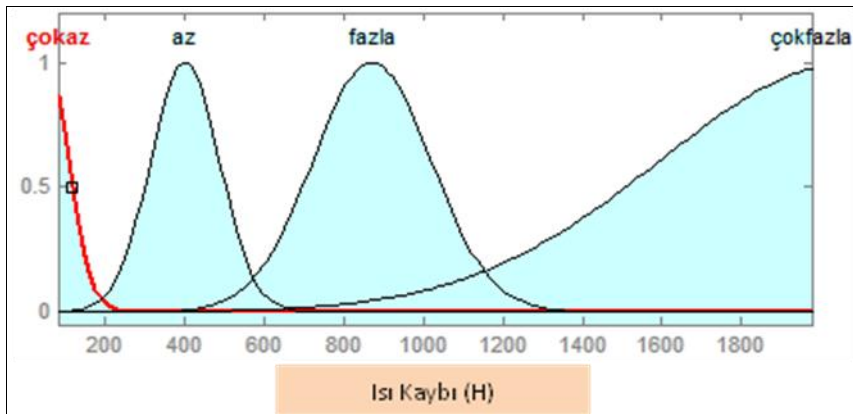
Tablo 5.1’de duvardaki ısı kaybı parametreleri görülmektedir. Duvar ısı kayıpları için yapılan denmeler sonucunda en başarılı sonucu ısıl geçirgenlik için 4, yüzey alanı için 4 ve ısı kaybı için de 4 adet dilsel değişkenlerden oluşan model olduğu görülmüştür. Tablo 5.2. de ise yapılan kümelene analize göre oluşan sınır değerler görülmektedir.

Tablo 5.2. Duvardaki Isı Kaybı İçin Oluşan Sınır Değerleri

Kurallar	DEĞERLER			KÜMELENME		
	Isıl Geçirgenlik (U)	Duvar Yüzey Alanı (A)	Isı Kaybı (H)	Küme Değeri Isıl Geçirgenlik (U)	Küme Değeri Duvar yüzey Alanı (A)	Küme Değeri Isı Kaybı (H)
1.Kural	0,33	253	82,970	çok az	çok küçük	çokaz
	0,39	238	92,886	çok az	çok küçük	çokaz
	0,40	200	80,523	çok az	çok küçük	çokaz
	0,40	198	79,71	çok az	çok küçük	çokaz
	0,44	270	118,98	çok az	çok küçük	çokaz
2.Kural	0,37	425	158,49	çok az	küçük	çokaz
	0,41	533	216,08	çok az	küçük	çokaz
	0,42	483	204,72	çok az	küçük	çokaz
	0,43	403	171,49	çok az	küçük	çokaz
	0,44	516	227,94	çok az	küçük	çokaz
	0,48	471	227,83	çok az	küçük	çokaz
	0,50	422	210,44	çok az	küçük	çokaz
3.Kural	0,34	862	294,99	çok az	büyük	çokaz
	0,41	699	288,00	çok az	büyük	çokaz
	0,41	649	268,93	çok az	büyük	çokaz
	0,49	770	380,30	çok az	büyük	az
4.Kural	0,32	1662	538,80	çok az	çok büyük	az
	0,41	1039	426,09	çok az	çok büyük	az
	0,41	1156	477,26	çok az	çok büyük	az
	0,42	1041	433,20	çok az	çok büyük	az
5.Kural	0,73	253	185,85	az	çok küçük	çokaz
6.Kural	0,92	483	444,67	az	küçük	az
7.Kural	0,74	649	482,89	az	büyük	az
	0,76	862	655,74	az	büyük	az
8.Kural	0,75	1156	869,06	az	çok büyük	fazla
	0,76	1662	1.266,86	az	çok büyük	fazla
	0,86	1041	899,65	az	çok büyük	fazla
9.Kural	1,07	238	254,56	yüksek	çok küçük	çokaz
	1,08	200	216,52	yüksek	çok küçük	çokaz
	1,09	198	215,48	yüksek	çok küçük	çokaz
	1,21	253	306,63	yüksek	çok küçük	çokaz
10.Kural	1,07	403	429,12	yüksek	küçük	az
	1,08	516	557,67	yüksek	küçük	az
	1,12	471	526,62	yüksek	küçük	az
	1,12	422	472,60	yüksek	küçük	az
	1,17	425	497,42	yüksek	küçük	az
	1,21	533	643,48	yüksek	küçük	az
11.Kural	0,97	699	680,46	yüksek	büyük	fazla
	1,10	770	844,10	yüksek	büyük	fazla
12.Kural	1,19	1662	1.975,46	yüksek	çok büyük	çokfazla
13.Kural	1,42	270	383,62	çok yüksek	çok küçük	az
	1,80	238	427,91	çok yüksek	çok küçük	az
	1,80	200	360,71	çok yüksek	çok küçük	az
	1,81	198	357,46	çok yüksek	çok küçük	az
	1,89	270	511,53	çok yüksek	çok küçük	az
14.Kural	1,73	516	892,16	çok yüksek	küçük	fazla
	1,76	403	707,11	çok yüksek	küçük	fazla
	1,77	483	857,12	çok yüksek	küçük	fazla
	1,81	471	851,77	çok yüksek	küçük	fazla
	1,81	422	763,38	çok yüksek	küçük	fazla
	1,85	533	985,10	çok yüksek	küçük	fazla
	1,88	425	796,38	çok yüksek	küçük	fazla
15.Kural	1,31	862	1.127,54	çok yüksek	büyük	fazla
	1,65	649	1.071,83	çok yüksek	büyük	fazla
	1,73	699	1.210,74	çok yüksek	büyük	fazla
	1,80	770	1.384,60	çok yüksek	büyük	fazla
16.Kural	1,24	1039	1.288,54	çok yüksek	çok büyük	fazla
	1,71	1156	1.971,94	çok yüksek	çok büyük	çokfazla
	1,75	1041	1.823,42	çok yüksek	çok büyük	çokfazla
	1,92	1039	1.993,62	çok yüksek	çok büyük	çokfazla



(I) Giriş Değişkenleri



(II) Çıkış Değişkeni

Şekil 5.7. Duvardaki Isı Kayıpları İçin MATLAB Fuzzy Logic Toolbox Kullanılarak Hazırlanan Model ve Üyelik Fonksiyonları

Şekil 5.7 de ise duvardaki ısı kaybı için giriş ve çıkış değişkenlerine ait üyelik fonksiyonları görülmektedir.

Oluşturulan modelde ısı kayıpları için ,“çokiyi” “iyi” “kötü” “çokkötü” ; Isı kaybeden yüzey alanları için, “çokküçük” “küçük” “büyük” “çokbüyük”; Isıl geçirgenlik için ise “çokaz” “az” “yüksek” ve “çokyüksek” dilsel değişkenleri kullanılmıştır. Dilsel değişkenler için üyelik fonksiyonu ve değerleri ve kural tabanı da yine NCSS yazılımındaki veriler baz alınarak yapılmıştır.

