

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



ELEKTRİKLİ EV ALETLERİNİN ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN TERMODİNAMİK
YAKLAŞIMLA ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Benil Büşra BAŞER

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

Tez Danışmanı: Prof.Dr. Zafer UTLU

NİSAN-2015

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



ELEKTRİKLİ EV ALETLERİNİN ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN TERMODİNAMİK
YAKLAŞIMLA ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Benil Büşra BAŞER

Öğr. No:Y1313.080018

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

Tez Danışmanı: Prof.Dr. Zafer UTLU

NİSAN-2015



T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

Yüksek Lisans Tez Onay Belgesi

Enstitümüz Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı Makine Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı Y1313.080018 numaralı öğrencisi **Benil Büşra BAŞER**'in "ELEKTRİKLİ EV ALETLERİNİN ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN TERMODİNAMİK YAKLAŞIMLA ANALİZİ" adlı tez çalışması Enstitümüz Yönetim Kurulunun 20.04.2015 tarih ve 2015/09 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından *o.g.b.ü.ü.* ile Tezli Yüksek Lisans tezi olarak *..k.b.m..* edilmiştir.

Öğretim Üyesi Adı Soyadı

İmzası

Tez Savunma Tarihi :30/04/2015

1)Tez Danışmanı: Prof. Dr. Zafer UTLU

2) Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Vedat ÖZYAZGAN

3) Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Erkan BİBER

Not: Öğrencinin Tez savunmasında **Başarılı** olması halinde bu form **imzalanacaktır**. Aksi halde geçersizdir.

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum 'ELEKTRİKLİ EV ALETLERİNİN ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN TERMODİNAMİK YAKLAŞIMLA ANALİZİ' adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Bibliyografya'da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim.(04/04/2015)

Benil Büşra BAŞER

ÖNSÖZ

Yaşadığımız dünyada üretim, tüketim, konfor ve sürdürülebilir kalkınmanın için enerji en önemli bileşen haline gelmiştir. Her alanda yaygın olarak kullanılmaya devam eden fosil kaynakları tükenecek olması ve artan nüfusla birlikte enerji talebindeki artışlar nedeniyle dünyamızda mevcut yenilenebilir enerji kaynaklarının ortaya çıkartılması ve kullanıma sunulması gerekmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı tarafından yapılan çalışmalar, günümüzde uygulanan enerji politikaları ve enerji arzının devam etmesi durumunda dünya birincil enerji talebinin 2030 yılına kadar %40 oranında artacağı beklenmekte ve bu yüzden enerji kaynaklarının çeşitliğinin artırılması büyük önem taşımaktadır.

Günümüzde ayrıca son derece önemli olan dünyadaki enerji kaynaklarının etkin bir şekilde kullanılmasında en öncelikli konuların başında yer almaktadır. Bu bakımdan enerji kaynaklarının etkin kullanımının artırılması ve verimliliği üzerine daha fazla çalışmaların yapılması enerji gereksinimlerinin karşılanması için son derece önem arz etmektedir. Bu yaptığım çalışmamın temel amacı enerji kaynaklarının konut sektöründe Türkiye’de kullanımının termodinamik olarak analiz edilmesi ve çıkan sonuçların değerlendirilmesi olacaktır.

Yukarıda bahsettiğim konular ışığında hazırlamış olduğum tezimde ve yüksek lisans eğitimim boyunca bilgisi ve tecrübesi ile çalışmalarına en büyük desteği sağlayan değerli hocam Prof. Dr. Zafer UTLU’ya, tez çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen ve eğitimin boyunca her zaman bana destek olan aileme sonsuz şükran ve teşekkürlerimi sunarım.

İSTANBUL-2014

Benil Büşra BAŞER

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	ix
ŞEKİL LİSTESİ	xii
TÜRKÇE ÖZET	xiii
İNGİLİZCE ÖZET	xiv
1.GİRİŞ.....	1
2.LİTERATÜR TARAMASI.....	4
3.TÜRKİYE’NİN ENERJİ KULLANIMI.....	7
3.1. Enerji Kavramı Ve Türkiye’nin Enerji Kaynakları	7
3.1.1. Enerji kavramı	7
3.1.2. Enerji kaynakları	7
3.1.2.1. Birincil enerji kaynakları	8
3.1.2.2. İkincil enerji kaynakları.....	9
3.2. Türkiye’nin Fosil Enerji Kaynakları	10
3.2.1. Kömür.....	10
3.2.1.1 Türkiye kömür üretimi ve tüketimi.	14
3.2.2. Petrol.....	15
3.2.3. Doğal gaz	16
3.3. Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları.....	17
3.3.1. Rüzgâr enerjisi.....	18
3.3.2. Güneş enerjisi	20
3.3.3. Hidrolik enerjisi	22
3.3.3.1.Türkiye’nin hidrolik enerjisi potansiyeli	23
3.3.4. Jeotermal enerjisi	24
3.3.5. Biomass enerjisi	26
3.3.6. Dalga enerjisi.....	28
3.4. Türkiye’nin Enerji Durumuna Genel Bakış.....	29
3.5. Türkiye’nin Enerji Talebindeki Gelişmeler.....	31
3.5.1.Türkiye’nin enerji sektörünün yapısını belirleyen temel veriler	34
3.5.2 Türkiye enerji sektörü ile ilgili temel tespitler	34
3.5.3. Enerji talebi, üretimi ve ithalatı	35
3.5.4. Elektrik üretim-tüketim durumu	35
4.TÜRKİYE’NİN ENERJİ KAYNAKLARININ ENERJİ KULLANIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	38
4.1. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Dünya’da Kullanımı	38
4.2. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye’de Kullanımı.....	38
4.3. Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Enerji Kullanımının Sektörlere Göre Değerlendirilmesi	40
4.3.1. Çevrim ve enerji sektörü	40
4.3.2. Konut ve hizmetler sektörler	43
4.3.3. Alan ısıtması.....	43
4.3.4. Su ısıtma	44

4.3.5. Mutfak kullanımı	44
4.3.6. Sanayi ve ulaştırma.....	48
5.TÜRKİYE KONUT SEKTÖRÜNDE ENERJİ KULLANIMI SİSTEMLERİNİN VE ELEKTRİKLİ EV ALETLERİNİN İNCELENMESİ	49
5.1.Türkiye' deki Konut Sayısı.....	50
5.2.Türkiye' de Konutlardaki Enerji Kullanımı	50
5.3.Konutların Isıtılması Ve Soğutulması	51
5.3.1.Konutlarda ısıtma	51
5.3.1.1. Bireysel ve merkezi ısıtma sistemleri.....	52
5.3.1.2. Kombiler.....	52
5.3.1.3. Kat kaloriferleri	53
5.3.1.4. Sobalar.....	53
5.3.1.5. Şömineler.....	54
5.3.1.6. Şofbenler ve termosifonlar	54
5.3.1.7. Merkezi sistemler	54
5.3.1.8. Üretildikleri malzemeye göre merkezi ısıtma cihazları	54
5.3.1.9. Brülörlerine göre merkezi ısıtma cihazları.....	55
5.3.1.10. Bireysel ve merkezi sistemlerin karşılaştırılması.....	55
5.3.2. Konutlarda soğutma	57
5.3.2.1. Güneş enerjisi ile soğutma sistemi	57
5.3.2.2. Klima ile soğutma.....	57
5.3.2.3. Evaporatif sistemler.....	57
5.4. Konutlarda Pişirme.....	58
5.4.1. Konutlarda aydınlatma	60
5.4.2. Elektrikli ev aletleri	61
5.4.2.1. Buzdolabı	62
5.4.2.2. Çamaşır makinesi	65
5.4.2.3. Bulaşık makinesi	71
5.4.2.4. Elektrikli ev aletlerinin enerji sınıfının etiketlenmesi.....	76
5.4.3.Elektrikli ev aletlerinin ve aydınlatmanın verimlilik açısından incelenmesi	79
5.4.3.1. Elektrikli ev aletlerinin ve aydınlatmanın tüketim değerleri.....	79
5.4.3.2. Elektrik tarifeleri.....	80
6.TERMODİNAMİK ANALİZ (FORMULASYONLAR)	82
6.1. Genel Termodinamik Kavramlar.....	82
6.1.1. Sistem (Termodinamik sistem)	82
6.1.2. Çevre	82
6.1.3. Sınır	82
6.1.4. Isı	82
6.1.5. İş.....	83
6.2. Enerjinin Biçimleri	83
6.2.1. Potansiyel enerji.....	83
6.2.2. Kinetik enerji	84
6.2.3. İç enerji	84
6.2.4. Sistemin toplam enerjisi	84
6.3. Isıl Denge	84
6.4. Termodinamiğin Birinci Yasası	84
6.4.1. Kapalı sistemler (Kontrol kütlesi) için termodinamiğin birinci yasası ...	85
6.5. Termodinamiğin İkinci Yasası	85
6.5.1. Isı makinesinin verimi	85
6.5.2. Tersinir hal değişimi.....	86
6.5.3. İçten tersinir hal değişimleri	86
6.5.4. İçten tersinir adyabatik (İzantropik) hal değişimleri.....	86
6.5.5. Tersinmez hal değişimleri.....	86
6.5.6. Carnot çevrimi	86

6.5.7. Ters Carnot çevrimi	86
6.6. Entropi	87
6.6.1. Entropinin artışı ilkesi.....	88
6.6.1.1. Kapalı sistemler (Kontrol kütlesi) için entropinin artışı ilkesi	88
6.6.2. Entropi transferi	88
6.6.2.1. Isı yolu ile entropi transferi	88
6.6.2.2. İş ile entropi transferi	89
6.6.2.3. Kütle akışı ile entropi transferi.....	89
6.6.2.4. Entropi dengesi.....	89
6.6.3. Açık sistemler (Kontrol hacmi) için entropi dengesi	89
6.7. Ekserji (Kullanılabilirlik).....	89
6.7.1. Ölü hal.....	90
6.7.2. Yararlı iş	90
6.7.3. Tersinir iş.....	90
6.7.4. Fiziksel ekserji	90
6.7.5. Kimyasal ekserji.....	90
6.7.6. Ekserji transferi	91
6.7.6.1. Isı ile ekserji transferi	91
6.7.6.2. İş ile ekserji transferi.....	91
6.7.6.3. Kütle ile ekserji transferi	91
6.7.7. Ekserji yıkımı.....	91
6.7.8. Ekserji dengesi.....	91
6.8. Enerji Ve Ekserji Modellenmesi.....	92
6.8.1. Genel ilişkiler.....	92
6.8.1.1. Kütle, enerji, entropi ve ekserji dengeleri	92
6.8.1.2. Ekserjetik gelişme potansiyeli	94
6.8.1.3. Termodinamik parametreler	94
6.8.2. İkinci kanun verimi.....	94
7.ELEKTRİKLİ EV ALETLERİNİN TERMODİNAMİK ANALİZİ	95
7.1. Konut Sektörünün Enerji Ve Ekserji Kullanım Verimliliklerinin Analizi.....	95
7.1.1. Konut ısıtma	97
7.1.2. Su ısıtma	98
7.1.3. Pişirme	99
7.1.4. Elektrik kullanımı için verimlilik değerleri	101
7.1.4.1. Aydınlatma	102
7.1.4.2. Buzdolabı	102
7.1.4.3. Su ısıtma	103
7.1.4.4. Pişirme	103
7.1.4.5. Konut ısıtma	103
7.1.4.6. Klima	103
7.1.5. 2000 yılı enerji ve ekserji kullanım verimlilikleri	104
7.2. Konut Isıtma-Pişirme Ve Su Isıtma İçin Yakıt Tüketim Tahminleri	105
7.2.1. Konut birimlerinin ısıtma sistemi ve yakıt tercihleri	105
7.2.2. Konut ısıtmada yıllık yakıt tüketim varsayımları	105
7.2.2.1. Merkezi ısıtma	106
7.2.2.2. Sobalarla ısıtma	106
7.2.3. Pişirme	107
7.2.4. Su ısıtma	110
7.2.5. Türkiye konut ve hizmet sektöründe enerji akışı ve etkileyen parametreler	112
7.2.6. Konut ısıtma, pişirme ve su ısıtmada yıllık ekserji tüketimi.....	112
8. SONUÇ	115
KAYNAKÇA	120
ÖZGEÇMİŞ	123

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

SEMBOLLER

A: Alan, m²

c: Özgül ısı, kJ/(kg·K)

c_p: Sabit basınçta özgül ısı, kJ/(kg·K)

c_v: Sabit hacimde özgül ısı, kJ/(kg·K)

e: Birim kütle için sistemin toplam enerjisi (Özgül enerji), kJ/kg

E: Sistem toplam enerjisi, kJ

Ē_x: Ekserji, kJ

Ē_{xyıkım}: Ekserji yıkımı, kJ

h: Özgül entalpi, kJ/kg

H: Toplam entalpi, kJ

h̄: Bileşiğin mükemmel gaz varsayımıyla, belirtilen sıcaklık durumundaki entalpi değeri, kJ/kmol

h̄⁰_f: Kimyasal bileşiğin 25 °C sıcaklık ve 1 atm basınçta formasyon entalpisi, kJ/kmol,

h̄_o: Bileşiğin mükemmel gaz varsayımıyla, referans durumdaki (25 °C) entalpi değeri, kJ/kmol

i: Birim kütle başına tersinmezlik (Özgül tersinmezlik), kJ/kg

I: Toplam tersinmezlik, kJ

ke: Birim kütle için kinetik enerji (Özgül kinetik enerji), kJ/kg

KE: Toplam kinetik enerji, kJ

m: Kütle, kg

ṁ: Kütle debisi, kg/s M: Mol kütlesi, kg/kmol n: Mol miktarı, kmol

P: Basınç, kPa

P₀: Çevre basıncı, kPa

P_i: Kısmi basınç, kPa

pe: Sistemin birim kütlesi için potansiyel enerji (Özgül potansiyel enerji), kJ/kg

PE: Toplam potansiyel enerji, kJ

q: Birim kütle için ısı geçişi, kJ/kg

Q: Toplam ısı geçişi, kJ

Q̇: Birim zamanda ısı geçişi, kW

R: Gaz sabiti, kJ/(kg·K)

s: Özgül entropi, kJ/(kg·K)

S_{üretim}: Özgül entropi üretimi, kJ/(kg·K)

S: Toplam entropi, kJ/K

S_{üretim}: Toplam entropi üretimi, kJ/K

T: Sıcaklık, °C veya K

T₀: Çevre sıcaklığı, °C veya K

T_b: Yüksek sıcaklıktaki ısı enerji deposunun (cismin, kaynağın) sıcaklığı, K

T_L: Düşük sıcaklıktaki ısı enerji deposunun (cismin, kuyunun) sıcaklığı, K

u: Özgül iç enerji, kJ/kg

U: Toplam iç enerji, kJ

v: Özgül hacim, m³/kg

V: Toplam hacim, m³

w: Sistemin birim kütlesi için yapılan iş, kJ/kg

W: Toplam iş, kJ

W_{tr}: Tersinir iş, kJ

YUNAN HARFLERİ

Δ: Miktarda sonlu değişim

ΔE: Sistemdeki toplam enerji değişimi, kJ

δH: Taşınan entalpi miktarı, kJ/kg

ΔS: Bir hal değişimi sırasında entropinin değişimi, kJ/K

η: Birinci yasa verimi, Enerji verimi

ε: İkinci yasa verimi, Ekserji verimi

ρ: Havanın yoğunluğu, kg/m³

φ: Yakıtın kimyasal ekserji faktörü

ω: Özgül nem veya mutlak nem, kg veya H₂O/kg kuru hava

İNDİSLER

a: Hava

b: Deneye ait başlangıç sıcaklığı

s: Deney süresi sonunda ulaşılan su sıcaklığı

fiz: Fiziksel

kim: Kimyasal

i: İç

o: Dış

H: Yüksek sıcaklıktaki enerji deposu

L: Düşük sıcaklıktaki enerji deposu

1: Başlangıç veya giriş hali

2: Son hal veya çıkış hali

ÇİZELGE LİSTESİ

- Çizelge 3.1.** Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması [13]
- Çizelge 3.2.** Türkiye'nin Birincil Enerji Talebi [17]
- Çizelge 3.3.** Uluslararası Genel Kömür Sınıflaması [20]
- Çizelge 3.4.** 2012 Yılı Kömür Sahalarına Ait Rezervler
- Çizelge 3.5.** Türkiye'nin Linyit Rezervleri
- Çizelge 3.6.** 2005-2012 yılları arasında kömür rezervinde artış olan bölgeler [20]
- Çizelge 3.7.** Doğal Gaz Üretim Miktarları (milyon Sm³) [21]
- Çizelge 3.8.** Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Potansiyeli (MtEP) [22]
- Çizelge 3.9.** Türkiye'nin Toplam Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli (50 metre) [22]
- Çizelge 3.10.** Türkiye'de Bölgelere Göre Güneş Enerjisi Potansiyeli [22]
- Çizelge 3.11.** Türkiye'nin ortalama güneş enerjisi potansiyeli ve aylara göre güneşlenme süreleri [22]
- Çizelge 3.12.** Hidroelektrik Üretiminin Elektrik Üretimi İçinde Payı (GWh) [23]
- Çizelge 3.13.** İşletmedeki HES'ler, 2012 [24]
- Çizelge 3.14.** Sahaların Elektrik Üretim Kapasiteleri (Trez>140 oC) [8]
- Çizelge 3.15.** Bölgesel Ortalama Dalga Yoğunluğu [7]
- Çizelge 3.16.** Türkiye'nin Elektrik Üretim Değerleri (Milyar kWh) [3]
- Çizelge 3.17.** 2012 Kurulu Gücün Birincil Enerji Kaynaklarına Göre Dağılımı (MW-%) [3]
- Çizelge 3.18.** Kişi Başına Yıllık Elektrik Enerjisi Tüketimi 2012 [25]
- Çizelge 3.19.** Elektrik Üretim-Tüketim Durumu [27]
- Çizelge 3.20.** 2012 Yılı Elektrik Enerjisi Genel Görünümü [27].
- Çizelge 3.21.** Türkiye'de Günümüzde ve Gelecekte Toplam Enerji
- Çizelge 4.1.** Nüfus, Yenilenebilir Enerji ve Ekserji Üretimi ve Tüketimi Değerleri 2012
- Çizelge 4.2.** Türkiye'nin Enerji ve Ekserji Üretim ve Tüketim Değerleri 2012
- Çizelge 4.3.** Türkiye'nin Yenilenebilir ve Toplam Enerji Kaynaklarının Enerji ve Ekserji Üretim Değerleri 2012.
- Çizelge 4.4.** 2012 Yılı Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Sektörlere Göre Kullanım Değerleri.
- Çizelge 4.5.** Yenilenebilir Enerji ve Ekserjinin 2012 Yılı İçin Elektrik Üretiminde kullanımı