Duvardaki ısı kayıplarına bulanık mantık denetleyici uygulaması için belirlenen 16 kural şöyledir;

1. Eğer U= “çok az” ve A= “çok küçük” ise O Halde H= “çok az”
2. Eğer U= “çok az” ve A= “küçük” ise O Halde H= “çok az”
3. Eğer U= “çok az” ve A= “büyük” ise O Halde H= “çok az”
4. Eğer U= “çok az” ve A= “çok büyük” ise O Halde H= “az”
5. Eğer U= “az” ve A= “çok küçük” ise O Halde H= “çok az”
6. Eğer U= “az” ve A= “küçük” ise O Halde H= “ az”
7. Eğer U= “az” ve A= “büyük” ise O Halde H= “ az”
8. Eğer U= “az” ve A= “çok büyük” ise O Halde H= “fazla”
9. Eğer U= “yüksek” ve A= “çok küçük” ise O Halde H= “çok az”
10. Eğer U= “yüksek” ve A= “ küçük” ise O Halde H= “az”
11. Eğer U= “yüksek” ve A= “büyük” ise O Halde H= “fazla”
12. Eğer U= “yüksek” ve A= “çok büyük” ise O Halde H= “çok fazla”
13. Eğer U= “çok yüksek” ve A= “çok küçük” ise O Halde H= “az”
14. Eğer U= “çok yüksek” ve A= “küçük” ise O Halde H= “fazla”
15. Eğer U= “çok yüksek” ve A= “büyük” ise O Halde H= “fazla”
16. Eğer U= “çok yüksek” ve A= “çok büyük” ise O Halde H= “çok fazla”

Tablo 5.3. Duvardaki Isı Kayıpları İçin Kural Tablosu

U \ A				
	çokküçük	küçük	büyük	çok büyük
çok az	çok az	çok az	çok az	az
az	çok az	Az	az	fazla
yüksek	çok az	az	fazla	çokfazla
çokyüksek	az	fazla	fazla	çokfazla

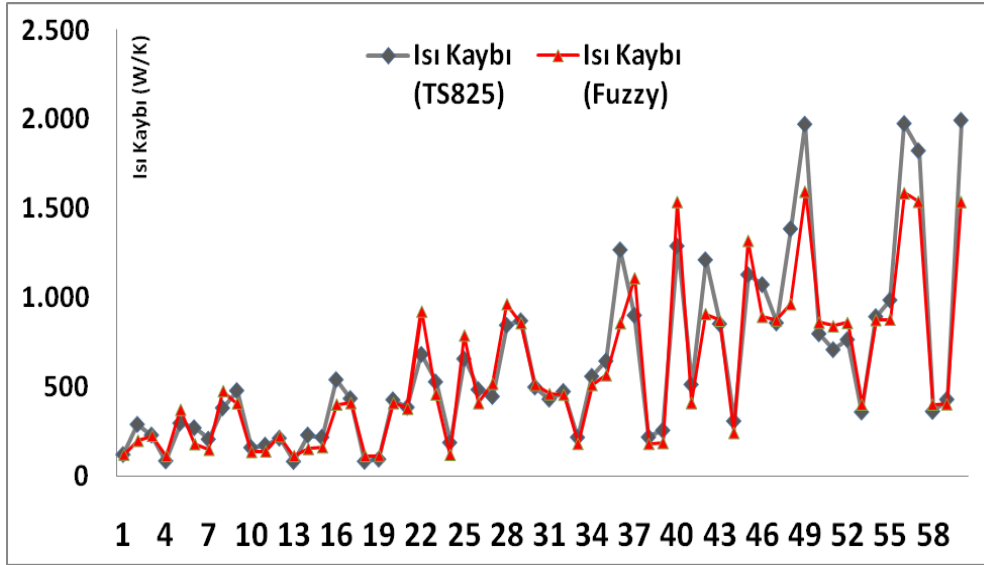
Tablo 5.3. de ise duvar ısı kaybı için kural çizelgesi görülmektedir. Son adım da, veri setindeki yüzey alanı(A) ve ısıl geçirgenlik(U) değerleri MATLAB Workspace ortamına “duvar [1x2]” değişkeni olarak aktarılarak,

```
evalfis (duvar, duvar_4_4_4)
```

komutu ile sonuçlar hesaplanmıştır. Tablo 5.4 te TS825 sonuçları ile bulanık mantık sonuçları tablo halinde Şekil 5.8’te de elde edilen sonuçların TS825 çıktıları ile karşılaştırıldığı grafik görülmektedir.

Tablo 5.4. Duvardaki Isı Kayıplarında Bulanık Mantık Modelin TS825 Çıktıları ile Karşılaştırılması

Sıra	U	Alan	Isı Kaybı (TS825)	Isı Kaybı (Fuzzy)	Sıra	U	Alan	Isı Kaybı (TS825)	Isı Kaybı (Fuzzy)
1	0,44	270	119,0	118,8	31	1,07	403	429,1	458,4
2	0,41	699	288,0	196,7	32	1,12	422	472,6	454,8
3	0,48	471	227,8	224,0	33	1,09	198	215,5	179,0
4	0,33	253	83,0	111,1	34	1,08	516	557,7	509,4
5	0,34	862	295,0	370,0	35	1,21	533	643,5	564,3
6	0,41	649	268,9	177,9	36	0,76	1662	1266,9	856,4
7	0,42	483	204,7	145,5	37	0,86	1041	899,6	1109,0
8	0,49	770	380,3	475,2	38	1,08	200	216,5	178,6
9	0,41	1156	477,3	406,0	39	1,07	238	254,6	184,2
10	0,37	425	158,5	133,5	40	1,24	1039	1288,5	1538,2
11	0,43	403	171,5	137,1	41	1,89	270	511,5	408,5
12	0,50	422	210,4	221,8	42	1,73	699	1210,7	908,1
13	0,40	198	79,7	111,0	43	1,81	471	851,8	871,4
14	0,44	516	227,9	151,2	44	1,21	253	306,6	240,5
15	0,41	533	216,1	159,8	45	1,31	862	1127,5	1319,2
16	0,32	1662	538,8	400,1	46	1,65	649	1071,8	893,1
17	0,42	1041	433,2	408,3	47	1,77	483	857,1	872,4
18	0,40	200	80,5	110,9	48	1,80	770	1384,6	963,7
19	0,39	238	92,9	112,8	49	1,71	1156	1971,9	1595,6
20	0,41	1039	426,1	408,4	50	1,88	425	796,4	860,2
21	1,42	270	383,6	377,3	51	1,76	403	707,1	839,9
22	0,97	699	680,5	922,1	52	1,81	422	763,4	858,4
23	1,12	471	526,6	456,3	53	1,81	198	357,5	400,2
24	0,73	253	185,8	118,0	54	1,73	516	892,2	874,7
25	0,76	862	655,7	787,6	55	1,85	533	985,1	876,6
26	0,74	649	482,9	407,9	56	1,19	1662	1975,5	1586,7
27	0,92	483	444,7	516,8	57	1,75	1041	1823,4	1539,4
28	1,10	770	844,1	963,7	58	1,80	200	360,7	400,2
29	0,75	1156	869,1	857,1	59	1,80	238	427,9	401,6
30	1,17	425	497,4	510,6	60	1,92	1039	1993,6	1538,2



Şekil 5.8. Duvardaki Isı Kayıplarında Bulanık Mantık Modelin TS825 Çıktıları ile Karşılaştırılması

5.2.2.2. Tavandaki ısı kayıplarının bulanık kümelenme analizi

Duvardaki ısı kayıpları için yürütülen metodolojinin aynısı tavan için de uygulanmış, tavandaki ısı kayıplarının hesaplanması sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir. Tavandaki ısı kayıpları ile ilgili şekil ve tablolar aşağıdaki gibidir,

Tablo 5.5. Tavandaki Isı Kaybı Parametreleri

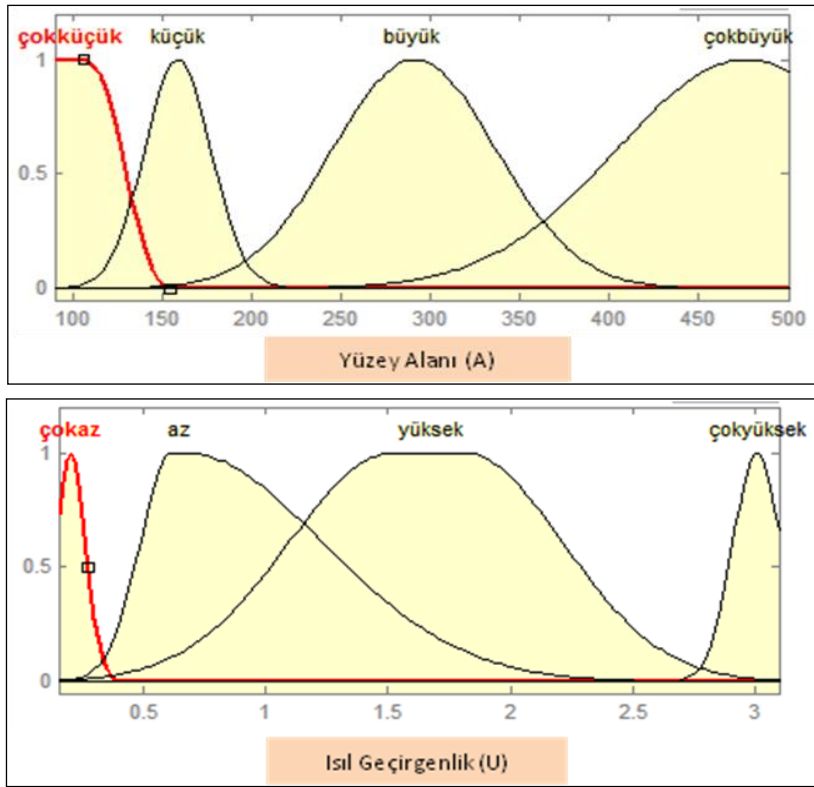
TAVAN ISI KAYBI		Isıl Geçirgenlik (U)	Yüzey Alanı (A)	Isı Kaybı H
En Büyük Değer		3,13	485,00	1378,00
Ortalama Değer		1,46	195,65	14,89
En Küçük Değer		0,16	89,70	291,43
Cluster Medoids Section (U)				
Variable	Cluster1	Cluster2	Cluster3	Cluster4
C1	0,19	0,22	2,61	3,07
Row	13,00	18,00	24,00	39,00
Cluster Medoids Section (A)				
Variable	Cluster1	Cluster2	Cluster3	Cluster4
C1	92,12	146,10	242,90	485,00
Row	5,00	17,00	29,00	40,00
Cluster Medoids Section (H)				
Variable	Cluster1	Cluster2	Cluster3	Cluster4
C1	24,50	59,68	380,91	688,30
Row	6,00	18,00	27,00	35,00

Tablo.5.5'ün devamı

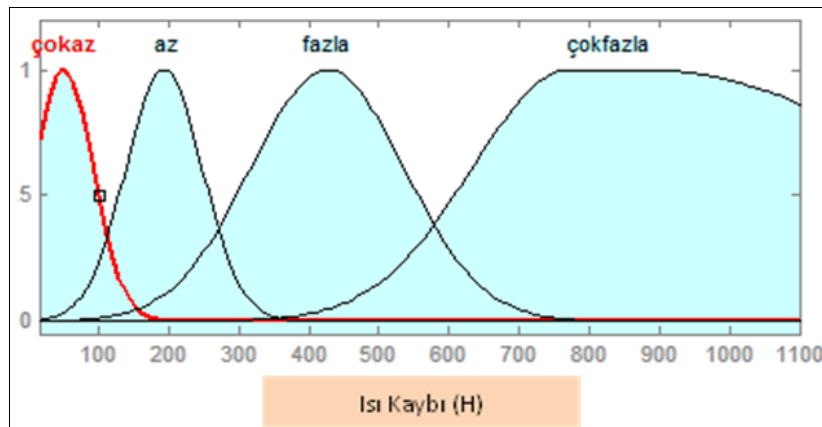
Bulanık Çıkarım Mekanizmaları (Tavan)			
name	: 'tavan_4_4_4'	impMethod	: 'min'
type	: 'mamdani'	aggMethod	: 'max'
andMethod	: 'min'	input	: [1x2 struct]
orMethod	: 'max'	output	: [1x1 struct]
defuzzMethod	: 'centroid'	rule	: [1x14 struct]

Tablo 5.6. Tavandaki Isı Kaybı İçin Oluşan Sınır Değerleri

Kurallar	DEĞERLER			KÜMELENME		
	Isıl Geçirgenlik (U)	Tavan Yüzey Alanı (A)	Tavan Isı Kaybı (H)	Küme Değeri Isıl Geçirgenlik (U)	Küme Değeri Tavan Yüzey Alanı (A)	Küme Değeri Tavan Isı Kaybı (H)
1.KURAL	0,190	100	18,96	çok az	çok küçük	çok az
	0,190	90	17,08	çok az	çok küçük	çok az
	0,162	92	14,89	çok az	çok küçük	çok az
	0,190	90	17,08	çok az	çok küçük	çok az
2.KURAL	0,174	151	26,13	çok az	küçük	çok az
	0,190	129	24,50	çok az	küçük	çok az
	0,174	146	25,36	çok az	küçük	çok az
	0,190	146	27,74	çok az	küçük	çok az
3.KURAL	0,190	203	38,69	çok az	büyük	çok az
	0,174	235	40,80	çok az	büyük	az
	0,174	243	42,17	çok az	büyük	az
	0,200	270	54,06	çok az	büyük	az
	0,190	234	44,63	çok az	büyük	az
	0,174	264	45,83	çok az	büyük	az
0,197	349	68,90	çok az	büyük	az	
4.KURAL	0,200	485	96,88	çok az	çok büyük	az
5.KURAL	0,222	94	20,88	az	çok küçük	çok az
6.KURAL	0,219	125	27,37	az	küçük	çok az
7.KURAL	0,228	208	47,53	az	büyük	az
	0,230	260	59,68	az	büyük	az
8.KURAL	1,870	94	175,76	yüksek	çok küçük	az
	1,561	92	143,80	yüksek	çok küçük	az
9.KURAL	2,607	151	392,38	yüksek	küçük	fazla
	2,017	125	252,36	yüksek	küçük	fazla
	2,607	146	380,91	yüksek	küçük	fazla
10.KURAL	2,607	235	612,69	yüksek	büyük	çok fazla
	2,607	243	633,29	yüksek	büyük	çok fazla
	2,825	208	587,58	yüksek	büyük	çok fazla
	2,607	264	688,30	yüksek	büyük	çok fazla
11.KURAL	3,069	100	305,67	çok yüksek	çok küçük	fazla
	3,069	90	275,29	çok yüksek	çok küçük	fazla
	3,069	90	275,29	çok yüksek	çok küçük	fazla
12.KURAL	3,069	129	394,98	çok yüksek	küçük	fazla
	3,069	146	447,15	çok yüksek	küçük	fazla
13.KURAL	2,849	270	769,28	çok yüksek	büyük	çok fazla
	3,069	234	719,37	çok yüksek	büyük	çok fazla
	2,885	260	749,98	çok yüksek	büyük	çok fazla
	3,069	203	623,62	çok yüksek	büyük	çok fazla
	3,126	349	1.092,00	çok yüksek	büyük	çok fazla
14.KURAL	2,841	485	1.378,13	çok yüksek	çok büyük	çok fazla



(I) Giriş Değişkeni



(II) Çıkış Değişkeni

Şekil 5.9. Tavan Isı Kayıpları İçin MATLAB Fuzzy Logic Toolbox Kullanılarak Hazırlanan Model ve Üyelik Fonksiyonları

Tavandaki ısı kayıplarının bulanık mantık denetleyicilerle hesabında kullanılan 14 bulanık denetim kuralı şöyledir;