- Çizelge 4.6.** Türkiye'nin toplam enerji ve yenilenebilir enerjisinin 2012 yılındaki enerji verimlilikleri
- Çizelge 4.7.** Türkiye'nin toplam enerji ve yenilenebilir enerjisinin 2012 yılındaki ekserji verimlilikleri
- Çizelge 5.1.** Yakıtların ısı değerleri [8]
- Çizelge 5.2.** Yakıtların verimleri [8]
- Çizelge 5.3.** Lamba tiplerine göre elektrik tüketiminin karşılaştırılması [9]
- Çizelge 5.4.** Buzdolabının enerji verimliliği sınıfına göre yıllık elektrik gideri ve tüketimi [9]
- Çizelge 5.5.** Çamaşır makinesinin enerji verimlilik sınıfına göre yıllık elektrik gideri ve tüketimi [9]
- Çizelge 5.6.** Bulaşık makinesinin enerji verimlilik sınıfına göre yıllık elektrik gideri ve tüketimi [9]
- Çizelge 5.7.** Enerji verimlilik indeksi değerlerine bağlı olarak enerji verimlilik sınıflarının belirlenmesini sağlayan değerler [4]
- Çizelge 5.8.** M ve N değerleri [4]
- Çizelge 5.9.** En düşük sıcaklıktaki bölmenin sıcaklık ve yıldız sayısı göz önüne alınarak M ve N değerleri [4]
- Çizelge 5.10.** Bölmelere göre Cc katsayısı [4]
- Çizelge 5.11.** Enerji sınıflarına göre cihazların günlük elektrik tüketimi [4]
- Çizelge 5.12.** Elektrikli ev aletlerinin aylık enerji tüketimi karşılaştırması
- Çizelge 5.13.** Elektrik tarifeleri [14]
- Çizelge 7.1.** 2012 yılı Türkiye konut - hizmetler sektöründe enerji ve ekserji kullanımı
- Çizelge 7.2.** 2012 yılı Türkiye konut ısıtma sistemi ve yakıt tercihleri (%)
- Çizelge 7.3.** Konut ısıtma amaçlı kullanılan yakıtların 1.ve2.kanun verimlilikleri
- Çizelge 7.4.** Su ısıtma sistem ve yakıt tercihleri (%)
- Çizelge 7.5.** Su ısıtma amaçlı kullanılan yakıtların birinci ve ikinci kanun verimlilikleri
- Çizelge 7.6.** 2012 yılı Türkiye Pişirme sistem ve yakıt tercihleri (%)
- Çizelge 7.7.** Pişirme amaçlı kullanılan yakıtların verimlilikleri (%)
- Çizelge 7.8.** 2000 yılı Türkiye'sinde konutlarda elektrik enerjisi kullanım payları
- Çizelge 7.9.** Konutlarda elektrikli aletlerin doygunluk değeri (2012)
- Çizelge 7.10.** Elektrikli aletlerin enerji ve ekserji kullanımı
- Çizelge 7.11.** 2012 yılı Türkiye konut ısıtma sistemleri ve yakıt tercihleri Projeksiyonu
- Çizelge 7.12.** Konutlarda pişirme amaçlı sistem ve yakıt tercihleri (%)
- Çizelge 7.13.** Evlerde kullanılan cihazların sıcaklık ve verimlilikleri
- Çizelge 7.14.** Isıtma bölgelerine göre yıllık su derece gün değeri
- Çizelge 7.15.** Konutlara göre su ısıtma tercih sistemleri
- Çizelge 7.16.** Çeşitli ısıtma sistemleri enerji verimliliği (CIBSE)

Çizelge 7.17. Isıtma sistem tercihlerine göre su ısıtma amaçlı yıllık enerji ihtiyacı (PJ).

Çizelge 7.18. Türkiye konut ve hizmet sektöründe konut ısıtma, su ısıtma, pişirme amaçlı tüketilmesi tahmin edilen yıllık yakıt miktarı (PJ)

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1: Türkiye'nin Kömür Havzaları 2009

Şekil 3.2: 2012 Yılı Kaynak Ülkeler Bazında Türkiye'nin Doğal Gaz İthalatı [21]

Şekil 3.3: Türkiye rüzgâr enerji santrallerinin kurulu gücü (MW) [23]

Şekil 3.4: Türkiye rüzgâr enerji santrallerinin kurulu güç bakımından yıllara göre birikmiş dağılımı (MW) [23]

Şekil 3.5: Türkiye geneli 50 m yükseklikteki ortalama yıllık rüzgâr hızları dağılımı [4]

Şekil 3.6: Türkiye'nin güneşlenme haritası [11]

Şekil 3.7: Türkiye'nin Hidrolik Havzaları [11]

Şekil 3.8: En Düşük Dalga Enerji Seviyeleri [7]

Şekil 3.9: En Yüksek Dalga Enerji Seviyeleri [7]

Şekil 3.10: 2012 Yılı Elektrik Enerjisi Üretiminin Birincil Enerji Kaynaklarına Göre Dağılımı(%) [3]

Şekil 3.11: Dünya Birincil Enerji Tüketimi Kaynaklar Bazında (%) [27]

Şekil 3.12: 2012 Yılı Sonu İtibariyle Kurulu Gücün Kaynak Bazında Dağılımı [3]

Şekil 3.13: 2012 Yılı Elektrik Üretiminin Kaynaklara Göre Dağılımı [27]

Şekil 5.1: Türkiye' de kullanılan enerjinin dağılımı [6]

Şekil 5.2: Türkiye' de konutlarda kullanılan enerjinin dağılımı [6]

Şekil 5.3: Konutlarda kullanılan elektrikli ev aletlerinin tüketim oranları

Şekil 5.4: Bir elektrikli ev aletinin enerji etiketi örneği [4]

Şekil 6.1: Carnot çevriminin P-Vdiyagramı [31].

Şekil 6.2: Ters Carnot çevriminin P-V diyagram [31].

Şekil 7.1: 2000 yılı Türk konut-hizmetler sektöründe kullanılan enerji dağılımı (PJ)

ELEKTRİKLİ EV ALETLERİNİN ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN TERMODİNAMİK YAKLAŞIMLA ANALİZİ

ÖZET

Türkiye’ de kullanılan enerjinin dağılımına bakıldığında konutlardaki enerji tüketim miktarı göze çarpmaktadır. Elektrikli ev aletleri ve aydınlatmanın tüketim oranı konutlardaki enerji tüketiminin %25’idir.

Bu çalışmada, konutlardaki elektrikli ev aletleri ve aydınlatmanın enerji verimlilik sınıfları incelenmiştir. Konutlarda Enerji verimlilik sınıfı yüksek cihazlar kullanılarak tüketimin minimize edilmesi, Türkiye ekonomisine etkisi ve gerçekleştirilebilir olup olmadığı araştırılmıştır.

Araştırma sonucunda, Türkiye’ de konutlardaki elektrikli ev aletleri ve aydınlatma üzerine yapılan iyileştirmelerin, Türkiye ekonomisine olan etkileri sayısal değerlerle ifade edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: konut sektörü, enerji, enerji analizi, ekserji analizi, enerji kullanımı, enerji verimliliği

THERMODYNAMIC APPROACH TO THE ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF ELECTRICAL APPLIANCES

ABSTRACT

When we looked at the Turkey's energy dispersal, energy consumption in the buildings attracts. The consumption rates of electric household appliances and lightening is %25 at Energy consumption in the buildings.

In this research, energy efficiency class analysis was performed for electric household appliances and lightening. It is researched that the minimization of energy consumption in buildings by using energy efficient appliances, the impact of Turkey's economy and feasibility in today's Turkey.

As a result of researchment, the effects of Turkey's economy of the improvements in buildings of electric household appliances and lightening in Turkey, expressed with numerical values.

Keywords: residential sector, energy, energy analysis, exergy analysis, energy use, energy efficiency

1.GİRİŞ

Enerji ülkelerin sosyal zenginliği ve ekonomik gelişimi için önemli bir faktördür. Modern toplulukların var olabilmesi için enerjinin mutlaka kullanılması gereklidir. Günümüzde bir ulusun gelişmişlik düzeyi kişi başına tüketilen enerji miktarına göre değerlendirilir. Ekonomik gelişmeler ve toplumun ilerlemesi daha fazla enerji gereksinimi ihtiyaç duymasına rağmen fosil kaynaklı enerji kaynakları yakın gelecekte tükenecektir ve bu kaynaklar aynı zamanda çevremizi kirletmektedir [1]. Sınırlı olan fosil enerji kaynakları dünya enerji ihtiyacının önemli bir kısmını karşılamasına rağmen çevreye verdikleri zarar ve gelecek nesillerin enerji ihtiyaçları göz önüne alındığında yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi daha da artmıştır[2]. Bu yüzden yenilenebilir enerji kaynakları, örneğin güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, hidroelektrik, biokütle ve jeotermal küresel enerji gereksinimini karşılayacak sürdürülebilir bir yoldur. Bu enerji kaynaklarının en büyük avantajı ilk, yerel, temiz ve aynı zamanda tükenmez enerji kaynakları olmasıdır [1].

Günümüzde büyük ekonomik gelişme ve hızla artan yaşam kalitesi sonucu olarak Türkiye’de enerji sektörünün her alanında hızlı bir talep artışı olduğu gözlemlenmektedir. Türkiye, gelişmekte olan ülkeler içerisinde enerji talebinin en hızlı arttığı ülke durumundadır” [3].

Ekonomik ve sosyal kalkınmanın sürdürülebilir olması için enerji, ekonominin en önemli unsuru olma özelliğini korumaktadır. Enerjide ithalat bağımlılık oranının yüzde 72 seviyesinde olduğu ülkemizde petrol ve doğalgazın neredeyse tümü, kömürün ise beşte biri ithal edilmektedir [3].

Türkiye’de enerji ihtiyacını yeterli bir şekilde karşılamak için oldukça sınırlı olan doğal kaynaklarımızı doğru olarak kullanmaya, yeni geliştirilen teknolojilerle enerji sağlamada çeşitlendirmeye ve mevcut teknolojilerin verimliliğini arttırmaya, alternatif enerji kaynaklarını değerlendirmeye yönelik çalışmalara büyük bir önem verilmektedir. Ayrıca, enerji arz güvenliğimizin sağlanmasında toplumda enerji

verimliliği bilincinin yerleştirilmesine ve geliştirilmesine de özel bir önem verilmektedir [3].

Petrol ve kömür gibi doğada sınırlı miktarda bulunan fosil yakıtlar hızla tükenmektedir. Aynı zamanda küresel ısınma ve iklim değişikliği, fosil enerji kaynaklarının kullanımının azaltılmasını zorunlu kılmakta ve sürekli artan enerji talebini karşılayabilmek için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını ve enerji verimliliğine yönelik abalari arttırmak gerekmektedir.

Dünyada ve Türkiye’de enerjiye talebin artması ve gelecekte hızla devam edecek olması birçok kurum enerji ihtiyaçlarının geleceklere hakkında çalışma yapmasına neden olmaktadır. Bugünkü enerji ihtiyacı ile kıyaslandığında 2030 yılında enerji tüketiminin dünyada %60 ve Türkiye’de ise %100’den daha yüksek oranda artması beklenmektedir. Dünyada ve Türkiye’de nüfusun benzer olarak %1 oranında artması beklenmektedir. Artan nüfusun yanı sıra, dünyada gelişen ve büyüyen ekonomilerden gelen talep ve ülkemizde ise esas olarak şehirleşme ve sanayileşmeden kaynaklanan talep, söz konusu artışların temel nedenleri arasındadır.

Gelişmekte olan Türkiye’nin bir yandan nüfusu artarken diğer yandan da giderek enerjiye bağlı olarak yaşam kalitesi artmaktadır. Enerji kaynaklarımızı çeşitlendirmek ve kaynak temini konusunda mümkün olduğunca dışa bağımlılığımızı minimize etmek bakımından yenilenebilir enerji kaynaklarımızın kullanım oranlarının artırılması oldukça önemlidir. Ülkemizde birçok yenilenebilir enerji kaynağı mevcuttur ve bu yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretiminde çok daha fazla ve etkin olarak kullanılmalıdır [4].

Yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji üretiminde daha fazla rol oynaması ile hem daha temiz bir çevreye hem de daha az dışa bağımlılık sağlayacaktır. Türkiye’de mevcut olan yenilenebilir enerji kaynakları enerji üretimi sistemine bu bakımdan daha fazla dahil edilmelidir. Bu yapılırken kaynakların en etkin kullanılması yönünde yöntemler geliştirilerek atıl tesisler kurulmasından kaçınılmalıdır. Bu bakımdan yenilenebilir enerji kaynaklarımızın analizleri yapılmalı ve tesislerimiz de bu analizler çerçevesinde işletilmelidir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının varlığı ne kadar önemliyse bu kaynakların kullanılması da aynı derecede önem taşımaktadır.

Bu çalışmanın temel amacı; Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklarının termodinamik analizinin yapılarak kullanılabilirliğin doğru tespit edilmesidir. Ayrıca geleceğe yönelik projeksiyonlar belirlenecektir.

Birinci bölümde tezin hazırlanmasında kaynak olarak kullanılan çalışmaların taraması yer almaktadır.

İkinci bölümünde yenilenebilir enerji kaynaklarının ne demek olduğu ile başlayarak önemi ve etkileri ile devam etmektedir. Yine aynı bölümde yenilenebilir enerji olarak kabul edilen enerji kaynaklarından rüzgar, güneş, hidrolik enerji, biyokütle, jeotermal ve dalga enerjisi hakkında bilgiler sunulmuştur.

Üçüncü bölümde Türkiye'nin enerji kullanımı incelenmiştir. Bu incelemeye enerji tanımı, enerji kaynakları, birincil ve ikincil enerji kaynaklarının açıklamaları ile giriş yapılmıştır. Devamında Türkiye'nin fosil ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımları incelenmiştir. Bu kaynakların kullanım oranları ve mevcut durumlarından bahsedilmiştir. Türkiye'nin genel enerji durumu incelenerek Türkiye'nin enerji talebindeki gelişmelere yer verilmiştir. Türkiye'de enerji kullanımı tüm sektörlere göre veriler ışığında gösterilmiş enerji tüketimi ve üretimi durumu anlatılmıştır.

Dördüncü bölümde temel olarak kullanılacak termodinamik analiz yöntemlerine geçilmiştir. Genel termodinamik kavramlar ile birlikte enerji biçimleri, termik denge, termodinamiğin birinci ve ikinci kanunları hakkında bilgiler verilmiştir. Entropi ve ekserji konularına değinilerek enerji ve ekserji modellenmesi formüllerle desteklenerek anlatılmıştır.

Beşinci bölümde termodinamik analiz yöntemlerine göre konut sektöründe kullanılan enerjinin analizine geçilmiştir. İlk olarak konut sektörü enerji kullanımını açısından alt basamaklara ayrılmıştır. Alt basamaklarda her bir amaç için kullanılan enerjinin termodinamik analizi yapılmıştır. Bu analizlerde her bir kaynak için Türkiye'den birer örnek tesis seçilmiştir. Analizde gerekli olan veriler toparlanarak (dış ortam sıcaklığı, ışıma şiddeti, rüzgâr hızı vb.) enerji ve ekserji verimlilikleri bu örnek olarak seçilen tesisler için elde edilmiştir.

Sonuç bölümünde ise yapılan çalışmalardan elde edilen çıktılar irdelenmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Türkiye'nin bütünü için yapılan merkezi enerji planlamasının yanında her bir bölge için temel olarak bölgesel planlamaların yapılması ve her iki planlamanın koordineli yürütülmesi gerektiği vurgulanmıştır. Toplum nüfusunun genel olarak deniz kenarlarında yoğunlaşmasına neden olduğu özellikle bu bölgelerde dalga enerjisi önemli bir değer olarak değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Meteryal ve metodlar kısmında enerji ve ekserji analizinin dayandığı temel esasların açıklamaları yapılmıştır. Bu konuda yapılan daha önceki çalışmalar başlıklar altında belirtilmiştir. Enerji analizi ile ilgili kullanılan bağlantılar bir Çizelge halinde ayrıntılı olarak gösterilmiştir. Daha Türkiye'nin 2010 yılına ait verilerden elde edilen enerji kullanımı ve tüketimi ile yenilenebilir enerji kullanımı ve tüketimi Çizelge halinde verilmiştir. Bu Çizelge daha sonra yenilenebilir enerji kaynaklarının ve fosil enerji kaynakları için her bir enerji kaynağının üretim ve tüketim değerleri ayrı ayrı gösterilmek suretiyle ayrıntılı olarak sunulmuştur. Böylece herhangi bir fosil enerji kaynağı veya yenilenebilir enerji kaynağının enerji üretim ve tüketim değerlerine ulaşabilmektedir.

Bu çalışmada Türkiye'ye örnek model olarak seçilmiştir. Enerji projeksiyon değerleri 2012 yılı için alınmıştır. Enerji kaynaklarına göre bu kaynakların kullanım yüzdeleri her bir enerji kaynağı için ayrıntılı olarak Çizelge halinde gösterilmiştir. Bu tablonun hazırlanması için kullanılan bağlantılar Çizelge haline getirilerek kolay ulaşılabilmesi sağlanmıştır. Enerji kullanım veriminin yenilenebilir enerji kaynakları için değerlendirilmesi bölümünde sektörel olarak ayrı ayrı enerji kaynaklarının incelemesi yapılmıştır. Yenilenebilir enerji ile yenilenebilir enerjinde dahil olduğu toplam enerji kullanımları yüzdeler halinde verilmiş ve aralarında kıyaslamalar yapılarak değerlendirmelerde bulunulmuştur. Çıkan değerlerin nedeni hakkında dağıtım ve taşıma nedenlerinden dolayı oluşan kayıplara bağlanmıştır. Türkiye'nin enerji verimliliğinin için büyük bir potansiyele sahip olduğu ve bu potansiyelin kullanılmasıyla çevresel emisyon değerlerinin düşürülebileceği ve enerji arz

güvenliğinin arttırılabileceği belirtilmiştir. Bu çalışmada belirtilen bilgiler ışığında yenilenebilir enerji kullanımının verimli ve etkin kullanılmasıyla Türkiye'nin enerji konusunda büyük gelişmeler sağlanabileceği konusu vurgulanmıştır.

Enerji ekonomik gelişmişliğin önemli bir bileşeni ve aynı zamanda toplumun yaşam kalitesinin gelişmesinde öncüdür. Özellikle 1970'li yıllarda yaşanan enerji krizinden beri enerji politikalarında önemli değişikliklerin başlangıcı olmuştur. Günümüzde enerji politikalarının belirlenmesinde üç temel politika vardır. Bunlar enerji arz güvenliği, çevreye etkisi ve enerji piyasasındaki özellikle elektrik ve gaz sektörlerinde rekabet ortamıdır [28].