1. Eğer U= “çok az” ve A= “çok küçük” ise O Halde H= “çok az”
2. Eğer U= “çok az” ve A= “küçük” ise O Halde H= “çok az”
3. Eğer U= “çok az” ve A= “büyük” ise O Halde H= “az”
4. Eğer U= “çok az” ve A= “çok büyük” ise O Halde H= “az”
5. Eğer U= “az” ve A= “çok küçük” ise O Halde H= “çok az”
6. Eğer U= “az” ve A= “küçük” ise O Halde H= “ çok az”
7. Eğer U= “az” ve A= “büyük” ise O Halde H= “ az”
8. Eğer U= “yüksek” ve A= “çok küçük” ise O Halde H= “ az”
9. Eğer U= “yüksek” ve A= “ küçük” ise O Halde H= “fazla”
10. Eğer U= “yüksek” ve A= “büyük” ise O Halde H= “çok fazla”
11. Eğer U= “çok yüksek” ve A= “çok küçük” ise O Halde H= “fazla”
12. Eğer U= “çok yüksek” ve A= “küçük” ise O Halde H= “fazla”
13. Eğer U= “çok yüksek” ve A= “büyük” ise O Halde H= “çok fazla”
14. Eğer U= “çok yüksek” ve A= “çok büyük” ise O Halde H= “çok fazla”

Tablo 5.7. Tavandaki Isı Kayıpları İçin Kural Tablosu

A U	çokküçük	küçük	büyük	çok büyük
çokaz	çok az	çok az	az	az
az	çok az	çok az	az	-
yüksek	az	fazla	çokfazla	-
çokyüksek	fazla	fazla	çokfazla	çokfazla

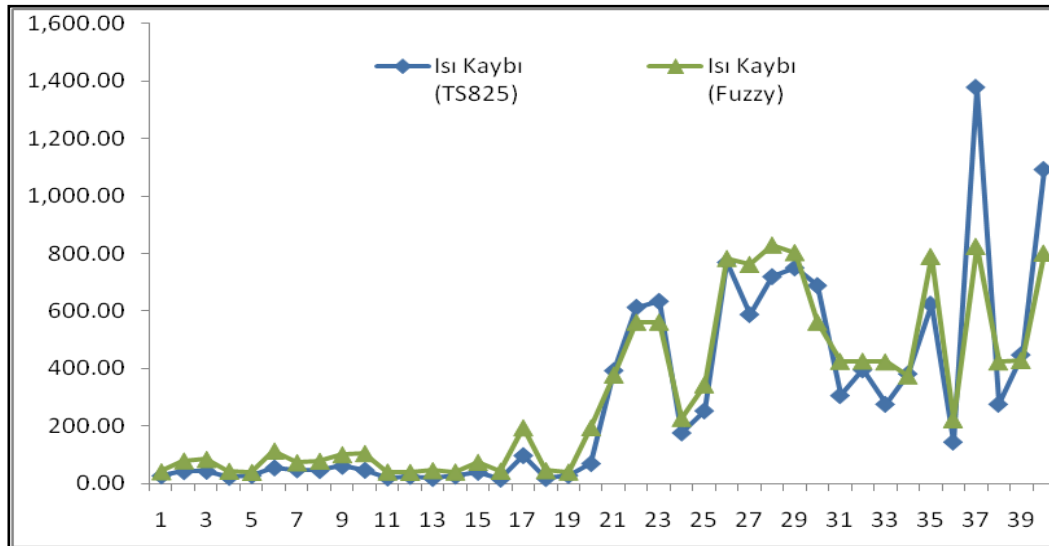
Veri setindeki yüzey alanı(A) ve ısı geçirenlik(U) değerleri MATLAB Workspace ortamına “tavan [1x2]” değişkeni olarak aktarılarak,

```
evalfis(tavan,tavan_4_4_4)
```

komutu ile sonuçlar hesaplanmıştır. Tablo 5.8’ da TS825 sonuçları ile bulanık mantık sonuçları, Şekil 5.5’de de elde edilen sonuçların TS825 çıktıları ile karşılaştırıldığı grafik görülmektedir.

Tablo 5.8. Tavandaki Isı Kayıplarında Bulanık Mantık Modelin TS825 Çıktıları ile Karşılaştırılması

Sıra No	U	Alan	Isı Kaybı (TS825)	Isı Kaybı (Fuzzy)	Sıra No	U	Alan	Isı Kaybı (TS825)	Isı Kaybı (Fuzzy)
1	0,17	150,50	26,13	40,18	21	2,61	150,50	392,38	376,92
2	0,17	235,00	40,80	77,61	22	2,61	235,00	612,69	560,73
3	0,17	242,90	42,17	83,28	23	2,61	242,90	633,29	560,73
4	0,22	94,00	20,88	41,88	24	1,87	94,00	175,76	225,76
5	0,22	125,10	27,37	37,65	25	2,02	125,10	252,36	342,47
6	0,20	270,00	54,06	112,48	26	2,85	270,00	769,28	782,35
7	0,23	208,00	47,53	71,67	27	2,82	208,00	587,58	761,34
8	0,19	234,40	44,63	76,95	28	3,07	234,40	719,37	829,09
9	0,23	260,00	59,68	99,49	29	2,88	260,00	749,98	802,59
10	0,17	264,00	45,83	103,61	30	2,61	264,00	688,30	560,73
11	0,19	99,60	18,96	39,09	31	3,07	99,60	305,67	423,79
12	0,19	128,70	24,50	37,64	32	3,07	128,70	394,98	424,92
13	0,19	89,70	17,08	43,92	33	3,07	89,70	275,29	422,21
14	0,17	146,10	25,36	39,44	34	2,61	146,10	380,91	373,24
15	0,19	203,20	38,69	72,84	35	3,07	203,20	623,62	789,37
16	0,16	92,12	14,89	42,30	36	1,56	92,12	143,80	221,32
17	0,20	485,00	96,88	193,19	37	2,84	485,00	1.378,13	824,36
18	0,19	89,70	17,08	43,92	38	3,07	89,70	275,29	422,21
19	0,19	145,70	27,74	39,22	39	3,07	145,70	447,15	427,31
20	0,20	349,36	68,90	193,34	40	3,13	349,36	1.092,00	800,89



Şekil 5.10. Tavandaki Isı Kayıplarında Bulanık Mantık Modelin TS825 Çıktıları ile Karşılaştırılması

5.2.3. Isıtma ihtiyacının YSA kullanarak hesaplanması

Yıllık ısıtma ihtiyacı için Çok Katmanlı Algılayıcı YSA kullanılmıştır. Öncelikle 50 tane veri için ait ısı kayıpları ve kazançları girdi veri seti kullanılmıştır. YSA eğitildikten sonra ise tamamen bağımsız 25 adet veri ile test edilmiştir.

Isıtma ihtiyacı hesabı için YSA uygulamasında izlenen adımlar,

1. Veri setinin MATLAB Workspace ortamına aktarılması,
2. Neural Network Toolbox'da "nftool" komutu ile , network oluşturulması,
3. "input" ve "target" değerlerinin network'e tanıtılması,
4. Öğrenme ve test oranlarının belirlenmesi,
5. Network büyüklüğünün belirlenmesi,
6. Network'ün eğitilmesi,
7. Sonuçların kaydedilmesidir.