Gelişmekte olan ülkeler dünya nüfusunun yaklaşık olarak %80'ini oluşturmakta ise de dünya enerji piyasasındaki enerji tüketimleri %30 seviyesinde kalmaktadır. Enerji tüketimi nüfus yoğunluğu ve yaşam standartlarının artışı ile birlikte artmaktadır. Bu artış ile birlikte enerji ihtiyacının yayılması enerji için yeni yollar arayışının ortaya çıkmasını sağlamıştır. Sürdürülebilir gelişimi için yenilenebilir enerjinin kullanımının artmasının önünü açmıştır. Bu bölümde enerjinin her türlü kullanılmasında temel olarak sürdürülebilir kalkınma ve gelecek nesillere daha iyi bir çevre sağlamaktır. Burada belirtilen ekserji ve enerji arasında, ekserji ve çevre arasında, enerji ve sürdürülebilir gelişim arasında ve enerji politikaları ile ekserji arasında bağlantı vardır. Ekserji ve ekserjinin kullanılmasının gerektiren çeşitli yolları bulunmaktadır. Çevre üzerine enerji kaynaklarının kullanımının etkisini en iyi açıklayan bir yoldur. Enerji sistemlerinin analizi ve dizaynı için termodinamiğin ikinci kanunu ile birlikte enerji prensiplerinin korunumu ve kütlenin korunumu içeren etkili bir metottur. Enerji kaynaklarının kullanımının daha etkin kullanılması, kayıp ve kaçakların belirlenmesi, kurulacak tesisin kapasitesi, tesis için en uygun yerin seçimi amacıyla sürdürülebilir bir tekniktir. Sistemlerde var olan verimsizliklerin düşürülmesi sayesinde daha etkili enerji sistemlerinin oluşturulması için bir yoldur. Sürdürülebilir gelişimini sağlayan önemli bir bileşenidir. Enerji politikalarının belirlenmesinde önemli bir role sahiptir.

Ekserji enerjinin bir biçimidir veya değişime sebep olan kullanılabilirlik veya kalitenin bir ölçüsüdür. Ekserji maksimum iş olarak tanımlanır. Ekserji sadece ideal süreçler boyunca kullanılır fakat gerçek süreçlerde tersinmezlikten dolayı yıkama uğramaktadır. Ekserjinin konseptinde insanın tüm yaşam alanı bileşenleri limitsiz miktarda tamamen serbest olarak kullanılabilirliği farz edilmektedir. Ancak herhangi bir parametre örneğin sıcaklık, basınç gibi hiçbir zaman çevreyle eşit duruma gelmeyecek olan büyüklükler vardır. Bu durum sistemin iş yapma potansiyeli olarak ölçülebilir ve buda ekserji olarak ifade edilen iş yapabilme kabiliyetidir. Ekserji analizinin ana amacı kimyasal veya termal proseslerin hataların büyüklüğünün

sayısal bir şekilde hesaplanması ve sebeplerinin tespit edilmesi için yapılır. Ekserji analizi prosesin etkinliğinin termodinamik olarak etkisinin ve farklı termodinamik faktörlerin karşılaştırılmasının önemi ile prosesin iyileştirilmesinin en etkili yollarının anlaşılmasına liderlik etmektedir.

Termodinamik analizde enerji analizi (ϵ_1) ve ekserji analizi (ϵ_2) arasındaki farkın anlaşılması önemlidir. Ekserji analizi her zaman sistemin performansının daha iyi anlaşılması sağlamaktadır [28].

Konut - hizmetler sektöründe kullanılan enerji, çok düşük ekserji verimliliğine sahiptir. Çünkü bu sektörde düşük nitelikli enerji ihtiyaçları, yüksek kaliteli kaynaklar tarafından karşılanmaktadır.

Ekserji kullanım verimliliğindeki, gelişmenin potansiyeli, coğrafi, ekonomik ve politik ilişkilerle sınırlandırılmıştır.

- Bu bölümde; konut - hizmetler sektöründeki kullanılan enerji ve ekserji verimliliğinin durumu ve artış potansiyeli belirlenecektir.

- Yer ısıtma, pişirme, su ısıtma gibi etkinlikler ile birlikte konutlarda kullanılan elektrikli aletlerin (buzdolabı, aydınlatma, televizyon, bilgisayar, çamaşır makinesi, elektrik süpürgesi, vb.) tükettiği temel enerji ve elektrik tüketimleri belirlenmiştir.

- Konut ve Hizmetler sektörlerinde enerji tüketen sistemlerin 2023 yılında yıllık enerji tüketimleri projelendirilmiştir.

- Yenilenebilir enerji kaynaklarının bu sektörde daha etkin kullanım alanları araştırılarak, ekserji verimliliğini artırıcı öneriler ortaya konulmuştur.

Bu bölüm, konut, idari, kamu ve ticari binalarındaki enerji tüketimlerinin tamamını içerecektir. Su ısıtma, konut ısıtma, pişirme ve diğer cihazlarda 2023 yılında elektrik ve enerji tüketimleri istatistiksel değerlerle belirlenmiştir.

Ayrıca ekserji kullanım verimliliğindeki potansiyeli belirlemek amacı ile öncelikle 2012 yılı enerji ve ekserji kullanım verimlilik analizi yapılacaktır.

3.TÜRKİYE’NİN ENERJİ KULLANIMI

3.1. Enerji Kavramı Ve Türkiye’nin Enerji Kaynakları

Enerji günümüz toplumlarında önemli bir yere sahiptir. Enerji ekonomik gelişmişliğin ve sosyal refahın en önemli göstergelerinden birisidir. Yüzyıllar boyunca pek çok uygarlığın, toprak kazanmak kadar enerji kaynaklarına sahip olmak için verdikleri mücadelenin temelinde yine aynı enerji gerçekleri yer almaktadır. Çalışmanın bu bölümünde enerji, söz konusu önemine temel oluşturması amacıyla öncelikle kavramsal olarak değerlendirilecek; daha sonra ise kaynaklar açısından tek tek sınıflandırılarak termodinamik analiz yöntemi ile incelenecektir.

3.1.1. Enerji kavramı

Dünya ve ardından insanoğlunun varoluşundan bugüne kadar geçen zamanda enerji varlığı, yaşamın her alanında gözle görülen etkiler bırakmıştır. Bu etkilerin temelinde enerjinin, değişik şekillere dönüşebilen yapısı bulunmaktadır. Enerjinin değişken niteliği ise, kavramsal olarak ifade edilmesinde daha soyut bir yaklaşımı gerekli kılmaktadır. Bu açıdan değerlendirildiğinde enerji, bir varlık değil kuramsal (teorik) bir kavramdır. Bu özelliği sayesinde de birçok olay ifade edilebilmektedir. Kelime kökeni Yunanca “en (iç)” ile “ergon (iş)” kelimelerinin bir araya gelmesine dayanan enerjinin teknik tanımı ise; iş yapabilme yeteneğini, yani bir cismin kendisine direnç gösteren bir kuvvete karşın hareketini ifade etmektedir. Bir başka tanım ise ünlü Alman Matematikçi Leibnitz’e aittir. Leibnitz enerjiji, canlı kuvvet olarak ifade etmiş ve hareket halindeki bir insanın hızı ile ağırlığı arasında matematiksel bir ilişki kurarak açıklamıştır [13].

3.1.2. Enerji kaynakları

Dünya üzerinde yer alan birçok enerji kaynağı her gün insanlara değişik biçimlerde hizmet etmektedir. Genel olarak ısıtma, soğutma, taşıma veya elektrik enerjisi üretme amaçlı olarak (konutta, sanayide vd.) kullanılan bu kaynaklarla ilgili yapılan

araştırmalarda ortak bir sınıflandırma biçimi bulunmamaktadır. Bu nedenle enerji kaynaklarının basit bir sınıflandırmasını, kaynaklar arasındaki yapısal farklılıkları göz önünde bulundurarak Çizelge 2'deki biçimde yapmak mümkündür [13].

Çizelge 3.1. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması [13]

ENERJİ KAYNAKLARI	
1) Birincil Enerji Kaynakları 1.1) Yenilenemeyen Enerji Kaynakları 1.1.1) Fosil Kaynaklar (Kömür, Doğal gaz, Petrol) 1.1.2) Nükleer Enerji 1.2) Yenilenebilir Enerji Kaynakları 1.2.1) Geleneksel Kaynaklar (Hidroelektrik, Klasik Biyokütle) 1.2.2) Yeni Kaynaklar (Güneş, Rüzgâr, Jeotermal, Gelgit,Dalga, Çağdaş Biyokütle)	2) İkincil Enerji Kaynakları 2.1) Elektrik Enerjisi 2.2) Hidrojen Enerjisi

3.1.2.1. Birincil enerji kaynakları

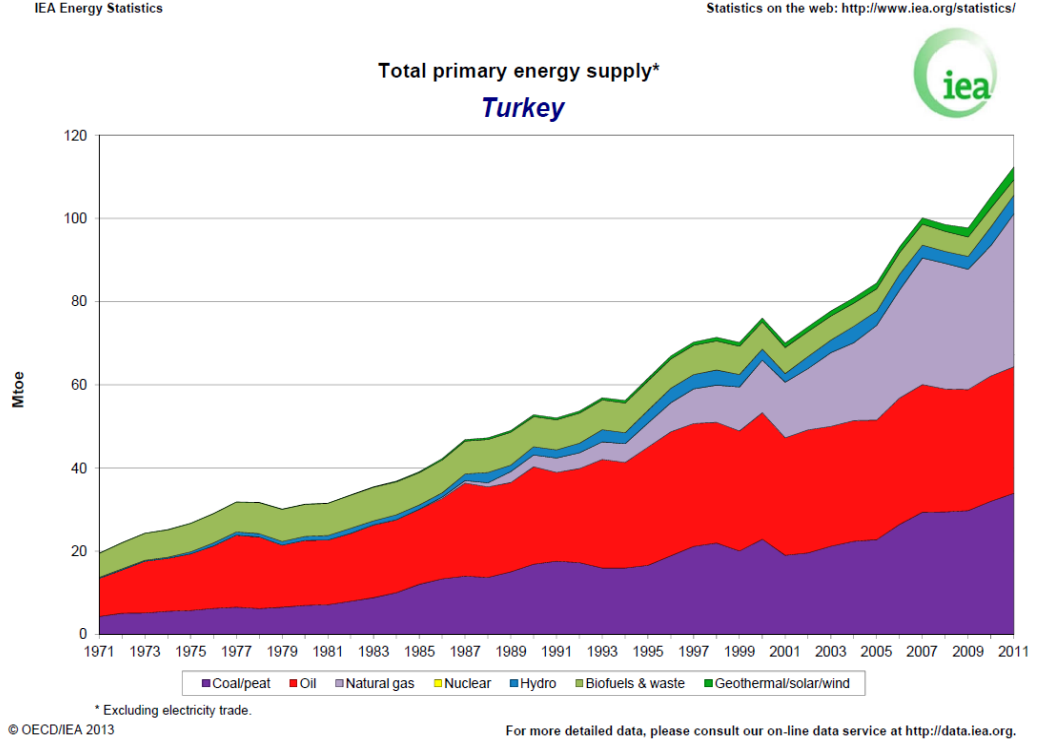
Birincil enerji tanımı olarak mevcut doğal kaynaklardan elde edilen enerji şeklinde yapılabilir. Bu enerjiyi oluşturan kaynaklar arada işlem görmeden kullanıldıkları gibi ikincil enerjiye dönüştürülerek de kullanılmaktadır. Birincil enerji kaynakları olarak yenilenebilir ve yenilenemeyen kaynaklar olarak ayrılır.

Yenilenemeyen enerji kaynakları da temel olarak iki çeşittir. Bunlar; kömür, doğal gaz ve petrol gibi fosil kaynaklar ile nükleer enerjiden oluşmaktadır. Bu kaynaklar, rezervleri sınırlı olduğu için yenilenemeyen kaynaklar olarak adlandırılmaktadır.

Birincil enerji kaynaklarının diğeri ise yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Yenilenemeyen kaynaklar gibi tükenmeyerek, sürekli kendini yenileme özelliğine sahip oldukları için yenilenebilir enerji kaynakları olarak adlandırılmaktadır. Bu kaynaklar; geleneksel (hidroelektrik ve klasik biyokütle odun,bitki ve hayvan atıkları

ve evsel copler) ve yeni (güneş, rüzgâr, dalga, gelgit, jeotermal ve çağdaş biyokütle-enerji ormanları ve enerji tarımı) enerji kaynaklarından oluşmaktadır [13].

Çizelge 3.1. Türkiye'nin Birincil Enerji Talebi [17]



3.1.2.2. İkincil enerji kaynakları

İkincil enerji kısaca birincil enerji kaynaklarının fiziksel değişimi içeren dönüştürülmesi sonucu elde edilen bir enerji türüdür. Kısaca, bu tür bir enerjinin ortaya çıkması için birincil enerji kaynaklarına gereksinim bulunmaktadır. Bunun sağlanabilmesi ise, termik ve nükleer santraller, petrol rafinerileri vd. gibi büyük oranda bilim ve teknolojiye dayanarak yapılan altyapı yatırımlarını gerekli kılmaktadır. Bu şekilde meydana gelen ikincil enerji kaynaklarının basında ise elektrik ve hidrojen enerjileri gelmektedir. Bu kaynakların en önemli işlevi; oluşan enerjinin taşınabilmesi ve daha sonra kullanılabilmesi olarak sağlamasıdır. Bu yüzden söz konusu kaynaklar, enerji aktarıcıları olarak da bilinmektedir. Özellikle, hidrojeni bir enerji kaynağı olarak değil, bir enerji türü veya taşıyıcısı olarak nitelendirmek daha doğru bir yaklaşımdır. Bunun nedeni, hidrojenin tek başına değil, aralarında yenilenebilir enerji kaynaklarının da olduğu birincil enerji kaynaklarıyla bütünleştiğinde kalıcı bir enerji sistemi oluşturmasıdır [13].

3.2. Türkiye'nin Fosil Enerji Kaynakları

Mineral yakıtlar olarak bilinen fosil yakıtlar hidrokarbon içeren kömür, petrol ve doğal gaz gibi enerji kaynaklarıdır. Yaşamını yitirmiş olan canlı organizmaların aradan geçen milyonlarca yıl boyunca, oksijensiz ortamda çözülmesi ile meydana gelmektedir. Fosil kaynaklı yakıtların belli işlemlerden sonra tüketilmesinden sonra atmosfere salınan gazlar çevre kirliliğinin yanı sıra oluşturdukları sera etkisi sonucu iklim değişikliği ve küresel ısınma neden olmaktadır. Günümüzde yaklaşık olarak 31 milyar ton olan karbondioksit gazı emisyonu gelecekte 2030 yılında 43 milyar ton seviyelerine gelmesi beklenmektedir. Karbondioksit ve diğer sera gazlarının emisyonundaki bu yükselişin sonucu olarak küresel ısınma başta olmak üzere iklim değişikliği vazgeçilmez olan su kaynakları ve doğa tahribatı açısından tehlike arz etmektedir [18].

3.2.1. Kömür

Yanabilen sedimanter kaya ve maden olan kömür, katı fosil yakıttır. Siyah, koyu gri, kahverengi-siyah renkli parlak veya mat olabilir. Genellikle oksijen, karbon ve hidrojenden meydana gelen az miktarda kükürt ve azot içerir. Diğer içerikleri ise inorganik bileşikler ve mineral maddelerdir. Kömürleşme için gerekli süre, 400 milyon yıl ile 15 milyon yıl arasında değişir. Yaşlı kömürler daha yüksek kalorili ve kaliteli olmaktadır.

Kömürler yataklanma, nem içeriği, kül ve uçucu madde içeriği, sabit karbon miktarı, kömürleşme süreci, kükürt ve mineral madde içeriklerinin yanı sıra jeolojik, petrografik, fiziksel, kimyasal ve termik özellikler yönünden çok çeşitlilik gösterirler. Bu durum birçok ülkede kömürlerin birbirine benzer özellikler ve yakın değerler temelinde sınıflandırılmasını zorunlu kılmıştır [20].

a) Sert kömürler; külsüz ve ıslak olarak 5700 kcal/kg'ın üzerinde bir değere sahiptir. Bu gruba giren kömürler kalorifik değer, koklaşma ve uçucu madde içeriği özelliklerine göre alt sınıflara ayrılırlar.

b) Kahverengi kömürler; ıslak ve külsüz olarak 5700 kcal/kg'ın altında bir değere sahiptir. Kalorifik ve toplam nem içeriği gibi değere göre alt sınıflara ayrılırlar. Uluslararası Genel Kömür Sınıflaması Çizelge 4'tedir.

Çizelge 3.2. Uluslararası Genel Kömür Sınıflaması [20]

TAŞ KOMURU(SERT KOMURLER) 5700 kcal/kg'dan yüksek	KAHVERENGI KOMURLER 5700 kcal/kg'dan düşük
1. KOKLAŞABİLİR KOMURLER (Yüksek fırınlarda kullanıma uygun kok üretimine izin veren kalitede) 2. KOKLAŞMAYAN KOMURLER a) Bitümlü Kömürler b) Antrasit	1. ALT BITÜMLÜ KOMURLER (4,165 – 5,700 kcal/kg arasında kalorifik değerde olup koklaşma özelliği göstermez) 2. LINYİT (4,165 kcal/kg'ın altında kalorifik değerde olup koklaşma özelliği göstermez)

Türkiye’de sınırlı olarak bulunan petrol ve doğal gaz rezervi bulunmaktadır. Ancak buna karşılık 515 milyon tonu görünür olmak üzere yaklaşık olarak 1,3 milyar ton taşkömürü ve 12,2 milyar tonu görünür rezerv niteliğinde toplam 13,4 milyar ton linyit rezervi bulunmaktadır.

Zonguldak bölgesinde çıkarılmakta olan taşkömürü bitümlü kömür kategorisindedir ve ısı değeri 6200-7200 kcal/kg arasında değişmektedir. Türkiye’de bulunan taşkömürü Türkiye Taş Kömürü Kurumu (TTK) tarafından işletilmekte olup 2012 yılı rezerv miktarı Çizelge 3.3.’te görülebilir.