Isıtma ihtiyacı için MATLAB Neural Network Tolbox'ta oluşturulan ağa ait bilgiler aşağıdaki gibidir,

Neural Network object:

architecture:

numInputs: 1

numLayers: 2

biasConnect: [1; 1]

inputConnect: [1; 0]

layerConnect: [0 0; 1 0]

outputConnect: [0 1]

numOutputs: 1 (read-only)

numInputDelays: 0 (read-only)

numLayerDelays: 0 (read-only)

subobject structures:

inputs: {1x1 cell} of inputs

layers: {2x1 cell} of layers

outputs: {1x2 cell} containing 1 output

biases: {2x1 cell} containing 2 biases

inputWeights: {2x1 cell} containing 1 input weight

layerWeights: {2x2 cell} containing 1 layer weight

functions:

adaptFcn: 'trains'
 divideFcn: 'dividerand'
 gradientFcn: 'gdefaults'
 initFcn: 'initlay'
 performFcn: 'mse'
 plotFcns: {'plotperform','plottrainstate','plotfit','plotregression'}
 trainFcn: 'trainlm'

parameters:

adaptParam: .passes
 divideParam: .trainRatio, .valRatio, .testRatio
 gradientParam: (none)
 initParam: (none)
 performParam: (none)
 trainParam: .show, .showWindow, .showCommandLine, .epochs,
 .time, .goal, .max_fail, .mem_reduc,
 .min_grad, .mu, .mu_dec, .mu_inc,
 .mu_max

weight and bias values:

IW: {2x1 cell} containing 1 input weight matrix
 LW: {2x2 cell} containing 1 layer weight matrix
 b: {2x1 cell} containing 2 bias vectors

other:

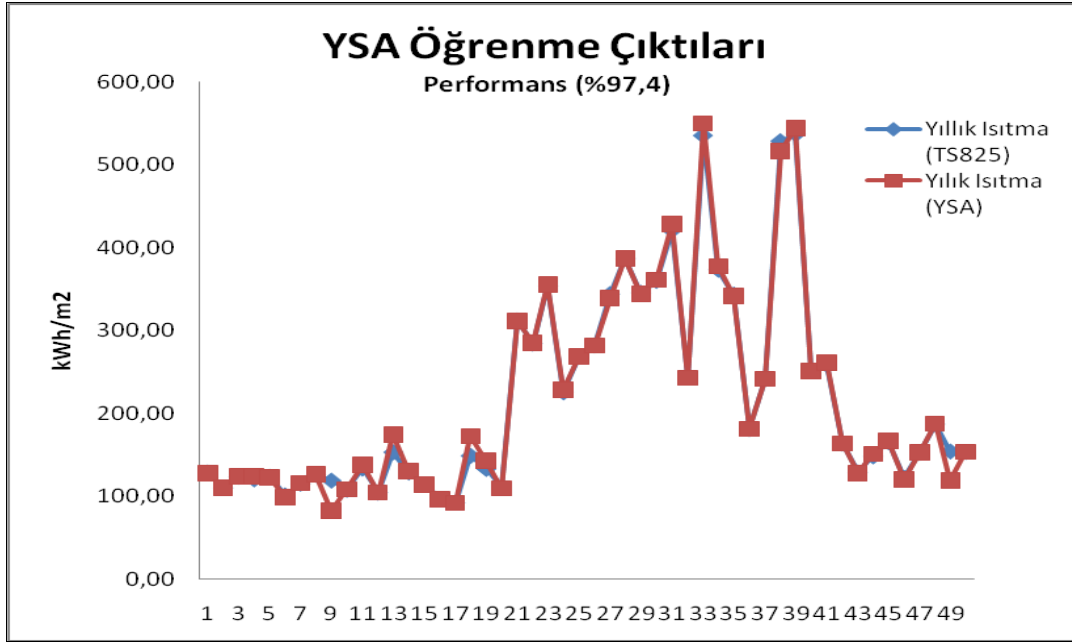
name: "
 userdata: (user information)

Tablo 5.9. Yıllık Isıtma İhtiyacı İçin Hazırlanan Eğitim Veri seti

Sıra No	Bina No	Isı Kaybı (H) (W/K)	Isı Kaybı İletim (W/K)	İç Isı Kazancı (W)	Güneş Kazancı (W)	Yıllık Isıtma İhtiyacı (kWh/m2)
1	1A	438,72	750,21	2658,88	136364,23	68.683
2	2A	764,33	563,70	4632,32	34546,18	102.455
3	3A	624,85	558,88	3786,94	25685,70	93.911
4	4A	316,80	285,39	1920,00	16625,87	46.377
5	5A	739,20	697,41	4480,00	45015,83	111.111
6	6A	855,36	597,83	5184,00	55737,70	105.361
7	7A	554,40	470,53	3360,00	31036,32	77.702
8	8A	680,66	598,62	4125,18	22361,34	104.198
9	9A	950,40	893,70	5760,00	65981,76	137.450
10	10A	633,12	496,69	3837,12	39534,96	83.100
11	11A	293,38	316,19	1778,07	17654,54	47.548
12	12A	601,78	410,87	3647,17	26537,96	76.446
13	13A	129,88	174,19	787,14	9984,69	24.158
14	14A	418,83	403,67	2538,37	20308,60	65.519

Sıra No	Bina No	Isı Kaybı (H) (W/K)	Isı Kaybı İletim (W/K)	İç Isı Kazancı (W)	Güneş Kazancı (W)	Yıllık Isıtma İhtiyacı (kWh/m ²)
15	15A	705,79	600,50	4277,50	46385,17	98.301
16	16A	1834,62	893,85	11118,92	28615,94	215.741
17	17A	1962,58	1019,39	11894,40	78367,01	220.689
18	18A	129,88	170,81	787,14	10243,10	23.471
19	19A	205,65	228,62	1246,34	15204,84	33.264
20	20A	1865,69	1493,19	11307,20	110779,59	251.137
21	1B	438,72	1756,96	2658,88	136364,23	165.979
22	2B	764,33	2472,40	4632,32	136364,23	263.298
23	3B	624,85	2185,30	3786,94	34546,18	268.086
24	4B	316,80	723,99	1920,00	34546,18	86.574
25	5B	739,20	1831,57	4480,00	25685,70	240.724
26	6B	855,36	2225,28	5184,00	25685,70	292.383
27	7B	554,40	1816,97	3360,00	16625,87	231.088
28	8B	680,66	2657,60	4125,18	45015,83	319.064
29	9B	950,40	3253,36	5760,00	55737,70	397.856
30	10B	633,12	2242,23	3837,12	31036,32	275.995
31	11B	293,38	1267,00	1778,07	22361,34	149.475
32	12B	601,78	1526,34	3647,17	65981,76	177.838
33	13B	129,88	860,31	787,14	39534,96	84.161
34	14B	418,83	1531,40	2538,37	17654,54	189.456
35	15B	705,79	2335,26	4277,50	26537,96	293.656
36	16B	1834,62	2533,48	11118,92	9984,69	403.384
37	17B	1962,58	4044,09	11894,40	20308,60	574.330
38	18B	129,88	859,36	787,14	46385,17	83.110
39	19B	205,65	1214,39	1246,34	28615,94	133.647
40	20B	1865,69	4330,35	11307,20	78367,01	569.047
41	1C	438,72	1014,91	2658,88	10243,10	137.602
42	2C	764,33	956,25	4632,32	15204,84	151.819
43	3C	624,85	857,76	3786,94	110779,59	97.952
44	4C	316,80	387,65	1920,00	16625,87	57.031
45	5C	739,20	1055,78	4480,00	45015,83	148.383
46	6C	855,36	811,79	5184,00	55737,70	127.006
47	7C	554,40	710,49	3360,00	31036,32	102.615
48	8C	680,66	1062,42	4125,18	22361,34	154.516
49	9C	950,40	1285,50	5760,00	65981,76	177.817
50	10C	633,12	835,72	3837,12	39534,96	118.033

Tablo 5.9.' de 50 adet binaya ait ısı kayıpları, ısı kazançları ve yıllık ısıtma ihtiyacı verileri görülmektedir. Bu veriler YSA da eğitim datası (pattern data) olarak kullanılmıştır. Eğitim verilerine ait çıktı grafiği ise Şekil 5.11'de dir.