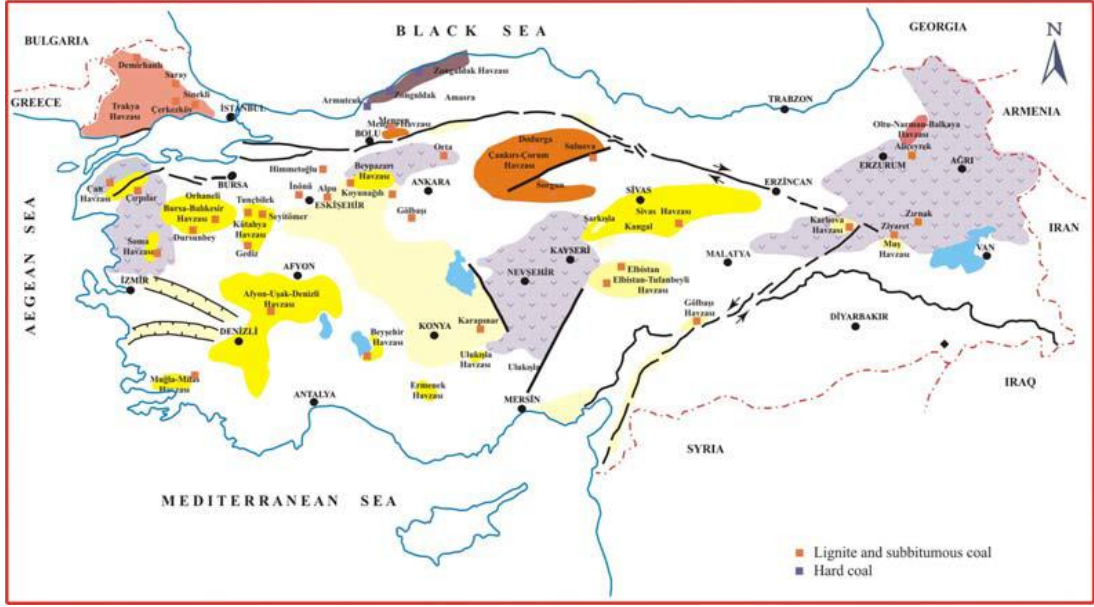
Türkiye’de bulunan taşkömürü rezervi 2011 yılı sonu itibari ile toplam olarak 1 milyar 316 milyon ton seviyesindedir. Linyit potansiyeli henüz tam olarak belirlenmiş değildir. Taşkömürü rezervleri Türkiye Kömür İşletmeleri tarafından işletilmektedir. Linyit rezervleri ise Elektrik Üretim Anonim Şirketi, Türkiye Kömür İşletmeleri ve özel sektör tarafından işletilmektedir. Türkiye linyit rezervi 2005-2008 yılları arasında EÜAŞ tarafından desteklenen ve Maden Tetkik Arama(MTA) tarafından uygulanan Afşin-Elbistan Linyit Havzasında linyit aramaları ile diğer havzalarda TKİ tarafından desteklenen ve MTA tarafından yapılan arama çalışmaları sonucunda önemli ölçüde artırılmıştır. Linyit rezervleri hemen her bölgede görülebilmektedir. Kırktan fazla ilde linyit rezervlerine rastlanılmaktadır. Linyit rezervlerinin %20’si TKİ, %57’si EÜAŞ, %11’i MTA ve %12’si ise özel sektörelindedir.

Çizelge 3.3. 2012 Yılı Kömür Sahalarına Ait Rezervler

Yeri		REZEVLER					
İl	Müessese	Hazır	Görünür	Muhtemel	Mümkün	Toplam	AİD kcal/kg
Bartın	Amasra	391	170.401	115052	121535	407.379	5450-6050
Zonguldak	Armutçuk	1.654	8.046	15.860	7.883	33.442	6050-7050
	Kozlu	2.557	66.745	40.539	47.975	158.816	6400-6950
	Üzülmez	1.081	135.795	94.342	74.020	305.238	6400-6950
	Karadon	2.452	133.810	159162	117034	412.458	6200-6950
TOPLAM		8.135	514.797	424.955	368.447	1.316.333	

Türkiye'nin sahip olduğu linyit üretim miktarları açısından küçümsenmeyecek düzeyde olmasına rağmen taşkömüründe seviye olarak düşüktür. Türkiye'de bulunan linyit miktarı dünya linyit rezervinin yaklaşık %1,6'sını oluşturmaktadır. Linyit rezervi bakımından 12,4 milyar ton seviyesindedir ve bunun işletilebilir rezerv miktarı ise 3,9 milyar ton düzeyindedir. Bu linyit rezervlerinin önemli bir kısmı ısıl değeri düşüktür ve termik santrallerde kullanılmaktadır. Linyit rezervinin yaklaşık %46'sı Afşin-Elbistan bölgesinden çıkartılmaktadır. Zonguldak ve civarı en önemli taşkömürü rezervlerine sahiptir. Taşkömürü rezervi 1,322 milyar ton ve buna karşılık görünür rezerv yaklaşık olarak 519 milyon tondur [19].

Coal Deposits in Turkey, 2009



Şekil 3.1: Türkiye'nin Kömür Havzaları 2009

Linyit kömürünün ısı değerleri 1000-5000 kcal/kg arasındadır. Linyit rezervlerinin yaklaşık %68'i düşük kalorili olup %23,5'i 2000-3000 kcal/kg arasında, %3,4'ü 4000 kcal/kg üzerinde ısı değerinde %5,1'i 3000-4000 kcal/kg arasındadır [19].

Çizelge 3.4. Türkiye'nin Linyit Rezervleri

2012 YILI TÜRKİYE, KAMU SEKTÖRÜ(EÜAŞ,TKİ, MTA) LİNYİT REZERVLERİ						
YERİ		REZERVLER(1000 Ton)				Alt Isıl Değ. (AID) kcal/kg
İL	İLÇE	Görünür	Muhtemel	Mümkün	Toplam	
Adana	Tufanbeyli	323.329	-	-	323.329	1298
Ankara	Beypazarı	255.882	105.000	-	360.882	2399-2839
Afyon	Dinar*	423.383	105.629	-	529.012	1351
Balıkesir	Balya	967	4.569	-	5.536	500-3500
Bingöl	Karlıova	88.662	-	-	88.662	1460
Bolu	Göynük	37.012	1.000	-	38.012	2340
Bursa	Keles	29.924	-	-	29.924	1900
Bursa	Keles-Dav.	17.557	19.945	1.560	39.062	2340
Bursa	Orhaneli	37.470	-	-	37.470	2500
Çanakkale	Çan	77.195	-	-	77.195	3000
Çorum	Alpagut	19.195	4.042	-	23.237	3150
Çorum	Osmancık	6.575	7.430	-	14.005	1470
Eskişehir	Alpu*	700.000	100.000	-	800.000	2100
İstanbul	Çatalca	228.457	51.772	-	280.229	1894-2086
Kırklareli	Vize*	100.000	20.000	-	120.000	1400-2300
K.Maraş	Elbistan**	4.360.106	-	-	4.360.106	1031-1201
K.Maraş	Elbistan	515.055	-	-	515.055	950-1115
Konya	Beyşehir	81.011	-	-	81.011	1110-1150
Konya	İlgin	19.567	974	-	20.541	2180-2250
Konya	Karapınar*	1.832.816	-	-	1.832.816	1320
Kütahya	Seyitömer	176.058	-	-	176.058	1800-2080
Kütahya	Tavşanlı	268.897	-	-	268.897	2560
Malatya	Yazıhan*	2.473	7.476	6.237	16.186	1934
Manisa	Soma	741.833	11.000	-	752.833	2080-3340
Muğla	Milas	259.400	-	-	259.400	1642-2279
Muğla	Yatağan	153.198	-	-	153.198	1903-2692
Tekirdağ	Çerkezköy	23.845	106.494	-	130.339	2060
Tekirdağ	Merkez	160.585	50.933	2.964	214.482	2183-2865
Tekirdağ	Saray	23.581	105.570	-	129.151	2080
Sivas	Kangal	93.683	-	-	93.683	1207-1494
KAMU TOPLAMI		11.057.716	701.834	10.761	11.770.311	
ÖZEL SEKTÖR		1.094.189	362.122	138.617	1.594.928	
TÜRKİYE TOPLAMI		12.151.905	1.063.956	149.378	13.365.239	

Kaynak: MTA 2012, TKİ 2012,ETKB 2011

*MTA tarafından rezerv çalışmaları devam eden sahalar.

**En büyük rezerv artışı olarak, EÜAŞ' a bağlı Elbistan Linyit havzasının büyük bölümünde MTA'nın yaptığı etüt ve sondajlardan sonra havzanın toplam görünür rezervi 4,4 milyar tona yükselmiştir. Havzada, MTA'nın etüt ve değerlendirme yapmadığı diğer bölümlerinde TKİ'nin yaptığı değerlendirmelerle birlikte Havzanın görünür rezervi yaklaşık 5 milyar ton olup bu miktar tabloya yansıtılmamıştır.

3.2.1.1 Türkiye kömür üretimi ve tüketimi

Birincil enerji tüketimi 2012 yılında 119 milyon tep ve bu tüketimin içinde kömürün payı %31 olmuştur. Miktar olarak da 2012 yılında 1,3 milyar ton taşkömürü ve 84 milyon ton linyit üretilmiştir.

Özellikle Ankara-Beyşehir, Sivas-Kangal, K.Maraş-Elbistan bölgelerinde üretilen linyit kömürü sadece termik santrallerde elektrik üretimi amacıyla kullanılmaktadır.

Zonguldak havzasında taşkömürü ise yılda yaklaşık 2 milyon ton civarında üretilir ve elektrik üretimi ile ısınma ve sanayi sektöründe kullanılmaktadır.

2013 yılında kömüre dayalı 12.563 MW santral gücü kurulu olup toplamın %20'sidir. Tamamen yerli kömüre odaklı 8.515MW kurulu güç kapasitesinde (%13,3) ve ithal kömüre odaklı 4.048 MW kurulu güç ise (%6,3) şeklindedir. Kömüre dayalı santrallerin 2013 yılında 61,5 TWh brüt elektrik üretilmiştir. Elektrik üretimi içerisindeki payı %25,7 bu değer toplam değerlerin çeyreğine karşılık gelmektedir.

Enerji üretiminde 2005 yılından başlayarak yerli kaynaklara önem verilmesi ile dışa bağımlılığın azaltılması hedefleri çerçevesinde nüfus artışı ve sanayileşmeye paralel olarak artan enerji talebinin karşılanması amacıyla yeni kömür sahalarının keşfedilmesi ve mevcut sahaların geliştirilmesi çalışmalarına hız verilmiştir. Sondaj miktarı son beş yılda kömür aramalarında beş kat artmış 2005-2012 yılları arasında yaklaşık 5,8 Milyar ton rezerv artışı sağlanmıştır.

3.2.2. Petrol

Karbondan ve hidrojen oluşan ve içerisinde kükürt, oksijen ve nitrojen bulunan çok karmaşık bir bileşime petrol adı verilir. Petrol katı, sıvı ve gaz halde bulunabilir. Doğal gazın ve ham petrolün temel bileşenleri karbon ve hidrojen olduğu için bunlar Hidrokarbon olarak da adlandırılırlar.

Çizelge 3.5. 2005-2012 yılları arasında kömür rezervinde artış olan bölgeler [20]

Saha	Rezerv (Milyon Ton)
Konya Karapınar	1.832
Afşin Elbistan	1.300
Eskişehir-Alpu	777
Afyon-Dinar	545
Elbistan	515
Tekirdağ-Çerkezköy	495
Manisa-Soma	205
Pınarhisar-Vize	140
Malatya	17
Toplam	5.826

Petrolün dünyadaki rezerv ömrünün mevcut enerji kaynaklarına, ispatlanmış rezervleri bakılarak ve yıllık üretim miktarları açısından değerlendirildiğinde yaklaşık olarak 44 yıl olacağı beklenmektedir. Dünyanın başlıca enerji kaynağı olan petrol, 2012 yılı itibariyle enerji talebinin %34,6'sını karşılayabilmiştir.

Türkiye petrol rezervleri 2009 sonu itibariyle 44,3 milyon ton, 2008 yılı üretimi 2,2 milyon ton, 2008 yılı tüketimi 27,8 milyon tondur. 2009 yılı üretim miktarı ise 2,4 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Petrol arama çalışmalarının başladığı tarihten günümüze kadar ham petrol üretimi 132,5 milyon ton olmuştur.

Türkiye'de petrol ve petrol ürünlerine dayalı termik santrallerinin 2012 yılı sonu itibariyle yaklaşık olarak 2.300MW kurulu gücü sahiptir. Toplam kurulu gücümüzün %5,5'lik bölümüne denk gelmektedir. Petrole dayalı santrallerin 2012 yılında üretilen elektrik enerjisi miktarı 7.519 GWh'dir. Türkiye'de yeraltı enerji kaynaklarının yapılmaya başladığı günden günümüze kadar 2012 yılı sonu itibariyle 1.424 petrol arama kuyusu ve 1.808 petrol üretim kuyusu ile yapılan sondaj çalışmaları sonucunda 102 petrol sahası ve 23 doğal gaz sahası bulunmuştur.

3.2.3. Doğal gaz

Doğal gaz, kokusuz ve renksiz, havadan hafif bir gazdır. Yer altı kaynaklarından olup genellikle petrolün bulunduğu yerlerde bulunur. Yüze çıkarılışı petrolle benzer olup daha sonra büyük boru hatları ile taşınır.

Orta Doğu ülkelerinde Doğal gaz rezervlerinin 76 trilyon metreküpü (%41) bulunmaktadır. Daha sonra sırasıyla Rusya 59 trilyon metreküpü (%33), eski Sovyet ülkelerinde 31 trilyon metreküpü (%17) ve Afrika/Asya ülkelerinde bulunmaktadır.

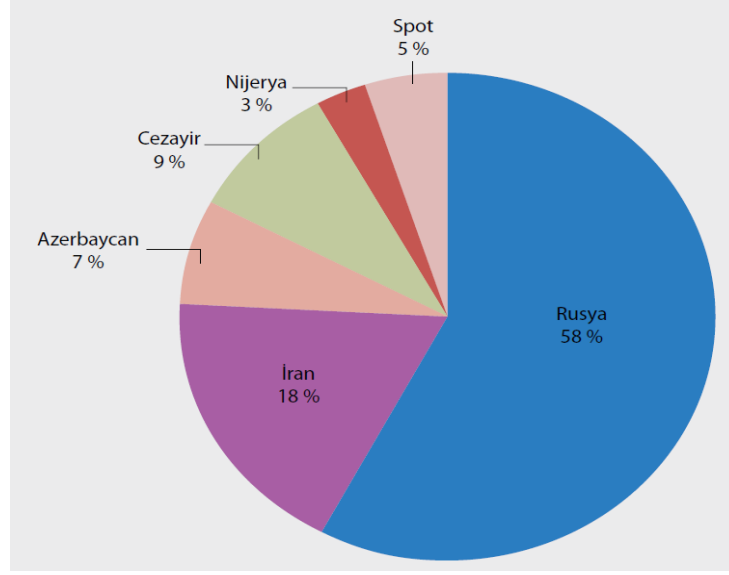
Doğalgaz rezervimiz 2012 yılı sonu itibari ile üretilebilir miktarı 632 milyar m³tür. Doğalgaza dayalı elektrik enerjisi üretiminde kurulu gücümüz 14.576 MW ve bu miktar toplam kurulu gücümüzün 32,7'sini karşılamaktadır.

Çizelge 3.6. Doğal Gaz Üretim Miktarları (milyon Sm³) [21]

Yıllar	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Miktar milyar m ³	874	969	684	682	759	632

Türkiye'de doğal gaz tüketim 2012 yılında 48.500.000.000 Sm³ olarak tahmin edilmiştir. 2012 yılına ilişkin gerçekleşen tüketim küçük saptamalarda sonucunda ise 45.241.762.899 Sm³ olarak bulunur. Bu Tüketimin %26'sını olan 11.762.858.353

Sm³ü ısıtma sistemlerinde kullanılmıştır. Türkiye’de doğal gaz abone miktarı 2012 yılında 11 milyon 620 bin’e yükselmiştir.



Şekil 3.2: 2012 Yılı Kaynak Ülkeler Bazında Türkiye'nin Doğal Gaz İthalatı [21]

3.3. Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilenebilir enerji kaynakları enerjisini doğrudan ya da dolaylı olarak Güneş'ten sağlanmakta ve böylece sürekli olarak güneşin var olduğu sürece hiç bitmeyecektir. Potansiyeli olan ve teknolojik gelişmeler doğrultusunda son yıllarda yararlanılan enerji kaynakları olarak bitmeyen ve eksilmeyen kaynaklar yenilenebilir enerji kaynakları olarak ifade edilir. Yenilenebilir enerji terimini de, doğal ortamda sürekli ve tekrarlı biçimde ortaya çıkan akımlardan elde edilen veya kullanıldıkça aynı oranda beslenen enerji olarak tanımlamak mümkündür. Türkiye’de, yenilenebilir enerjiye yönelik resmi bir ifadenin, 2005 yılında yürürlüğe giren “5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun”da belirtilmektedir. Buna göre yenilenebilir enerji kaynakları olarak güneş, jeotermal, hidrolik, rüzgâr, biyogaz, biokütle, akıntı, dalga ve gelgit gibi fosil kaynaklardan farklı enerji kaynaklarıdır. Yukarıda belirtilenlere ek olarak rezervuar alanı 15 kilometrekarenin (km²) altında olan hidroelektrik tesisler ile nehir veya kanal tipi santraller yenilenebilir enerji kaynakları arasına dâhil edilmiştir [2].

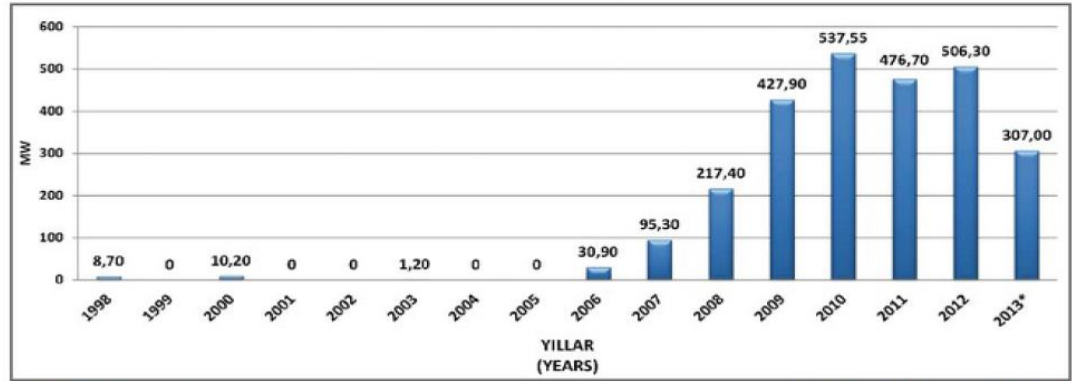
Çizelge 3.7. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Potansiyeli (MtEP) [22]

Enerji Kaynağı	Kullanım Amacı	Doğal Kapasite	Teknik Kapasite	Ekonomik Kapasite
Güneş Enerjisi	Elektrik (kWh)	977.000	6.105	305
	Termal (MtEP)	80.000	500	25
Hidrolik Enerji	Elektrik (kWh)	430	215	124.5
Rüzgâr Enerjisi (Kara)	Elektrik (kWh)	400	110	50
Rüzgâr Enerjisi (Deniz)	Elektrik (kWh)	-	180	-
Dalga Enerjisi	Elektrik (kWh)	150	18	-
Jeotermal Enerji	Elektrik (10 ⁹ kWh)	-	-	1.4
	Termal (MtEP)	31.500	7.500	2.843
Biomass Enerji	Elektrik (kWh)	120	50	32

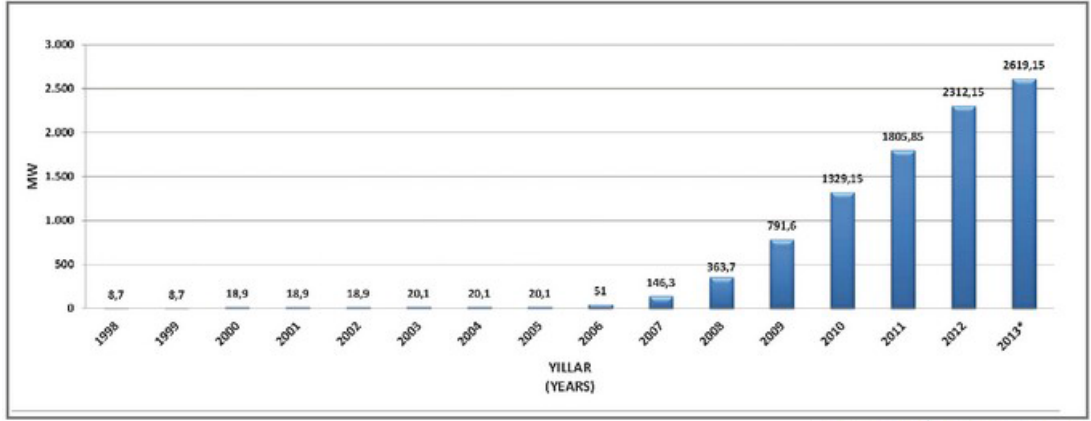
3.3.1. Rüzgâr enerjisi

Rüzgâr enerjisi, güneş tarafından havanın sıcaklıklarının her yerde aynı olamamasından dolayı hava kütlelerinin yer değiştirmesiyle sonucunda meydana gelir. Yeryüzüne güneş tarafından gönderilen ışınlar sonucunda oluşan enerjinin %1-2’si rüzgâr enerjisine dönüşmektedir [19].

Hava akımını da aynı su akışı gibi rüzgâr türbinleri vasıtasıyla elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. Çevre için zararlı kabul edilen gaz salınımının rüzgâr türbinlerinde olmadığından iklim değişikliğini ve enerji geleceğimizde büyük öneme sahiptir. Enerji güvenliği açısından geleneksel güç santrallerine nazaran yakıttaki maliyet giderleri ve uzun dönemli yakıt fiyatı risklerini azaltan ve politik, ekonomik ve tedarik riskleri bakımından dışa bağımlılığı azaltan yerli kaynaktır [19].



Şekil 3.3: Türkiye rüzgâr enerji santrallerinin kurulu gücü (MW)[23].



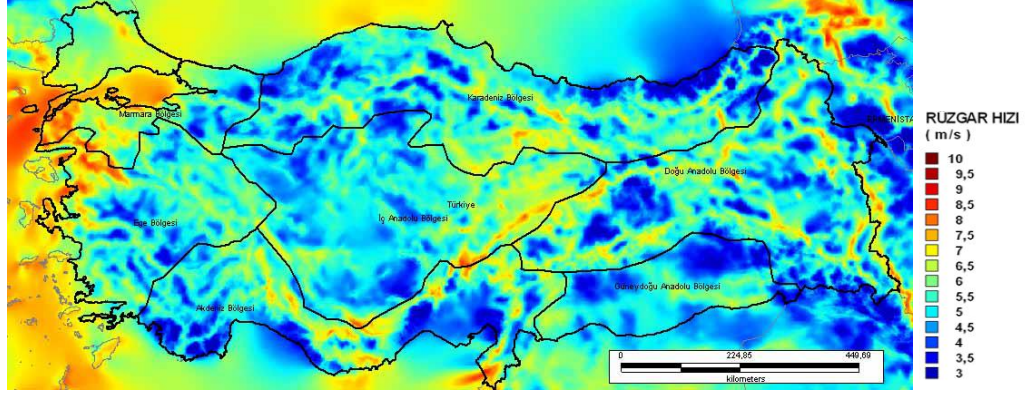
* Temmuz 2013 itibarıyla / Until July 2013

Şekil 3.4: Türkiye rüzgâr enerji santrallerinin kurulu güç bakımından yıllara göre birikmiş dağılımı (MW) [23].

Çizelge 3.8. Türkiye'nin Toplam Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli (50 metre) [22]

Bölge	Yıllık Ortalama Rüzgâr Yoğunluğu (W/m ²)	Yıllık Ortalama Rüzgâr Hızı (m/s)
G.Doğu Anadolu	29.33	2.69
Akdeniz	21.36	2.45
İç Anadolu	20.14	2.46
Ege	23.47	2.65
Doğu Anadolu	13.19	2.12
Marmara	51.91	3.29
Karadeniz	21.31	2.38
Türkiye Ortalaması	25.81	2.57

Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası 2007 yılında oluşturulmuştur. Türkiye'de bu çalışma sonucunda yıllık rüzgâr hızı 8,5 m/s ve üzerinde olan bölgelerde en az 5.000 MW, 7,0 m/s'nin üzerindeki bölgelerde ise en az 48.000 MW rüzgâr enerjisi potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir. [5].



Şekil 3.5: Türkiye geneli 50 m yükseklikteki ortalama yıllık rüzgâr hızları dağılımı [4]

3.3.2. Güneş enerjisi

Coğrafi konumu itibariyle Türkiye sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli bakımından dünyadaki birçok ülkeye kıyasla avantajlıdır. Dünyamıza güneşten yaklaşık olarak saniyede 170 milyon MW enerji gelmektedir. Türkiye'nin enerji üretiminin yıllık 100 milyon MW olduğu göz önüne alınırsa bir saniyede dünyaya gelen güneş enerjisinin Türkiye'de üretilen enerjinin 1.700 katı olduğu görülebilir. 1966-1982 yıllarında Devlet

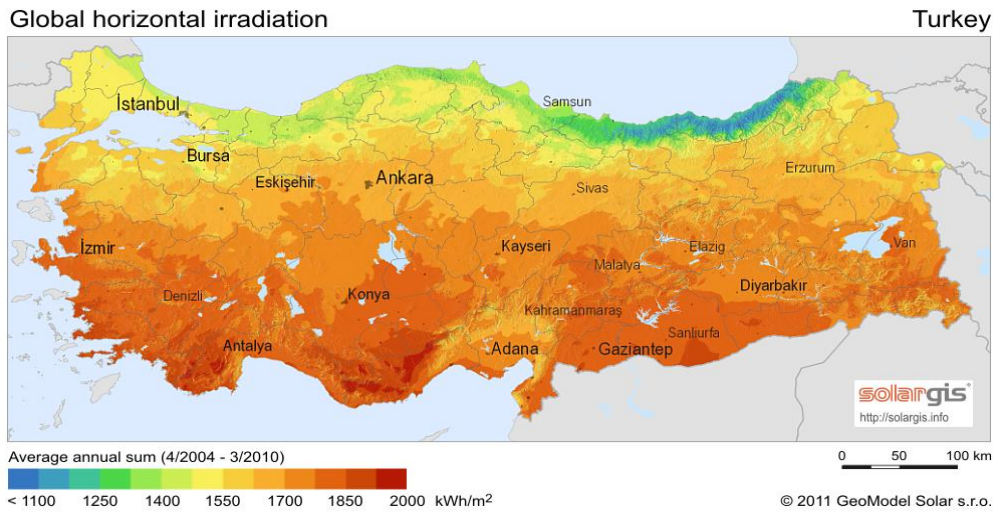
Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünde kayıtlı olan ölçümlere göre ısınım şiddeti ve güneşlenme süresi yıllık ortalama olarak toplamı sırasıyla 1.311 kWh/m²-yıl ve 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat) ve ortalama toplam ısınım şiddeti (günlük toplam 3,6 kWh/m²) olduğu bulunmuştur. Türkiye güneş enerjisi potansiyeli olarak 110 gün gibi yüksek bir sahiptir. Bu sahip olunan kapasitenin kullanılabilmesi için gerekli yatırımların yapılması halinde yılda birim metre karesinden ortalama olarak 1.100 kWh'lik değerinde güneş enerjisi üretebilir durumdadır. Çizelge 11'de Türkiye'de Güneş Enerjisi Potansiyelinin bölgelere göre dağılımı verilmiştir. Çizelge 10'de ise Türkiye güneşlenme süresi değerleri ve güneş enerji potansiyelinin aylara göre çizelgesi vardır.

Çizelge 3.9. Türkiye’de Bölgelere Göre Güneş Enerjisi Potansiyeli [22]

Bölge	Güneş Enerjisi kWh/m ² .yıl	Yıllık Güneşlenme Ortalama h/yıl	Aylık Güneşlenme Maksimum h/ay	Aylık Güneşlenme Maksimum h/ay
G.Doğu Anadolu	1491.2	3016	407	126
Akdeniz	1452.7	2923	360	101
İç Anadolu	1432.6	2712	381	98
Ege	1406.6	2726	371	96
Doğu Anadolu	1398.4	2693	373	165
Marmara	1144.2	2528	351	87
Karadeniz	1086.3	1966	273	82

Ülkemizde 2012 yılı itibari ile toplam kurulu güneş kolektör alanı yaklaşık 18.640.000 m² olarak hesaplanmıştır. Yıllık düzlemsel güneş kolektörü üretimi 1.164.000 m², vakum tüplü kolektör ise 57.600 m² olarak hesap edilmiştir. Üretilen düzlemsel kolektörlerin %50’si, vakum tüplü kolektörlerin tamamı ülke içerisinde kullanıldığı bilinmektedir. 2012 yılında güneş kolektörleri ile yaklaşık olarak 768.000 TEP (Ton Eşdeğer Petrol) ısı enerjisi üretilmiştir. Üretilen ısı enerjisinin, 2012 yılı için konutlarda kullanım miktarı 500.000 TEP, endüstriyel amaçlı kullanım miktarı 268.000 TEP olarak hesaplanmıştır.

Ülkemizde hâlihazırda kurulmuş olan, genellikle kamunun sahip olduğu kurumlarda bulunan araştırma amaçlı kullanılan foto voltik güneş elektriği sistemleri ve küçük güçlerin karşılanması için kurulu olan güç 3,5 MW ulaşmıştır [19].



Şekil 3.6: Türkiye’nin güneşlenme haritası [11]

Elektrik üretimi için EPDK'na yapılan başvuruların toplamına bakıldığında kurulacak olan PV santrallerinin 600 MW gücüne ulaşması beklenmektedir. İlerleyen yıllarda bu kapasitenin katlanarak artması ve Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının 2023 yılı için öngörmüş olduğu 3000 MW kapasiteye ulaşması beklenmektedir.

Çizelge 3.10. Türkiye'nin ortalama güneş enerjisi potansiyeli ve aylara göre güneşlenme süreleri [22]

Bölge	Toplam Aylık Güneş Enerjisi kcal/cm ² .ay	Toplam Aylık Güneş Enerjisi kWh/m ² .ay	Güneşlenme süresi h/ay
Ocak	4.45	51.75	103.0
Şubat	5.44	63.27	115.0
Mart	8.31	96.65	165.0
Nisan	10.51	122.23	197.0
Mayıs	13.23	153.86	273.0
Haziran	14.51	168.75	325.0
Temmuz	15.08	175.38	365.0
Ağustos	13.62	158.40	343.0
Eylül	10.60	123.28	280.0
Ekim	7.73	89.90	214.0
Kasım	5.23	60.82	157.0
Aralık	4.03	46.87	103.0
Toplam	112.74	1311	2640
Ortalama	308.0 kcal/cm ² -gün	3.6 kWh/m ² -gün	7.2 h/gün

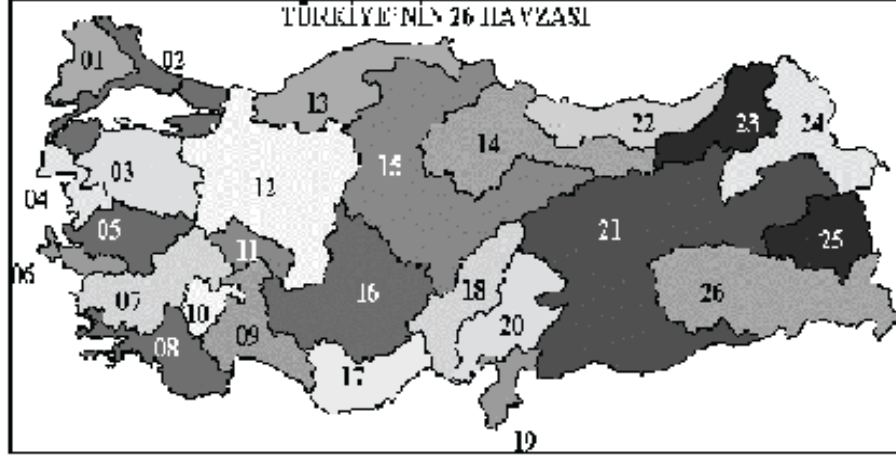
3.3.3. Hidrolik enerjisi

Hidroelektrik enerji santralleri diğer enerji kaynakları içerisinde düşük potansiyel risk taşımaları ve çevre dostu olmaları nedeniyle ön plana çıkmaktadır. Elektrik üretebilen hidrolik tesisler çevreye temiz, yenilenebilir yakıt gideri olmayan, yüksek verimli, enerji fiyatlarında açısından önemli rolü olan, uzun ömürlü, işletme gideri çok düşük dışa ve en önemlisi dışa bağımlılığı olmayan yerli bir enerji kaynağıdır.

Türkiye'de yıllık yağış yüksekliği mevsimlere ve bölgelere göre çok farklılık göstermektedir. Doğu Karadeniz bölgesinde 2500-3000 mm iken İç Anadolu'da 250-300 mm arasındadır. Yağış miktarı 643 mm ile yılda yaklaşık olarak 501 milyar m³ su miktarına denk gelmektedir. Bu sudan 274 milyar m³'ü su yüzeyleri ve toprak bitkilerden buharlaşma ile atmosfere geri gitmekte 69 milyar m³'lük kısmı yeraltı

sularını karışmakta, 158 milyar m³lük kısmı da akarsular vasıtasıyla denizler ve kapalı havzalardaki göller dolmaktadır. Yeraltı suyunu destekleyen 69 milyar m³lük sudan 28 milyar m³'ü kaynaklar yoluyla yerüstü suyuna tekrar katılmaktadır. Komşu ülke topraklarından başlayarak ülkemiz topraklarına ulaşan yılda yaklaşık 7 milyar m³ su ile brüt yerüstü suyu miktarı 193(158+28+7) milyar m³ seviyesine gelmektedir. Türkiye'nin tüketilebilir yeraltı ve yerüstü su kaynağı yılda yaklaşık olarak 110 milyar m³ seviyesindedir [11].

Türkiye'de hidrolojik havzasında sayısı 26 adet ile büyüklükler farklı olan nehirlerin yıllık olarak yaklaşık 193 (186 + 7) milyar m³ yeryüzü suyundan hidroelektrik enerji potansiyelinin belirlenmesi için "ekonomik yapılabilir potansiyel", "teorik potansiyel" ve "teknik yapılabilir potansiyel" olarak üç değişik değerlendirilmesi gerekmektedir [14].



Şekil 3.7: Türkiye'nin Hidrolik Havzaları [11]

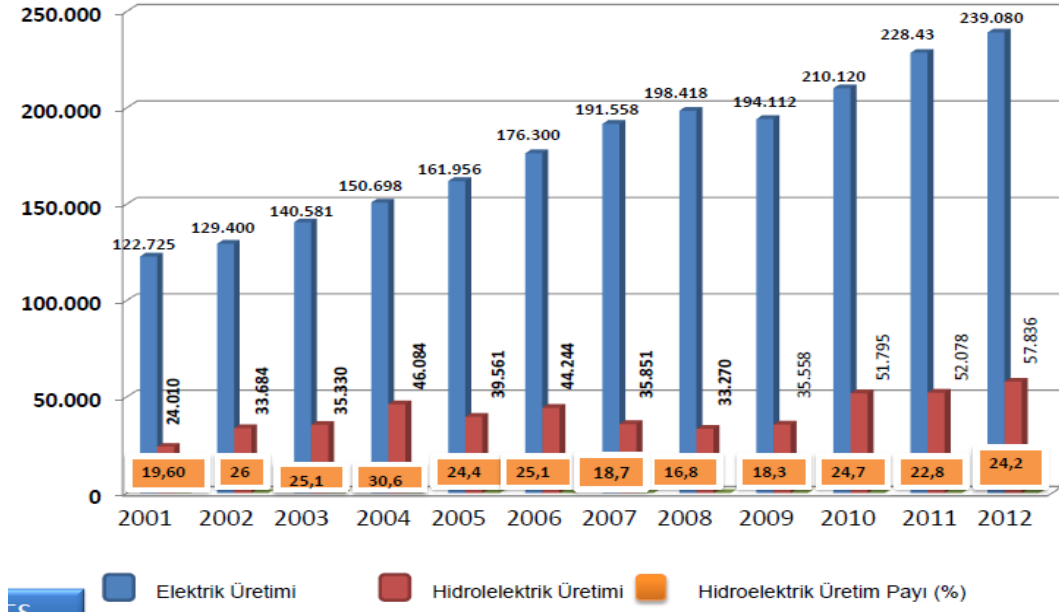
3.3.3.1 Türkiye'nin hidrolik enerji potansiyeli

Türkiye'de ekonomik yapılabilir hidroelektrik enerji potansiyeli 170 TWh/yıl, teorik hidroelektrik enerji potansiyeli 433 TWh/yıl ve teknik hidroelektrik enerji potansiyeli 216 TWh/yıl olarak tespit edilmiştir. Bu değerler ışığında Türkiye'de teknik yapılabilir HES potansiyelin içinde ekonomik yapılabilir HES potansiyeli %60 civarındadır. Bu oran Avrupa'da %76'dır. Türkiye'de HES kapasitesi 2012 sonu itibariyle kurulu gücü 19619,70 MW'dir.

Türkiye hidroelektrik üretimin elektrik üretimi içindeki oranı 1980'lerde %60'lar dolaylarında iken 90'lı yıllardan elektrik üretimde doğal gazın kullanılmaya başlanması sonucu oran tersine döndürülmüştür. Doğru oluşturulmayan politikalar

neticesinde herhangi bir planlamadan yoksun olarak yapılmasına müsaade edilen ve teşvik edilen doğal gaz santrallerinin artmasıyla bu oran %17'lere kadar gerilemiştir.

Çizelge 3.11. Hidroelektrik Üretimini Elektrik Üretimi İçinde Payı (GWh) [23]



“Elektrik Piyasasında Üretim Faaliyetinde Bulunmak Üzere Su Kullanım Hakkı Anlaşması imzalanmasına ilişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik”4628 sayılı Kanun kapsamında çıkartılmış ve 2003 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Türkiye’de bu kanundan önce ve sonra geliştirilerek işletmeye alınmış Hidroelektrik projelerin durumu Çizelge 14’de verilmiştir.

3.3.4. Jeotermal enerjisi

Günümüzde jeotermal elektrik santrallerinde SO_x, CO₂, NO_x, gazlarının emisyonu çok az olduğundan temiz bir enerji kaynağı olarak kabul edilmektedir. Jeotermal kaynaklardan doğrudan veya dolaylı her türlü yararlanmayı içermektedir. Düşük (20-70°C) sıcaklıklı bölgeler öncelikle ısıtma olmak üzere, sanayide kimyasal madde elde etmede kullanılmaktadır. Yüksek sıcaklıklı (150°C’den yüksek) ve orta sıcaklıklı (70-150°C) sahalar ise elektrik üretiminin ile birlikte reenjeksiyon durumları şartları uygun olması durumunda entegreli bir şekilde ısıtmada da kullanılabilir.