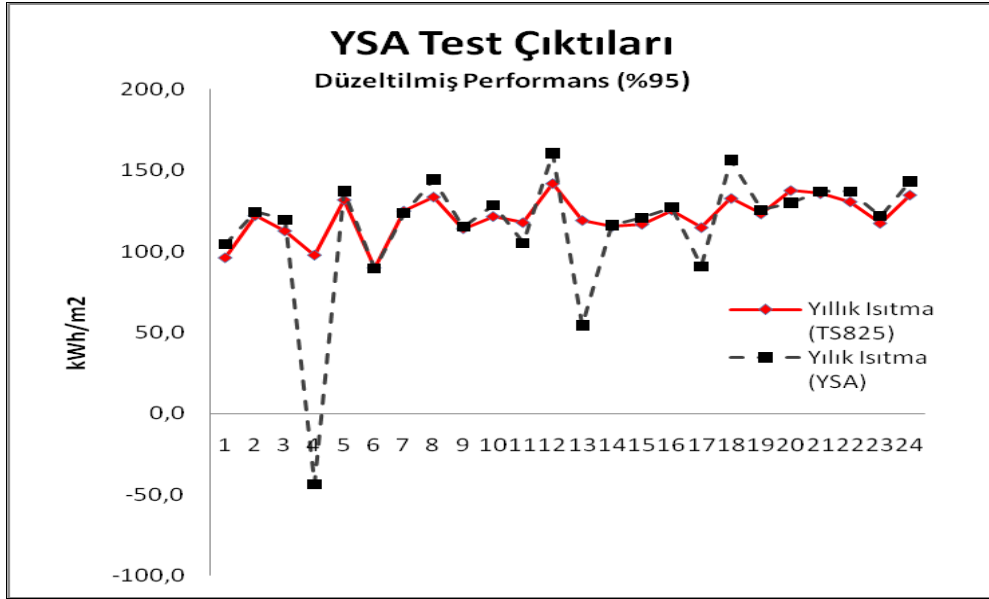


Şekil 5.11. Binadaki Isı İhtiyacı YSA Modelinin Öğrenme Çıktıları

Tablo 5.10. de eğitilen ağın testi için kullanılan veri seti ve test çıktıları görülmektedir. Şekil 5.12 ise test setine ait çıktı grafikleri ve ağın performans değeri görülmektedir.

Tablo 510. Yıllık Isıtma İhtiyacı İçin Hazırlanan Test Veri seti

Sıra No	Bina No	Isı Kaybı (H)	Isı Kaybı İletim	İç Isı Kazancı	Güneş Kazancı	Yıllık Isıtma (TS825)	Yıllık Isıtma (YSA)
1	21	2.090,9	1.224,7	12.672,0	106.172,0	96,0	104,3
2	22	387,8	344,4	2.350,0	17.658,0	122,1	124,3
3	23	220,3	182,4	1.335,0	14.600,0	112,6	119,5
4	24	1.386,6	2.144,4	12.996,0	191.798,0	97,6	-43,6
5	25	341,4	372,6	2.069,0	24.282,0	131,8	137,1
6	26	633,6	318,3	3.840,0	26.678,0	89,8	89,3
7	27	696,5	664,9	4.222,0	40.224,0	124,9	123,6
8	28	170,1	185,2	1.031,0	10.556,0	133,6	144,4
9	29	748,4	642,2	4.536,0	50.094,0	114,0	115,2
10	30	720,8	732,4	4.368,0	61.974,0	121,6	128,5
11	31	769,8	599,2	4.666,0	73.060,0	117,8	105,1
12	32	272,4	364,5	1.651,0	30.225,0	141,9	160,4
13	33	1.034,3	970,9	6.269,0	81.474,0	119,1	54,3
14	34	776,1	675,1	4.704,0	54.580,0	115,4	116,1
15	35	715,1	655,8	4.334,0	58.013,0	116,8	120,7
16	36	512,9	511,6	3.109,0	35.503,0	125,4	127,1
17	38	1.105,1	1.044,1	6.698,0	96.112,0	114,7	90,8
18	40	280,9	340,3	1.767,1	45.836,0	132,7	156,4
19	41	417,9	365,9	2.533,0	16.178,0	123,1	125,5
20	42	324,9	309,2	1.969,0	13.978,0	137,6	130,0
21	43	280,9	291,3	1.702,4	12.039,0	135,7	137,0
22	44	146,5	139,3	888,0	5.124,0	130,7	137,0
23	47	396,0	291,8	2.400,0	7.730,0	117,3	121,7
24	48	290,4	334,9	1.760,0	25.190,0	134,8	143,2



Şekil 5.12. Binadaki Isı İhtiyacı YSA Modelinin Test Çıktıları

BÖLÜM 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Binalarda enerji yönetimi için en önemli hususlardan biri de enerji tüketimlerinin ölçülmesidir. Enerji tüketimi etkileyen birçok faktör vardır ve enerji yüklerinin hesaplanması zor ve birçok hesaplama gerektirmektedir. Birçok bilim dalı tarafından (şehir planlama, yapı bilgisi, termo dinamik, tesisat mühendisliği, elektrik mühendisliği v.b.) binalarda enerji yönetimi alanında çalışmalar yapmaktadır.

Çalışmanın ilk 3 bölümünde Binalarda Enerji Yönetimi ile ilgili literatürdeki bilgiler özetlenmiş, Bölüm4' ten itibaren, yapay zeka teknolojileri kullanılarak daha etkin bir hesaplama yöntemi önerilmiştir.

Bahse konu yöntemin kullanılabilir olması için, hesaplaması kolay, anlaşılabilir sonuçlar vermesi gerekmektedir.

Çalışmanın bu kısmında Yapay Zeka teknolojileri ile elde edilen sonuçların değerlendirilmesi yapılacaktır.

Daha önceden de belirtildiği gibi, simgesel ifadeleri sayısallaştırmadaki başarısından dolayı Bulanık Mantık, bağımlı değişkenler neticesinde hesaplama başarısından dolayı da YSA kullanılmıştır. Bu iki metodun birlikte kullanılması ve ayrı ayrı kullanılmaları neticesinde üç adet modelden sonuç almak mümkün olmuştur.

1. Sadece YSA kullanılması,
2. Sadece Bulanık Mantık kullanılması,
3. YSA ve Bulanık Mantığın birlikte kullanılması

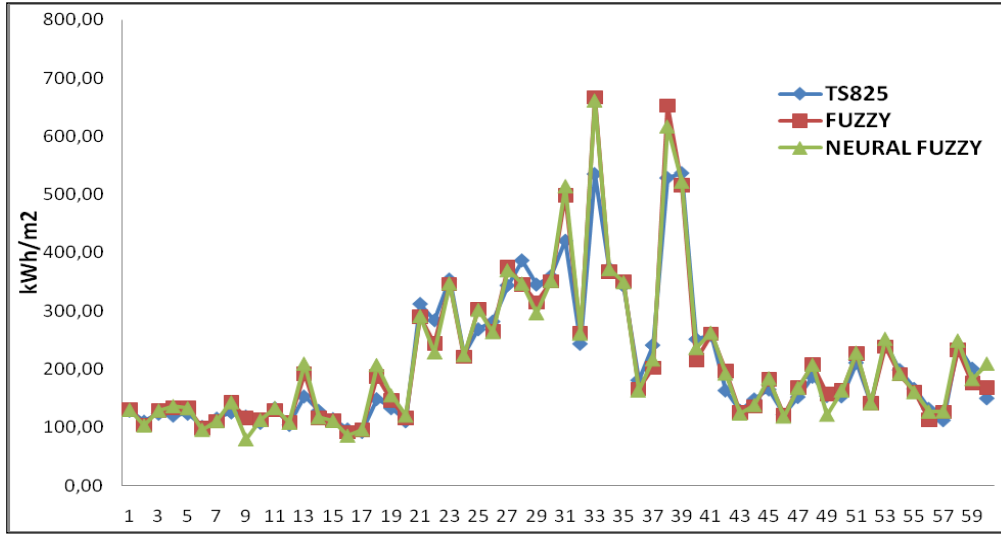
Tablo 6.1' de yıllık ısıtma ihtiyacı hesaplama yöntemlerine ait veriler Şekil 6.1. de ise, yıllık ısıtma ihtiyacı hesaplama yöntemlerinin (Bulanık ve NF) çıktı değerlerinin