Çizelge 3.12. İşletmedeki HES'ler, 2012 [24]

STATÜSÜ	Adet	Kurulu Güç (MW)
DSİ veya diğer kuruluşlar tarafından geliştirilerek işletilmek üzere EÜAŞ'a devredilmiş olan HES Projeleri	106	11 679
Yap İşlet Devret (YID) Kapsamındaki HES projeleri	18	970
İşletme Hakkı Devri Kapsamında Özel Sektöre verilmiş olan Projeler (İHD)	10	682
Daha önce başlanmış ancak 2003'ten sonra lisans alarak işletmeye alınmış projeler (Serbest Üretici)	23	260
4628 Kapsamında Özel Sektör Tarafından Geliştirilerek İşletmeye Alınmış Projeler	165	3 668
TOPLAM	322	17 259

Alp-Himalaya kuşağı üzerinde bulunan Türkiye, oldukça yüksek jeotermal potansiyele sahiptir. Jeotermal potansiyel olarak 31.500 MW güç bulunmaktadır. Potansiyel olarak Batı Anadolu(%77,9) ile yoğun bölgedir.

Çizelge 3.13. Sahaların Elektrik Üretim Kapasiteleri (Trez>140 °C) [8]

Bölgeler	Üretim Debisi (kg/s)	Sıcaklık(°C)	Kapasite (MWt) Tçıkış=140 °C	Kapasite(MWt) Tçıkış=130 °C	Kapasite (MWt) Tçıkış=40 °C	Kapasite (MWt) Tçıkış=20 °C
Kızıldere	250	217	79.2	89.5	182.1	202.7
Salavatlı	454	157.5	32.7	51.3	219.3	256.7
Germencik	765	220	251.9	283.4	566.8	629.8
Tuzla	120	160	9.9	14.8	59.3	69.2
Simav	223	145	4.6	13.8	96.4	114.7
Seferihisar	264	144	4.4	15.3	112.9	134.6
İmamköy	40	142	0.3	2.0	16.8	20.1
Kavaklıdere	6.5	215	2.0	2.3	4.7	5.2
Ceferbeyli	6.5	155	0.4	0.7	3.1	3.6
Toplam			385	473	1261	1436

MTA tarafından bu güne kadar potansiyelin %13'ü (4.000 MW)'lık kısmı kullanım için hazır hale getirilmiştir [3].

Türkiye teorik potansiyel olarak 31.500 MWt ile Jeotermal kaynaklar yönünden zengin konumda gösterilebilir. 1990 yıllarda göz ardı edilen jeotermal enerji arama çalışmaları son yıllarda hızlandırılarak, 40 yılın sonunda görünür hale getirilen

jeotermal kaynak ısı kapasitesi 3.100 MWt iken, son 8 yılda (2004 yılından itibaren) yaklaşık yüzde 54 seviyesine kadar çıkmıştır. Bu değer doğal yollarla meydana gelen yüzeye çıkışlar ile birlikte 4.809 MWt'e seviyesine gelmektedir. Toplam jeotermal amaçlı olarak 544 kuyunun 196 adedi 1962yılına dayanmaktadır. Doğrudan kullanım olarak jeotermal enerjiden sera ısıtması, merkezi ısıtma ve termal turizmde kullanılmaktadır. Türkiye'de 19 sahada seracılık (2,83 milyon m², 506 MWt), 19 yerleşim bölgesinde merkezi konut ısıtması (889.443 konut eşdeğeri, 805 MWt) ve 350 adet termal tesiste tedavi ve termal turizm amaçlı yararlanılmaktadır [25].

Türkiye'de jeotermal enerjiden; 19 yerleşim alanında merkezi konut ısıtmasında (89.443 konut eşdeğeri, 805 MWt), 19 sahada seracılıkta (2.97 milyon m², 507 MWt) ve 350 adet termal tesiste tedavi ve termal turizm amaçlı kullanılmaktadır.

3.3.5. Biomass enerjisi

Türkiye'de Biyokütle enerjisi klasik yöntemle dayalı olarak büyük çoğunlukla ticari olmayan yakıt biçiminde kullanılmakta olup buda yerli enerji üretiminin yaklaşık olarak dörtte birini denkleştirmektedir. Klasik biyokütle enerji üretimi olan odun ile hayvan ve bitki atıklarının Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından hazırlanan planlara göre 2020 yılında 7530 Btep olması beklenmektedir[26].

Çevre kirliliği ve ülke ekonomisi bakımından modern biyokütle enerjisinin kullanımına geçilmesi önem taşımaktadır. Çoğu ülkede günümüzde kendi ekolojik koşullarına göre en ekonomik ve en uygun tarımsal ürünlerden alternatif enerji kaynağı sağlamaktadır. Türkiye'de bakıldığında potansiyel olarak yeterli ekolojik yapının mevcut olduğu ülkelerden birisidir. Biyokütle materyal üretimi açısından Türkiye, alan kullanılabilirliği ve güneşlenme, iklim koşulları ile su kaynakları bakımından uygun özelliklere sahiptir. Enerji bitkileri tarımından ve enerji ormancılığından modern biyokütle teknikleri kapsamında yararlanılması gerekmektedir. Çöp termik santralleri biyokütle enerji kapsamında yaygınlaştırılmalıdır.

Enerji ormancılığı yönünden Türkiye'de hızlı büyüyen ve ekonomik değeri yüksek yerli ağaç türleri olarak, titrek kavak, akkavak, meşe, kızılçam, kızılçam, dişbudak, fıstıkçami, karaçam, selvi ve sedir ağaçlarını saymak mümkündür. Türkiye şartlarında üretilebilecek dış kaynaklı ağaçlar arasında ise papulus, pinus pinaster, okaliptüs, acaciacyonophilla, euramericana gibi ağaç cinslerini saymak mümkündür. Söğüt ve

kavak gibi fazla su isteyen ağaçların yanında, kurak alanlarda da yetiştirilebilecek ağaçlarında önemle dikkate alınması gerekir. Türkiye'de enerji ormancılığı için uygun olan toplam alanın % 85 alan uygulama için beklemek birlikte % 15'i değerlendirilmiş durumdadır[26].

Enerji planlaması enerji bitkileri tarımı ve tarımsal üretim planlaması Modern biyokütle kapsamında birlikte ele alınmalıdır. Türkiye'de gıda üretimi dışında fotosentezle kazanılabilecek enerjiye ve kültürel yetiştiriciliği biyokütle enerjisinin brüt potansiyeli teorik olarak 135-150 Mtep/yıl olarak hesaplanmaktadır. Bununla birlikte kayıplar düşüldükten çıkarıldıktan sonra net değer 90 Mtep/yıl olacağı beklenmektedir. Fakat yıl boyunca tüm yetiştiricilik alanlarının yalnızca biyokütle yakıt üretim amacıyla kullanılması mümkün değildir. Maksimum değer olarak en üst düzeydeki yetiştiriciliğe göre teknik potansiyel 40 Mtep/yıl seviyesinde bulunmaktadır. Ekonomiklikte göz önüne alınmasıyla değeri, Türkiye'nin ekonomik biyokütle enerji potansiyeli 25 Mtep/yıl olarak alınabilir [26].

Tarımın ön planda olduğu Türkiye'de ürün atıklarının ve tarımsal atıkların bakımından bol kaynaklarına sahiptir. Türkiye, OECD ülkeleri arasında 9,5 milyon ton petrol eşdeğeriyle (Mtoe) ürün atıkları enerji potansiyelinde ile dördüncü sırada yer alır. Türkiye'de hububat bitkilerinin katı atık miktarı 39.2-52.3 milyon ton, mısır için 3.8-4.8 milyon ton, şeker pancarı için 1.3-1.5 milyon ton ve patates için de 522-617bin ton kadardır. Bu atıklar çeşitli biçimlerde işlenerek biyokütle yakıt olarak kullanılabilir. Ayrıca, yağlı tohum bitkileri ve zeytincilik atıkları da önemli biyokütle hammaddeleridir. İlkel biçimde kullanılmakta iseler de, biyokütle yakıt üretimine gidilmemektedir. Biyoetanol üretiminde, üretim fazlası buğday, nişasta ve selülozik atıkların da kullanımı gereklidir [26].

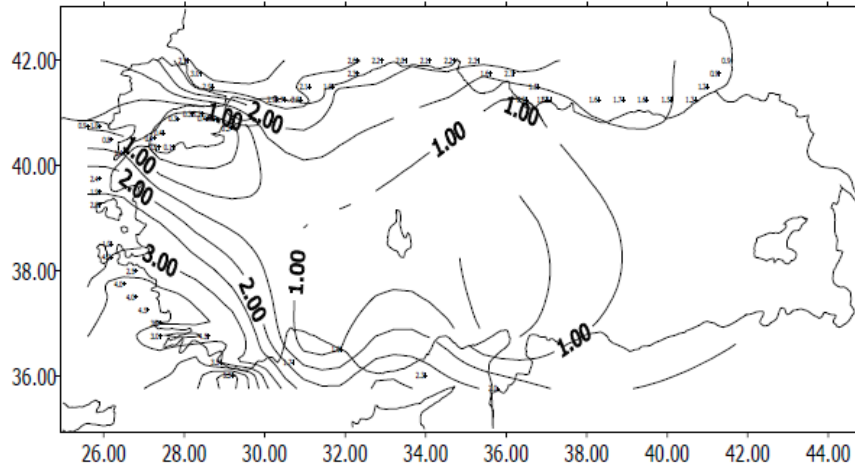
Türkiye'nin 1,5-2 Mtoe; 2,5-4 milyar m³biyogaz üretim potansiyeline karşılık beklenen üretimi 25 milyon kWh tahmin edilmektedir. Gübre gazından %85'i ile katı atık düzenli depolama sahası gazları toplam biyogaz potansiyelini oluşturur. Gübre gazı %50 ile küçükbaş hayvanlardan, %43 ile büyükbaş hayvanlardan ve %7 ile kümes hayvanlarından sağlanmaktadır. Türkiye biyogaz potansiyelinin kullanılmasının, organik gübre üretimi atık kaynaklı çevre kirliliğini azaltma, yeşil elektrik eldesi ve AB uyum süreci bakımından ülke olarak yararları açıktır. Çöpten ve Hayvan gübrelerinden biyogazın elde edilmesi özellikle çiftçilerde, yerel yönetimlerde ve özel sektörde bulunmaktadır. Düzenli depolanan çöplerle birlikte elektrik üretiminin değerlendirilmesi göz ardı edilmemelidir. 65 bin ton endüstriyel ve evsel çöpün günlük olarak ayrıştırılması ve depolanması ile meydana gelen anaerobik fermantasyonu sonucunda %40 ila %60 oranında metan içeren çöp gazı üretimi

sağlanabilir. Belediyelerin bu konuda araştırmalar yaptıkları bilinmektedir. Hayvansal ve bitkisel atıkların organik kökenli olması nedeniyle doğrudan tarım topraklarına gübre olarak verilmesi ve verimsiz bir şekilde yakılmasının yerine biyogaz üretimi için anaerobik fermantasyon ile %40-%70 metan içerikli tesislerin faaliyete geçirilmesi yararlı olacaktır [26].

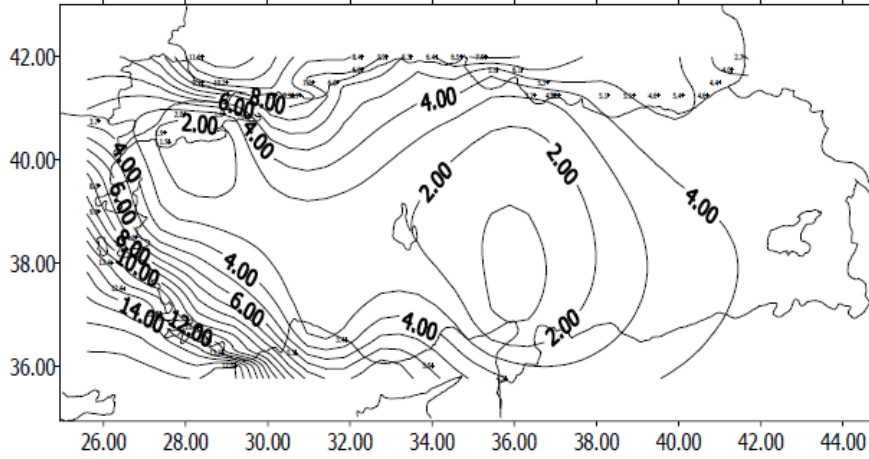
3.3.6. Dalga enerjisi

Yeryüzüne güneşten gelen ışınların yüzeyleri farklı noktalardan ulaşması nedeniyle yüzeylerin farklı ısınması sonucu meydana gelen rüzgarların deniz üzerinde esmesi ile deniz yüzeyinde oluşan dalgalardaki enerjinin diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına kıyasla devamlılığının daha uzun sürdüğü tespit edilmiştir. Bu devamlılık rakamsal olarak ifade edilirse 10ila 15 arasında bir değer kadar daha fazladır. Dalga enerjisinden faydalanılırsa denizlere kıyısı olan ülkenin tarafından bol ve rahatlıkla elde edilebilir yenilenebilir enerji kaynağıdır.

Türkiye’de hazırlanan “Türk Kıyı Rüzgârları ve Derin Dalga Atlası” verilerinden çıkan sonuca göre yaklaşık belirgin dalga periyodu (T) ve dalga yüksekliği (H) değerleri ile enerji akışı için en az ve en çok aylık ortalama değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak denizlerimizde kullanıma hazır yaklaşık azami ve asgari dalga enerji seviyeleri Şekil 3.5 ve 3.6’de gösterilmiştir [7].



Şekil 3.8: En Düşük Dalga Enerji Seviyeleri [7]



Şekil 3.9: En Yüksek Dalga Enerji Seviyeleri [7]

Türkiye’de bulunan denizlere göre Karadeniz’in daha dalgalı olduğu iddialarına karşılık, güneybatı Anadolu’dan esen hava akımlarının hâkim olduğu Akdeniz ve Ege Denizi üzerindeki rüzgâr potansiyeli 4-17 kW/m’lik yıllık ortalama dalga enerjisinde artışa sebep olur. İzmir-Antalya arası dalga enerjisinden yararlanmak, için en uygun yer veya daha fazla ayrıntıya girilirse Dalaman-Finike arasına bulunan denizler dalga enerjisine en uygun yerdir. Ortalama dalgaların bölgesel yoğunlukları aşağıdadır;

Çizelge 3.14. Bölgesel Ortalama Dalga Yoğunluğu [7]

Bölgeler	Güç
Akdeniz	2.59-8.26 kWh/m
İzmir-Antalya	3.91-12.05 kWh/m
Ege Denizi	2.86-8.75 kWh/m
Karadeniz	1.96-4.22 kWh/m
Marmara Denizi	0.31-0.69 kWh/m

3.4. Türkiye’nin Enerji Durumuna Genel Bakış

Türkiye dünyanın 17.büyük ekonomisine sahiptir ve aynı zamanda dinamik ve gelişmekte olan bir ülkedir. Enerji stratejisi Türkiye’de ekonomi üzerine herhangi bir olumsuz etkisi olmadan tatmin edici bir büyüme amaçlanmaktadır [25].

Türkiye Cumhuriyet’i 1923 yılında kurulduğunda nüfusu sadece 12 milyon iken, 2012 sonu itibariyle bu sayı 75.627.384’e ulaşmıştır. Elektrik üretimi kurulu gücümüz 33 MW, kişi başına elektrik tüketimi ise 3.3 kWh, toplam elektrik tüketimi 45 GWh ve kişi başına elektrik üretimi 3.6 kWh’dir.

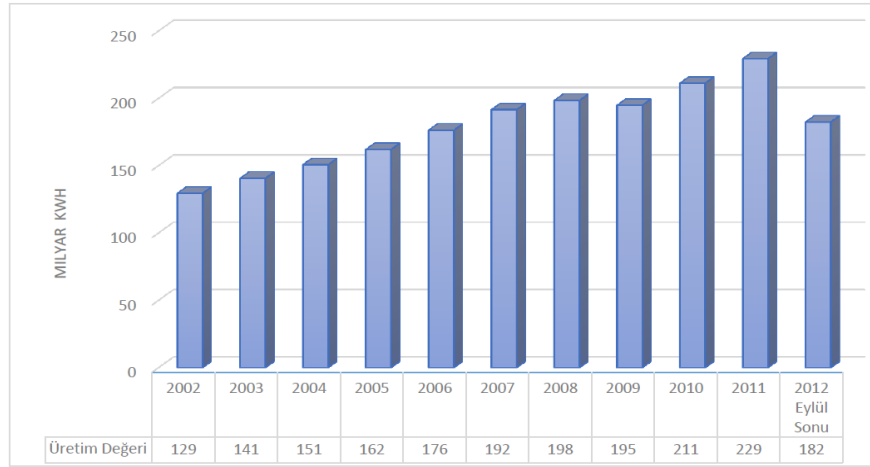
Türkiye'nin yüksek büyüme verileri neticesinde uzun yıllardır yıllık elektrik enerjisi tüketim artışı yaklaşık yüzde 7-8 düzeyindedir. Elektrik üretimi 2002 yılında 129 milyar kWh gerçekleşirken 2011 yılı sonunda 230 milyar kWh'e çıkmıştır [25].

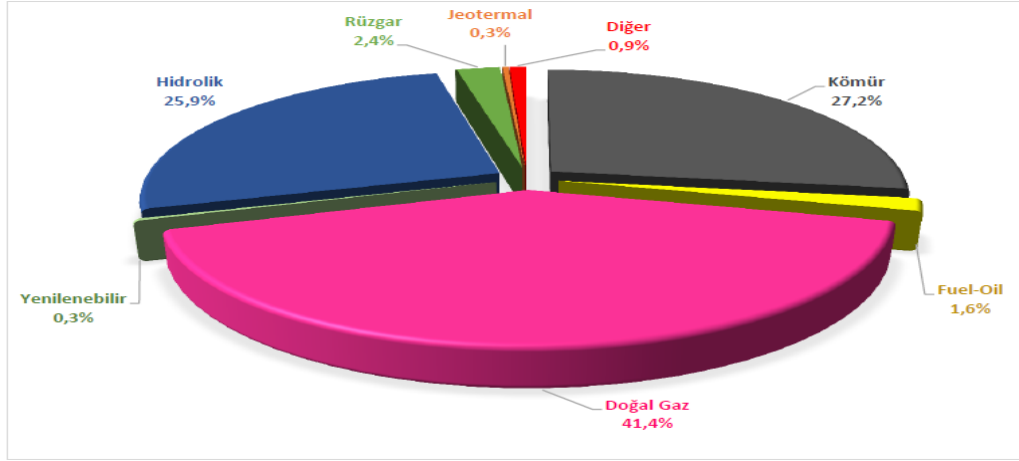
Geçtiğimiz yıllarda, elektrik enerjisi talebi;

- 2009 yılı içinde 29.870 MW,
- 2010 yılı içinde 33.392 MW,
- 2011 yılı içinde 36.122 MW,
- 2012 yılı içinde 39.045 MW olmuştur.