TS825 değerleri ile karşılaştırılması görülmektedir. YSA model için elde edilen sonuçlar grafiğe eklenmemiştir, bunun sebebi bu veriler YSA modelin eğitim setinde kullanılan veriler olduğundan oldukça yüksek performans göstermektedir. YSA model için test verisine ait performans değerleri kullanılmıştır.

Şekil 6.1.'de de görüldüğü gibi bütün modeller için sonuçlar tatmin edicidir. Hangi modelin daha iyi sonuç verdiğini anlamak için ortalama performanslarına bakmak gerekecektir.

Tablo 6.1. Yıllık Isıtma Hesabı Model Çıktıları (kWh/m²)

Sıra No	Bina	TS825	FUZZY	NEURAL FUZZY	Sıra No	Bina	TS825	FUZZY	NEURAL FUZZY	Sıra No	Bina	TS825	FUZZY	NEURAL FUZZY
1	1A	129,2	131,4	130,1	21	1B	312,1	289,7	291,2	41	1C	258,8	260,4	262,5
2	2A	110,6	104,6	103,3	22	2B	284,2	244,5	228,7	42	2C	163,9	196,7	192,4
3	3A	124,0	129,1	128,8	23	3B	354,0	346,2	347,3	43	3C	129,3	125,7	123,7
4	4A	120,8	133,9	136,6	24	4B	225,5	221,0	224,2	44	4C	148,5	135,7	138,4
5	5A	124,0	133,5	132,9	25	5B	268,7	303,5	301,9	45	5C	165,6	182,3	184,3
6	6A	101,6	98,5	95,8	26	6B	282,0	264,3	263,4	46	6C	122,5	120,9	118,4
7	7A	115,6	110,3	110,7	27	7B	343,9	375,2	369,8	47	7C	152,7	167,8	167,7
8	8A	126,3	142,6	143,0	28	8B	386,7	345,1	346,8	48	8C	187,3	207,3	207,4
9	9A	119,3	116,5	79,3	29	9B	345,4	314,4	296,0	49	9C	154,4	156,9	121,6
10	10A	108,3	112,6	112,6	30	10B	359,6	350,4	351,7	50	10C	153,8	163,5	163,3
11	11A	133,7	129,5	133,4	31	11B	420,3	498,5	514,2	51	11C	211,4	226,4	228,2
12	12A	104,8	108,2	107,9	32	12B	243,8	262,0	261,0	52	12C	142,2	141,5	141,5
13	13A	153,5	192,1	209,5	33	13B	534,6	667,0	661,4	53	13C	245,1	238,6	252,0
14	14A	129,1	116,3	117,1	34	14B	373,2	367,7	371,9	54	14C	198,8	191,1	191,9
15	15A	114,9	112,3	111,3	35	15B	343,3	350,7	349,2	55	15C	166,6	161,0	160,5
16	16A	97,0	91,8	85,6	36	16B	181,4	166,0	163,4	56	16C	132,4	113,3	127,1
17	17A	92,8	95,8	96,0	37	17B	241,4	202,4	216,5	57	17C	112,9	126,2	127,3
18	18A	149,1	187,0	207,0	38	18B	527,9	652,7	616,7	58	18C	241,5	233,3	249,1
19	19A	133,4	146,4	155,1	39	19B	536,2	515,7	522,0	59	19C	201,2	176,3	182,9
20	20A	111,1	115,9	120,4	40	20B	251,6	215,5	236,2	60	20C	150,4	167,8	209,4



Şekil 6.1.Yıllık Isıtma İhtiyacı Hesaplama Yöntemlerinin Karşılaştırması

Modelin ortalama performansı hesaplanırken,

$$Q_{Pefromans} = \frac{|(Q_{TS825} - Q_{MODEL})|}{Q_{TS825}}$$

$$\text{Ortatalama Performans} = 1 - \left(\frac{Q_{Performans1} + Q_{Performans2} + \dots + Q_{performansN}}{N} \right) \text{ formülleri}$$

kullanılmıştır.

Aşağıdaki tabloda modellerin performans karşılaştırmaları yer almaktadır.

Tablo 6.2.Yapay Zeka Teknikleri Kullanılarak Isıtma İhtiyacı Modellerinin Performans Karşılaştırması

Model	Performans (%)
YSA	% 95
Bulanık Mantık	% 91,25
Neural-Fuzzy	% 95,51

Görüldüğü gibi,%95,51 performansla NF model çıktıları, tek tek modellerden daha iyi performans sergilemektedir.

YSA model, tek başına %95 performans göstermiştir. YSA modelin en önemli avantajı, ısıtma ihtiyacı hesaplanırken ısı kayıpları ve kazançları belirlendikten sonraki, aylara göre ısıtma gün dereceleri, ışınım değerlerini kullanmadan başarılı bir şekilde yıllık ısıtma ihtiyacını hızlı bir şekilde hesaplayabilmesidir. Ayrıca networkte yapılacak düzenlemeler ile çok daha iyi performansla hesaplamalar yapabilecektir. YSA modelin en önemli dezavantajı ise nümerik değerlerle çalışma zorunluluğundan dolayı, tüm enerji tüketim faktörlerinin kullanılacağı bir modelde girdi değerlerini sayısal hale getirmeden kullanamamasıdır. Mevcut model için ise ısı kayıpları ve kazançlarının klasik yöntemlerle hesaplanmasından sonra ısıtma ihtiyacı hesaplayabiliyor olmasıdır.

Fuzzy model, tek başına %91,25 başarı performansla en düşük performansı göstermesine rağmen, enerji tüketim parametrelerinin simgesel ifadelerle sayısallaştırılabileceğini kanıtlaması açısından anlamlı bulunmuştur. Daha fazla veri ve bulanık model üzerinde yapılacak çalışmalarla performansı artacaktır.

Neural Fuzzy model, performans olarak en iyi performansı göstermiştir. Bulanık mantıktaki dilsel değişkenleri sayısallaştırabilmesi, YSA daki hesaplama kolaylıklarından dolayı bundan sonraki çalışmaların NF modeller üzerinden daha başarılı sonuçlar vereceği değerlendirilmiştir.

Modellerin hepsi %90'ın üzerinde bir performans sergilemiştir. Bu sonuçlar ilerdeki çalışmalarda çok daha iyi sonuçlar alınabileceğinin göstergesi olarak kabul edilebilir.

Sonuç olarak, Yapay Zeka teknolojileri kullanarak binalarda enerji verimliliği çalışmalarına önemli katkılar sağlanabileceğine ortaya konulmuştur.