Elektrik enerjisi kurulu gücü 2002 yılında 31.846 MW seviyesindeyken 2012 yılında yüzde 75 artışla bu değer 55.633 MW'a çıkmıştır. İşletmeye alınan santraller 2011 yılında elektrik enerjisi kurulu gücünü 3.387 MW'lık seviyeye çıkartmıştır. Türkiye'de elektrik üretim santrallerinin 2002 yılında 300 olan sayısı, 2011 yılı sonunda 643'e, 2012 yılı Ekim ayı sonunda ise 743'e yükselmiştir. Kapasite artışı 2012 yılı içerisinde 2.874 MW'lık seviyede olmuştur [3].

Çizelge 3.15. Türkiye'nin Elektrik Üretim Değerleri (Milyar kWh) [3]



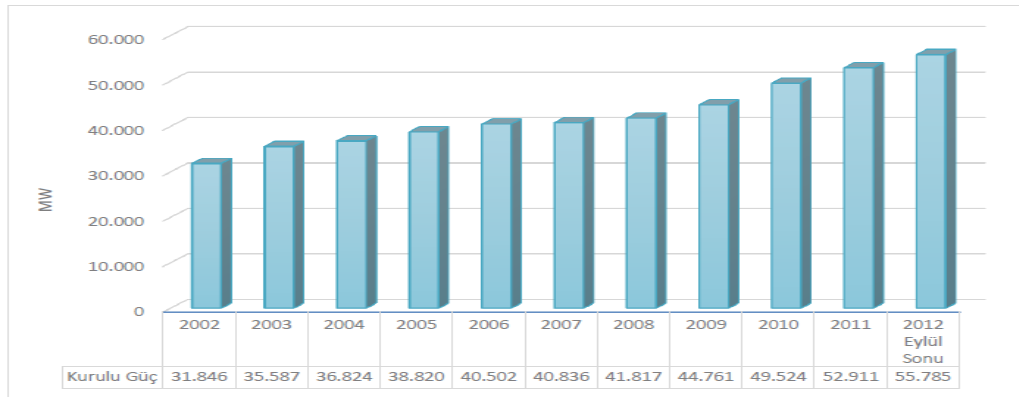


Şekil 3.10: 2012 Yılı Elektrik Enerjisi Üretiminin Birincil Enerji Kaynaklarına Göre Dağılımı(%) [3]

3.5. Türkiye'nin Enerji Talebindeki Gelişmeler

Nüfusu ve yüzölçümü bakımından Türkiye dünyada önemli bir yerdedir. Nüfusu 2012 yılında 76.667.864 iken 2023 yılında 84.247.088 olması beklenmektedir. Buna göre 2012 yılının tamamında Türkiye ekonomisinin % 2,2 oranında büyümüş olmuştur. 2010 yılında % 9,2 ve 2011 yılında % 8,8'lik büyüme oranlarından sonra 2012 yılındaki % 2,2'lik büyüme oranı gerçekleşmiştir.

Çizelge 3.16. 2012 Kurulu Gücün Birincil Enerji Kaynaklarına Göre Dağılımı (MW-%) [3]



2012 yılında GSYH cari fiyatlarla 1.416,8 milyar TL hesaplanmıştır. Bu tutarı 2012 yılının ortalama dolar kuru olan 1,8019'a bölersek karşımıza dolar cinsinden 786,3 milyar dolarlık bir GSYH çıkıyor. Aynı yıl kişi başına düşen milli gelir 10.505 dolar olarak bulunmuştur. 2009'da 103.500 MTEP'e düşen Türkiye'nin enerji tüketimi 2012 yılında 119.5 MTEP olarak gerçekleşmiştir. Elektrik üretimi 2012 yılında, bir

önceki yıla göre % 8,78 artışla 228.431 milyar kWh'ye, tüketim ise % 8,19 artışla 229.344 milyar kWh olarak bulunmuştur [25].

Elektrik enerjisi özellikle insan yaşamında şüphesiz birinci önceliğe sahiptir. Konutlarda ve bazı sanayi kolları yeri doldurulamaz bir unsurdur. Yaşam seviyesinin devam ettirilmesi için de günlük hayatın birçok bölümünde vazgeçilmezdir. Enerjisiz bir yaşam, günümüz koşullarında neredeyse olası değildir. Gelişen teknoloji ve artan enerji açığı bütün ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de yeni enerji kaynakları üzerinde daha fazla düşünülmesini ve hızlı bir şekilde alternatiflerin üretilmesini gerekli hale getirmiştir.

Çizelge 3.17. Kişi Başına Yıllık Elektrik Enerjisi Tüketimi 2012 [25]

Ülkeler	Kişi Başına Tüketim (kWh)
Türkiye	3.099
ABD	12.322
Gelişmiş Ülkeler Ort.	8.900
Dünya Ortalaması	2.500

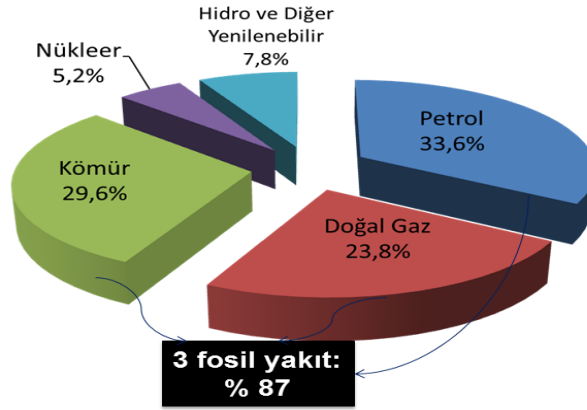
Küresel ısınma ve iklim değişiklerine sebep olan fosil yakıtlarının oluşturduğu sera gazları ve diğer yandan nükleer enerji kaynaklarının çevresel, ekonomik açıdan yüksek maliyetli ve toplumsal kaygıların olması ülkelerin yenilenebilir ve yerli ve kaynaklara yönelmesine ve daha aktif kullanımına yönelimleri artmıştır. Çağdaş gereksinimlerden dolayı özellikle teknolojik gelişmeye bağlı olarak meydana gelen, enerji üretimiyle ilgili bilimsel araştırmalar, alternatif ve daha kullanışlı enerji kaynaklarına yönelmiştir. Günümüzde doğal dengenin korunması ve sürdürülebilirliğin sağlanması için yenilenebilir ve yerli enerji kaynaklarının işlenmesi ve kullanılmasının önemi önemli oranda artmaktadır [25].

Enerjiyi güvenilir, temiz, ucuz, kesintisiz ve çeşitlendirilmiş kaynakları verimli kullanmak önemlidir. Ancak şimdiye kadar yaralandığımız birçok enerji çevrim yönteminin insanlara ve çevreye verdiği zarar ciddi boyutlara varmıştır. Ülkeler yurttaşları ve dünya halklarının daha ferah bir dünya sunabilmeleri maksadıyla yenilenebilir ve yerli enerji kaynaklarından daha fazla enerji üretmeye yönelmeleri gerekmektedir. Bu nedenle doğal kaynakların olan güneş, rüzgâr, hidrolik gibi yenilenebilir enerji kaynakları kullanılmalıdır. Enerjiye güvenilir, yeterli, ucuz ve sürdürülebilir ulaşılması temel bir insan hakkıdır. Enerji sorununun çözümü için Dünya genelinde çözümler geliştirilmesi ve işbirliğinin artması için Dünya Enerji Konseyi (WEC) ve Birleşmiş Milletlere tarafından gerekli adımlar atılmalıdır.

Dünya birincil enerji ticari olarak tüketimi 2012 yılında, 2011 yılına göre % 5.6 artarak 12.000 milyon TEP seviyesinde olmuştur. Amerika Birleşik Devletleri'ni enerji bakımından Çin, % 11 oranında büyüme ile geride bırakarak dünya enerji tüketiminde % 20.3 payla en yüksek tüketime sahip ülke durumuna gelmiştir. Fosil kaynaklardan olan Petrol % 33.6 ile tüketimde en büyük orana sahip olup, bir önceki yıla göre % 3.1 artışla 2010 yılında günlük 87.4 milyon varile üretim seviyesinde olmuştur.

1970'den bu yana ortalama % 29,6 oranıyla kömür tüketimde en büyük paya sahip olmuştur. %7.6 artış gösteren kömür tüketiminde bir önceki yıla göre Çin % 48.2 payı oluşturmuştur. Her yıl daha da artan Doğal gaz talebi bir enerji kaynağı olarak 1984'ten beri en yüksek oranla % 7.6 artmış ve küresel doğalgaz LNG ticaretinde ise % 22.6 ve ticaretinde % 10.1 artış olmuştur.

Birincil enerji tüketimi içinde 2010 yılında küresel hidrolik dışındaki yenilenebilir enerji ancak % 1.8 pay almıştır. Bununla birlikte yenilenebilir enerjiden elektrik üretimi bir önceki yıla göre % 15.5 artmıştır. Bu yükselişteki en büyük neden % 22.7 oranında artan rüzgar enerjisi üretimi olmuştur. ABD ve Çin'in toplamı bu artışın % 70'ini gerçekleştirmiştir. Biyoyakıt üretimi % 13.1 ve hidrolik enerji üretimi % 5.3 bir önceki yıla göre artmıştır. Birincil enerji tüketimi içinde % 5.2 pay alan nükleer enerji üretimi ise bir önceki yıla göre % 2 artış göstermiştir [25].



Şekil 3.11: Dünya Birincil Enerji Tüketimi Kaynaklar Bazında (%) [27]

Dünya Enerji Konseyi Fukushima kazasının sonuçlarını araştırması sonucunda nükleer üretimde önde gelen ülkelerin (Japonya hariç) nükleer projeksiyonlarında değişiklik olmayacağı tespit edilmiştir. Halen devam eden toplam 61 nükleer projenin büyük çoğunluğunu yürüten Çin, Rusya ve Kore, nükleer ile ilgili planlarında değişiklik olmamıştır. Fakat nükleere bağımlı az olan İsviçre, İtalya, Almanya ve Japonya gibi diğer ülkeler nükleerle ilgili planlarını değiştirmiştir. Yapılacak elektrik

santralleri için bir diğer araştırmada yeni tercih sırasına olarak sırasıyla doğal gaz, kömür ve yenilenebilir enerjinin gelmektedir [25].

3.5.1. Türkiye'nin enerji sektörünün yapısını belirleyen temel veriler

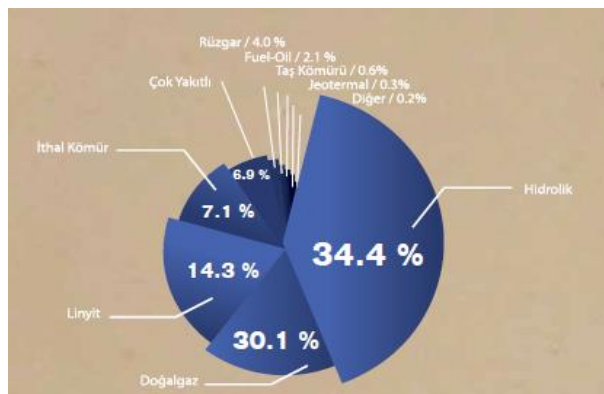
Türkiye Avrupa'nın altıncı büyük ekonomisi ve altıncı büyük elektrik piyasası durumundadır. 2012'da ithal enerji bağımlılığı % 71.5 olan Türkiye'nin yıllık enerji talep artışı 1990'dan başlayarak % 4.6 olarak gerçekleşmiştir. Avrupa Birliği'nin yıllık talep artış oranı ise aynı dönemde % 1.6 olarak gerçekleşmiştir. Türkiye'nin geleceğe yönelik birincil enerjide yıllık artışı beklentisi % 4'tür. 2023 yılı projeksiyonu olarak elektrik talep artışı ise yüksek senaryoya göre % 7.5, düşük senaryoya göre % 6.7 olarak beklenmektedir. 2023 yılı enerji kaynaklarının dağılımı ilerleyen bölümlerde ayrıntılı olarak anlatılacaktır. 2023 yılındaki bu artışlara denk gelen enerji kaynaklarının dağılımı ve yüzdeleri gelecekte oluşacak enerji ihtiyaçları göz önüne alınarak tablolar halinde yine ilerleyen sayfalarda gösterilecektir. Gelecekte enerji ihtiyacının karşılanabilmesi için 15 yıldaki yatırım ihtiyacını 100 milyar dolar olarak tahmin edilmektedir. EPDK 2010–2030 dönemi için ihtiyacını duyulan yatırımların ise 230–275 milyar dolar olarak tahmin etmektedir [25].

3.5.2 Türkiye enerji sektörü ile ilgili temel tespitler

2000–2010 arasında Türkiye'nin birincil enerji üretimi % 34.6 artışla 81.2 milyon TEP'den 109.3milyon TEP'e ulaşmıştır.

Birincil enerji tüketimi 2012 yılı için Türkiye'de toplam 119,5 MTEP olarak gerçekleşmiştir. Tüketimin % 89,3'lük kısmını fosil yakıtlar oluşturmaktadır.

2000–2012 arasında elektrik kurulu gücü % 94.6 artışla, 27 264 MW'den 53 051 MW'ye yükselmiştir. Aynı dönemde elektrik tüketimi 128.3 milyar kWh'den, % 78.8 artışla 229.3 milyar kWh'ye varmıştır.



Şekil 3.12: 2012 Yılı Sonu İtibariyle Kurulu Gücün Kaynak Bazında Dağılımı [3]

3.5.3. Enerji talebi, üretimi ve ithalatı

2009 yılında yerli kaynaklardan enerji üretimi 30,328 MTEP olarak gerçekleşmiş, 2010'da ise 32,493 MTEP'e yükselmiştir. Üretimin % 49,3'ünü linyit ve az miktarda asfaltit oluşturmuştur. Hidrolik ve diğer yenilenebilir kaynaklarından yapılan üretim, yerli üretimin % 21,9'unu oluşturmakta Taş kömürü üretiminin toplam üretim içindeki payı % 4,6 ve toplam enerji talebinin % 6,5'ini teşkil etmektedir. Katı olmayan fosil yakıtlardan olan petrol ve doğal gaz yerli üretim içinde % 10,1 gibi düşük bir paya sahiptirler. Ticari olmayan odun ve bitkinin yerli üretimdeki payı % 14'le petrol ve doğal gaz toplamını aşmaktadır [27].

3.5.4. Elektrik üretim-tüketim durumu

Toplam elektrik enerjisi üretimi 2012 yılında Türkiye'de 239,1 milyar kWh olarak; yurtiçi toplam elektrik enerjisi talebi (brüt talep) ise 241,9 milyar kWh olmuştur. 2012 yılı elektrik enerjisi talebi 2011 yılına karşılık % 5,1 oranında yükselmiştir [27].

Çizelge 3.18. Elektrik Üretim-Tüketim Durumu [27]

	Birim	2010	2011	2010-2011 % Değişim	2012	2011-2012 % Değişim
Kurulu Güç	MW	49.524	52.911	6,8%	57.058	7,8%
Üretim	GWh	211.208	229.395	8,6%	239.080	4,2%
İthalat	GWh	1.144	4.556	298,3%	5.820	27,7%
İthalat	GWh	1.918	3.645	90,1%	2.953	-19,0%
Tüketim	GWh	210.434	230.306	9,4%	241.947	5,1%

2012 yılında önceki yıla kıyasla elektrik enerjisi ithalatı % 27,7 oranında artmış, ihracat ise %19 oranında azalmıştır. Elektrik enerjisi ihracatının, elektrik enerjisi üretimine oranı %1,2; elektrik enerjisi ithalatının brüt talebe oranı ise %2,4 düzeyinde gerçekleşmiştir. Elektrik enerjisinin 2012 yılındaki genel görünümü Çizelge 20'de verilmiştir [27].

Tüketim verileri aylık ve 12 aylık hareketli ortalamalar bazında incelendiğinde brüt elektrik enerjisi talebindeki daralmanın 2010 yılı itibariyle tamamen bittiği ve 2011 yılının özellikle ilk ve son çeyreklerde bir önceki yıla göre tüketim artışının çok yüksek gerçekleştiği fakat 2012 yılında bu yükselişte bir azalma yaşandığı görülmektedir. 1990'lı yıllarda yıllık ortalama % 8,5 olan yıllık brüt elektrik enerjisi

İhtiyacı yükseliş hızı, yaşanan ekonomik krizlerin etkisi ile 2000'li yıllarda % 5,7'ye düşmüştür.

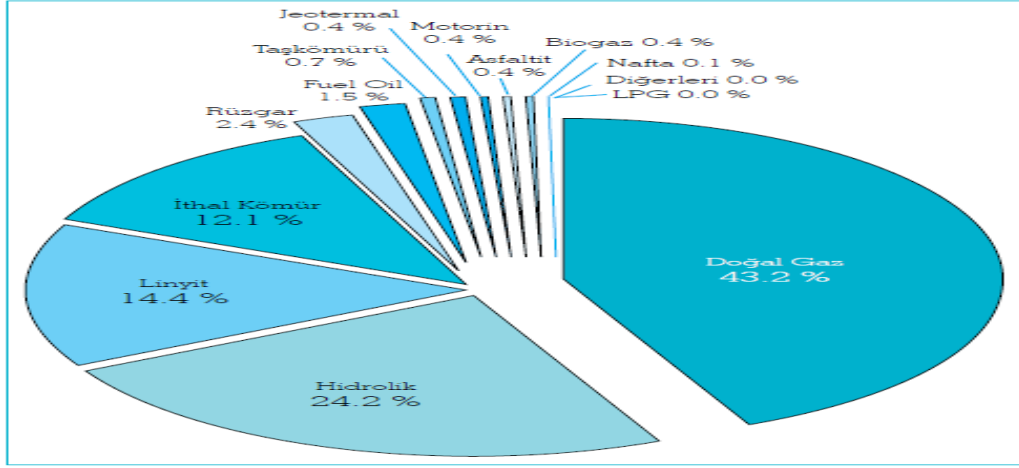
Çizelge 3.19. 2012 Yılı Elektrik Enerjisi Genel Görünümü [27].