Enerji uzmanları ve yapay zeka uzmanlarının birlikte çalışması ile binalarda enerji yönetimi konusunda “Karar Destek Sistemleri” veya “Uzman Sistemler” tasarlanması ile enerji tüketimindeki tasarruf potansiyelleri normal çalışmalara göre çok daha hızlı ve etkin bir şekilde ortaya çıkartılabilecektir.

Kullanıcıların web ara yüzler kullanarak, tamamen sözel yöntemlerle dolduracakları bilgi toplama formları sadece ısıtma ihtiyacı için değil binadaki enerji tüketen tüm sistemler için karar destek sistemleri kurulmasının faydalı olacağı düşünülmekte ve önerilmektedir.

ÖZGEÇMİŞ

İhsan EROĞLU, 30.05.1976 da Sivas' ta doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Sivas'ta tamamladı. 1993 yılında Sivas Lisesinden mezun olduktan sonra 1994 yılında başladığı Kocaeli Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümünü 1999 yılında bitirdi. 1999 – 2000 yılları arasında İzmit Halk Eğitim Merkezinde Bilgisayar Öğretmeni olarak yarım zamanlı çalıştı. Kasım 1999 ile Şubat 2001 yılları arasında askerlik görevini tamamladıktan sonra, 2001 – 2002 yılları arasında KOM Tekstil ve Konfeksiyon A.Ş. Bilgi İşlem departmanında sistem mühendisi olarak çalıştı. Bu süre içerisinde şirketin ERP implemantasyonu, performans programları, depo otomasyonu gibi projelerinde görevler aldı. 2002 – 2006 yılları arasında Türk Hava Kuvvetleri Komutanlığı Lojistik Başkanlığında Maliyet Etkinlik Analiz Uzmanı olarak çalıştı. Hava Kuvvetleri komutanlığında çalışırken, HvKK Lojistik Başkanlığının Planlama, Programlama, Bütçeleme ve Bütçe Uygulamaları faaliyetlerinde uzman mühendis olarak görevler aldı. 2006 yılında kurumlar arası geçiş yaparak İstanbul Büyükşehir Belediyesi Trafik Müdürlüğü Trafik Kontrol Merkezi (TKM) ve Arge şefi olarak çalıştı. İBB Trafik Müdürlüğünde Akıllı Ulaşım Sistemleri (ITS) projeleri ve Ar-GE projelerinde görevler aldı. Nisan 2007 den itibaren İBB Şehir Aydınlatma ve Enerji Müdürlüğüne geçerek Enerji Yönetimi konularında çalışmalar yapmaya başladı. Şu anda İstanbul Büyükşehir Belediyesi Şehir Aydınlatma ve Enerji Müdürlüğünde Enerji Grup Koordinatörü olarak görev yapmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] 2005-2006 Türkiye Enerji Raporu, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, ISSN 1301-6318, Aralık 2007
- [2] http://www.tuik.gov.tr/AltKategori.do?ust_id=16, Ekim 2009
- [3] PAMİR, N. , Enerji Arz Güvenliği ve Türkiye, ASAM Yayınları, Stratejik Analiz, Ankara, Mart 2007
- [4] http://www.eie.gov.tr/duyurular/EV/dankur/2009/02-Ek-1_EnVer_Plan_Taslagi.doc, Aralık 2009
- [5] 5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu ,Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı , Nisan 2007
- [6] ÜLGEN, K., Binalarda Enerji Yönetimi, EİE Binalarda Enerji Yöneticisi Eğitim Notları, Ankara Mayıs 2007
- [7] ÖZ, M.E., Bursa İçin Konutlarda Enerji Tüketim Karakteristiklerinin Belirlenmesi ve Bu Konutlar İçin Yakıt Hücreleri İle Alternatif Enerji Tüketim Sistemlerinin Karşılaştırılması,Doktora Tezi,Uludağ Üniversitesi FBE , Bursa, 2006
- [8] TS825 Isı Yalıtım Kuralları, Bayındırlık Bakanlığı, Haziran 1999
- [9] Oturan Binaların Termo-Rehabilitasyonu İçin Gaz Tüketiminin İzlenmesi" AB Projesi Sonuç Raporu; Sivas Belediyesi, RN:TR 0604.01.-01/216, Sivas, 2009
- [10] BULUT, H., DURMAZ, F., AKTACİR, A., İklimlendirme Sistemleri İçin Soğutma Yüğü Hesap Yöntemlerinin Karşılaştırılması, Türk Tesisat Mühendisleri Derneği VII. Uluslararası Yapıda Tesisat Teknolojisi Sempozyumu, İstanbul, Mayıs 2006
- [11] BULUT, H., AKTACİR, A., Kayseri İlinin Serbest Soğutma Potansiyelinin İncelenmesi, ULIBTK'07 16. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi , Kayseri, Haziran 2007

- [12] TOPAL, O. , Binalarda Enerji Verimliliği, Y.Lisans Tezi, Yıldız Üniversitesi FBE, İstanbul, 2009
- [13] GENÇOĞLU, M. T., ÖZBA, Y E. Aydınlatmada Enerji Verimliliği Yöntemleri,
http://perweb.firat.edu.tr/personel/yayinlar/fua_612/612_30873.pdf,
Temmuz 2009
- [14] http://www.eie.gov.tr/turkce/en_tasarrufu/konut_ulas/en_tasarruf_bina_ay.html , Kasım 2009
- [15] ONAYGİL, Ş., ERKİN, E., GÜLER, Ö., Konutların Aydınlatılmasında Enerji tasarruf Potansiyelinin Bir Pilot Bölge Çalışmasıyla İncelenmesi, Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu, İzmit , Mayıs 2005
- [16] KILIÇ, B.,KAVAK, R., EROĞLU, İ., İBB Merter Ek Hizmet Binası Enerji Verimliliği Etüt Raporu, EİE, İstanbul, Haziran 2008,
- [17] GENÇER, S. S., Isıtma, Soğutma, Klima Sistemlerinde Otomasyon ile Enerji Tasarrufu , EİE Binalarda Enerji Yöneticisi Eğitim Notları, Ankara, Mayıs 2007
- [18] KAYA E., Binalarda Enerji Yönetimi, EİE Binalarda Enerji Yöneticisi Eğitim Notları, Ankara, Mayıs 2007
- [19] Factors That Influence Energy Consumption,
http://www3.hku.hk/mech/msc-courses/MEBS6016/CIBSE-B8_Reducing.pdf , Kasım 2009
- [20] <http://www.igdas.com.tr/Dynamic/YakitFiyatKarsilastirmasi.igd>
Aralık 2009
- [21] BULUT, H. ,BÜYÜKALACA, O., YILMAZ, T. , Türkiye İçin Isıtma Ve Soğutma Derece-Gün Bölgeleri, ULIBTK'07 16. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi , Kayseri, Haziran 2007
- [22] BULUT, H. ,BÜYÜKALACA, O., YILMAZ, T., Binalarda Enerji Tüketiminin Sıcaklık Aralığı (BIN) Yöntemi ile Belirlenmesi, II.Doğalgaz & Enerji Yönetimi Kongre ve Sergisi, Gaziantep, Eylül 2003
- [23] WHITBY B., A Beginner's Guide:Artificial Intelligence, İletişim Yayınları, İstanbul, 2005
- [24] DOĞAN, A.,Yapay Zeka, Kariyer Yayıncılık, Kasım 2002, İstanbul
- [25] ÖZTEMEL, E.,Yapay Sinir Ağları,Papatya Yayıncılık, Ağustos 2003, İstanbul

- [27] ELMAS, Ç., Bulanık Mantık Denetleyiciler, Seçkin Yayıncılık, 2003, Ankara
- [28] FIRAT, A., Yapay Sinir Ağları İle Yapısal Sistemlerin Analizi, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi FBE, 2003, Elazığ