AYLAR	Üretim (GWh)	İthalat (GWh)	İhracat (GWh)	Tüketim (GWh)
OCAK	21.437	388	466	21.359
ŞUBAT	19.924	388	307	20.005
MART	20.654	415	384	20.685
NİSAN	18.161	311	238	18.233
MAYIS	18.772	396	163	19.004
HAZ.	19.859	426	227	20.058
TEM.	22.574	596	342	22.828
AĞUST.	21.339	522	262	21.600
EYLÜL	19.583	535	535	19.902
EKİM	17.760	509	118	18.151
KASIM	18.584	595	93	19.086
ARALIK	20.432	739	137	21.035
TOPLAM	239.080	5.820	2.953	241.947

Çizelge 3.20. Türkiye'de Günümüzde ve Gelecekte Toplam Enerji

Kaynak	1990	2000	2005	2010	2020	2030
Kömür ve Linyit	16.94	23.32	35.46	39.70	107.57	198.34
Petrol	23.61	31.08	40.01	51.17	71.89	102.38
Doğal Gaz	2.86	12.63	42.21	49.58	74.51	126.25
Biomass ve Çöp	7.21	6.56	5.33	4.42	3.93	3.75
Nükleer Enerji	-	-	-	-	7.30	14.60
Hidrolik	1.99	2.66	4.16	5.34	10.00	10.00
Jeotermal	0.43	0.68	1.89	0.97	1.71	3.64
Güneş/Rüzgâr	0.03	0.27	0.22	1.05	2.27	4.28
Toplam Birincil Enerji Tüketimi	53.01	77.49	129.63	152.22	279.18	463.24

2012 yılında elektrik enerjisi üretiminin sırasıyla %43,2'si doğal gazdan; %24,2'si hidrolik kaynaklardan; %14,4'ü linyitten; %12,1'i ithal kömürden; %1,5'i fuel-oil'den; %2,4'ü rüzgârdan ve %2,2'si ise diğer kaynaklardan üretilmiştir (Şekil 7).[27]



Şekil 3.13: 2012 Yılı Elektrik Üretimini Kaynaklara Göre Dağılımı [27]

4.TÜRKİYE'NİN ENERJİ KAYNAKLARININ ENERJİ KULLANIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Çevrim ve Enerji Sektörü
Konut ve Hizmetler Sektörler
Alan Isıtma
Su Isıtma
Mutfak Kullanımı
Sanayi ve Ulaştırma

4.1. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Dünya'da Kullanımı

Dünyada toplam birincil enerji arzı 2011 yılında 552,741.336 (PJ) değeri olmuştur. Bunun 3 566 TWh'ı hidrolik kaynaklardan sağlanmıştır. Enerji yaşamımızda hayati bir kavram olarak yer almakta ve enerjiye olan ihtiyaç da gün geçtikçe artmaktadır. 2008 ve2038 yılları arasında enerji tüketiminin % 35 artacağı, dünyanın toplam enerji kullanımının ise 2008 yılında 532.803 229 5 PJ iken 2020 de653.079 602 1 PJve 2035 yılında ise 812.393 043 PJ'e ulaşması beklenmektedir. Enerji tüketiminde büyüme çoğunlukla OECD ülkeleri dışında gerçekleşmektedir.1990 ve 2035 yıllarını kapsayan bir çalışmaya göre OECD ülkelerinde enerji tüketiminin %18 artması beklenirken OECD ülkeleri dışında bu oran % 85 olarak beklenmektedir.

4.2.Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye'de Kullanımı

Türkiye'de 2012 yılında toplam birincil enerji arzı 5028.053 (PJ) olmuştur. Bu enerji arzının 501.243 (PJ)'ü yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmış bu değerde toplam enerji arzının % 9.968'ini oluşturmaktadır.

Türkiye üç kıtanın birleşme noktasında yer almakta ve Avrupa ile Asya'nın kavşak noktasını oluşturmaktadır. 783,562 km²'lik yüzölçümüyle dünyanın 34. büyük ülkesi olup, söz konusu toprakların % 35'i tarımsal alan, % 27'si orman, % 18'i otlak ve

meradır; % 20'si ise diğer kullanımlara ayrılmıştır. Karasuları, yüzölçümünün % 1,6'sını kapsayan ülkenin 8.333 km uzunluğundaki kıyı hattı turizm için son derece elverişli koşullar yaratmaktadır. Dağ sıraları Karadeniz ile Akdeniz kıyılarına paraleldir. Türkiye'nin batı kısımlarındaki ılıman güneyde ise Akdeniz iklimi görülmekte, sert kışlardan sıcak ve kuru yazlara kadar farklılık gösteren bölgesel veya mevsimsel değişimler gözlenebilmektedir. 2011 yılının Mart ayında Japonya'da yaşanan deprem ve ardından yaşanan tsunami felaketi sonrası Fukuşima nükleer tesislerindeki sızıntıya nedeniyle gelecek için farklı sonuçlar doğurmuştur. Dünyada nükleer enerji daha fazla sorgulanmaya başlanmış ve nükleer enerji kullanan ülkeler gelecek hesaplarını gözden geçirerek alternatif enerji kaynakları arayışları başlamışlardır.

Türkiye'nin toplam nüfusu 1990 yılında 56,5 milyondan 2012 yılında 76,5 milyona ulaşmış, nüfustaki bu artışla birlikte, şehirleşme oranı 1990 yılındaki %52,9 seviyesinden 2012 yılı sonunda %75,5 seviyesi geçmiştir. Ülkede 2101 belediye vardır ve nüfusun %45'i şehirlerde yaşamaktadır. 2002-2012 yıllarında en hızlı büyüyen ekonomilerden birine sahiptir.

Türkiye 76.667.864 nüfusu ile 800,000 km² yüzölçümüne sahip büyük bir bölümü Asya kıtasında yer almaktadır. Çanakkale boğazı ve İstanbul boğazı ile bölünen kuzey batı bölümü Avrupa kıtasında yer almaktadır.

Türkiye'de birincil enerji talebi 2012 yılında 119,5 milyon TEP olarak gerçekleşmiştir. Birincil enerji talebi içerisinde doğal gazın payı yüzde 32, kömürün payı yüzde 31, petrolün payı yüzde 26, hidrolik enerjinin payı yüzde 4 ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının payı yüzde 7'dir. Birincil enerji talebimizin sektörlere göre dağılımı incelendiğinde; yüzde 27'sinin sanayi, yüzde 26'sının konut ve hizmet sektörü, yüzde 14'ü ulaştırma ve yüzde 24 çevrim sektöründe kullanılmıştır.

Bu bölümde Türkiye'nin nüfus değerleri, toplam enerji ve ekserji üretim ve tüketim değerleri ile yenilenebilir enerji ve ekserji üretim değerleri verilmiştir. Bu değerler Çizelge 4.1.'de gösterilmiştir.

Yenilenebilir enerjinin Türkiye'de kullanımının ayrıntılı olarak incelenmesinde enerji ve ekserji girdileri 2012 yılı enerji kaynaklarına göre Çizelge 24'de gösterilmiştir. Bu tablodan da görülebileceği gibi toplam enerji ve ekserji girdileri sırasıyla 5065,83 ve 4900,21 PJ'dür. Toplam enerjinin % 36'sı ülke kaynaklarıyla karşılanmış geri kalan kısmı ithal edilmiştir. Toplam 15 enerji kaynağı mevcuttur. Bunlardan % 30,88 ile doğal gaz en büyük paya sahiptir. Daha sonra % 25,8 ile petrol, %16,79 ile taş kömürü, %12,75 ile linyit ve %4,11 ile hidrolik enerji sıralanmaktadır. Yenilenebilir

enerjinin üretimdeki toplam miktarı %10,83'nü oluşturmaktadır. Yenilenebilir toplam enerji değeri 552,53 PJ toplam ekserji değeri ise 477,64 PJ'dür. Bu miktarların dağılımı Çizelge 3'te gösterilmiştir. Bu tabloda da gösterildiği gibi yenilenebilir enerjide hidrolik enerjinin payı %41,56 ile en büyük paya sahiptir. Odun kaynağı %19,63, jeotermal ısı kaynağı % 12,22, atık kaynağı %9,31, jeotermal %6,45, güneş %6,41 ve rüzgâr % 4,20 ile takip etmektedir.

Çizelge 4.1. Nüfus, Yenilenebilir Enerji ve Ekserji Üretimi ve Tüketimi Değerleri 2012

Nüfus	Toplam enerji tüketimi (PJ)	Toplam ekserji tüketimi (PJ)	Toplam enerji üretimi (PJ)	Toplam ekserji üretimi (PJ)	Yenilenebilir enerji üretimi (PJ)	Yenilenebilir ekserji üretimi (PJ)
76.667.864	5063,83	4900,21	1380,91	1349,68	552,53	477,64

4.3. Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Enerji Kullanımının Sektörlere Göre Değerlendirilmesi

2012 yılında Türkiye'de yenilenebilir enerjinin sektörler göre kullanımı Çizelge 26'da gösterilmiş ve %57,15'si çevrim ve enerji sektöründe kullanılmıştır. Konut ve hizmetler sektöründe %30,21, sanayi sektörü %11,31 ve tarım sektörü %2,89 ile takip etmiştir. Ulaştırma sektöründe yenilenebilir enerji olarak %0,17 ile sadece biyoyakıt kullanılmıştır. Yenilenebilir enerji ve ekserji kullanımının 2012 yılı için sektörlere göre değerlendirilmesi bundan sonraki bölümde başlıklar altında anlatılmıştır.

4.3.1 Çevrim ve enerji sektörü

Türkiye hidrolik ve fosil kaynakları iki ana elektrik üretim kaynağı olarak kullanılmaktadır. Fosil kaynakları olarak büyük oranda doğalgaz daha sonra petrol ve kömür kaynakları takip etmektedir. Elektrik üretimi özellikle

Çizelge 4.2. Türkiye'nin Enerji ve Ekserji Üretim ve Tüketim Değerleri 2012

Enerji Türü	Toe	Enerji (Ekserji)	Üretim		Tüketim	
			(PJ)	(%)	(PJ)	(%)
Taş Kömürü	0.61	Enerji	45,84	3,32	850,59	16,79
	1.03	(Ekserji)	(47,21)	(3,49)	(876,10)	(17,88)
Linyit	0.21	Enerji	642,88	46,55	646,15	12,75
	1.04	(Ekserji)	(688,60)	(51,02)	(672,00)	(13,71)
Kok	0.72	Enerji	0	0	11,51	0,22
	1.04	(Ekserji)	(0)	(0)	(11,97)	(0,24)
Petro Kok	0.76	Enerji	0	0	117,23	2,31
	1.04	(Ekserji)	(0)	(0)	(121,92)	(2,49)
Hay. ve Bit. Art.	0.23	Enerji	46,68	3,38	44,17	0,87
	1.05	(Ekserji)	(49,01)	(3,63)	(46,38)	(0,94)
Asfaltit	0.43	Enerji	23,74	1,72	19,12	0,37
	0.97	(Ekserji)	(23,02)	(1,70)	(10,23)	(0,21)
Petrol	1.05	Enerji	93,78	6,79	1306,49	25,80
	0.99	(Ekserji)	(92,84)	(6,87)	(1293,42)	(26,40)
Doğal Gaz	0.91	Enerji	22,15	1,60	1564,73	30,88
	0.92	(Ekserji)	(20,37)	(1,51)	(1439,55)	(29,37)
Odun	0.30	Enerji	98,4	7,12	98,4	1,93
	1.05	(Ekserji)	(103,31)	(7,65)	(103,31)	(2,10)
Biokütle	0.23	Enerji	0,962	0,02	0,962	0,02
	1.05	(Ekserji)	(1,01)	(0,02)	(1,01)	(0,03)
Hidrolik Enerji	0.086	Enerji	208,33	15,08	208,33	4,11
	1.00	(Ekserji)	(208,33)	(15,43)	(208,33)	(4,25)
Jeotermal	0.86	Enerji	32,36	2,34	32,36	0,64
	1.00	(Ekserji)	(32,36)	(2,40)	(32,36)	(0,66)
Jeotermal Isı	0.86	Enerji	112,54	8,15	112,54	2,22
	0.29	(Ekserji)	(32,63)	(2,41)	(32,63)	(0,66)
Güneş	0.86	Enerji	32,15	2,32	32,15	0,63
	0.93	(Ekserji)	(29,89)	(2,21)	(29,90)	(0,59)
Rüzgar	0.086	Enerji	21,10	1,52	21,10	0,41
	1.00	(Ekserji)	(21,10)	(1,56)	(21,10)	(0,43)
Toplam		Enerji	1380,91	100	5065,83	100
		(Ekserji)	(1349,68)	(100)	(4900,21)	(100)

2005 yılından sonra yenilenebilir enerji kaynaklarının katkısı artmıştır. Son yıllarda özellikle jeotermal ve rüzgâr enerjisi yatırımları büyük ivme kazanmıştır. Çevrim ve enerji sektörünün 2012 yılına ait elektrik üretim verileri enerji için 2154,94 PJ ve ekserji için 2116,60 PJ olarak bulunmuştur.

Bu değerler ayrıntılı olarak Çizelge 27'de kaynaklar bazında gösterilmiştir. Elektrik üretiminin %85,41'i fosil kaynaklardan geri kalan kısmın %11,48'i hidrolik, %1,78'i jeotermal ve %1,16'sı rüzgâr enerjisi oluşturmaktadır.

Birinci ve ikinci kanuna göre yenilenebilir enerji verimi ve ekserji verimi (ϵ_1 ve ϵ_2) çevrim ve enerji sektörünün için aşağıdaki denklemler yoluyla hesaplanmaktadır [28].

$$\epsilon_1 = (W_{dış} / \delta H) 100 \quad (1)$$

$$\epsilon_2 = (W_{dış} / W_{giriş}) 100 \quad (2)$$

Bundan sonra verileri kullanarak 2012 yılına ait çevrim ve enerji sektörünün verimlilikleri sırasıyla yenilenebilir enerji için $\epsilon_1 = 100$ ve $\epsilon_2 = 100$ ve toplam kaynaklar bazında ise $\epsilon_1 = 84,09$ ve $\epsilon_2 = 83,80$ olarak bulunur.

Çizelge 4.3. Türkiye'nin Yenilenebilir ve Toplam Enerji Kaynaklarının Enerji ve Ekserji Üretim Değerleri 2012.

Yenilenebilir Enerji Kaynağı	Enerji (Ekserji)	Yenilenebilir Enerji Üretimi (PJ)	Toplam Yenilenebilir Üretim İçinde(%)	Toplam Üretim İçinde(%)	Toplam Tüketim İçinde(%)
Hay. ve Bit. Art.	Enerji (Ekserji)	46.68 (49.01)	9.31 (10.59)	3,38 (3,63)	0,87 (0,94)
Odun	Enerji (Ekserji)	98.4 (103.31)	19.63 (22.32)	7,12 (7,65)	1,93 (2,10)
Biokütle	Enerji (Ekserji)	0.962 (1.01)	0.19 (0.21)	0,02 (0,02)	0,02 (0,03)
Hidrolik Enerji	Enerji (Ekserji)	208.33 (208.33)	41.56 (45.01)	15,08 (15,43)	4,11 (4,25)
Jeotermal	Enerji (Ekserji)	32.36 (32.36)	6.45 (6.99)	2,34 (2,40)	0,64 (0,66)
Jeotermal Isı	Enerji (Ekserji)	112.54 (32.63)	12.22 (3.54)	8,15 (2,41)	2,22 (0,66)
Güneş	Enerji (Ekserji)	32.15 (29.89)	6.41 (6.45)	2,32 (2,21)	0,63 (0,59)
Rüzgâr	Enerji (Ekserji)	21.10 (21.10)	4.20 (4.55)	1,52 (1,56)	0,41 (0,49)
Toplam	Enerji (Ekserji)	552,53 (477,64)	100 (100)	39,93 (35,31)	10,83 (9,72)

Burada verimlilikler arasında belirgin farkın olmadığı görülmektedir. Çevrim ve enerji sektöründe tüm birinci ve ikinci kanunun verimlilikleri değerlendirildiğinde dağıtım ve iletimden kaynaklanan kayıpların dahil edilmesi gerekmektedir. İletimden ve dağıtımdan kaynaklı kayıpları sırasıyla %22,43 ve 22,65 olduğundan bu değerler ışığında yeni yüzdeler yenilenebilir enerji için $\varepsilon_1 = 77,57$ ve $\varepsilon_2 = 77,35$ ve tüm kaynaklar için %61,66 ve %61,15 olarak bulunur.

Çizelge 4.4. 2012 Yılı Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Sektörlere Göre Kullanım Değerleri.

Sektörler	Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Dağılımı							Toplam (PJ)	Sektörel Dağılım (%)	
	Hay. ve Bit. Art.	Odun	Jeo.	Jeo. Isı	Biyk	Hid.	Güneş			Rüzgâr
Konut ve Hizmetler	8,83 (9,27)	91,9 (96,5)		96,54 (27,99)			20,93 (19,46)		218,2 (153,22)	39,49 (34,24)
Sanayi							11,22 (10,43)		62,50 (25,30)	11,31 (5,65)
Ulaştırma					0,96 (1,01)				0,96 (1,01)	0,17 (0,22)
Tarım				16 4,64					16 (4,64)	2,89 (1,03)
Çevrim ve Enerji	2,51 (2,63)	0,21 (0,22)	32,36 (32,36)			208,33 (208,33)		21,1 (21,1)	264,51 (264,64)	47,87 (59,13)
Enerji Dışı	35,33 (37,10)	6,28 (6,6)							41,61 (43,7)	7,53 (9,76)
Toplam									552,5 (447,5)	

4.3.2 Konut ve hizmetler sektörler

Bu sektör toplumun konut ve hizmetler alanını kapsamaktadır. 2012 yılı için enerji ve ekserji tüketiminde özel uygulamalarını içermektedir. Konut ve hizmet sektörünün 2012 yılında toplam enerjinin %26'sı bu sektörde tüketilmiştir. Bu tüketimin 96,54 PJ ile jeotermal enerji ve 91,9 PJ ile de katı formu oluşturan biomass enerji (odun) takip etmektedir.

Özellikle rüzgâr enerjisinin gelişimi özel sektörün yatırımlarının artmasıyla büyük ivme kazanmıştır. Jeotermal kaynakların kullanımı yeni tesislerin eklenmesiyle elektrik üretimi 849,4 MWh değerine ulaşılmıştır.

Çizelge 4.5. Yenilenebilir Enerji ve Ekserjinin 2012 Yılı İçin Elektrik Üretiminde kullanımı

Yenilenebilir Enerji Kaynağı	Giren Enerji (PJ)	Yüzde K ^x	S ^{xx}	Elektrik (PJ)	(%)	ε ₁ (ε ₂)
Odun	0,21 (0,22)	0,011 (0,083)	0,023 (0,001)	0,21	0,8	100
Hay. ve Bit. Art.	2,51 (2,63)	0,14 (0,99)	0,28 (0,29)	2,51	0,95	100
Hidrolik	208,33 (208,33)	100 (100)	11,49 (13,70)	208,33	78,75	100
Jeotermal	32,36 (32,36)	100 (100)	1,78 (2,13)	32,36	12,23	100
Rüzgâr	21,1 (21,1)	100 (100)	1,16 (1,38)	21,1	7,97	100
Yenilenebilir Toplamı	264,51 (264,64)	64,85 (63,90)	14,73 (17,5)	264,51	14,59	100
Toplam (Tüm Kaynaklar)	2154,94 (2116,60)			1812,21 (1773,75)		84,09 83,80

^x, Kaynaklar ^{xx}, Sektörel

4.3.3. Alan ısıtması

Türkiye'nin nüfusuna bağlı olarak her bir bölge için alan ısıtması belirlenmelidir. Alan ısıtması coğrafi koşullar göz önünde bulundurularak 2011 yılı için belirlenmiştir. Türkiye'de 2011 yılı itibariyle yapılan çalışmaya göre hane sayısı 19 481 678 olup burada oturanların ortalama sayısı ise 3,8'dir. Isıtmada kullanılan sistemlerin dağılımı ise Oturduğu konutta soba ile ısınan hane halklarının oranı %57,1'dir. Bu oranın %41 ise katı yakıtlı yani kömür ve odun yakıtlı soba geri kalanını ise doğal gaz sobaları oluşturmaktadır. Kat kaloriferi ile ısınanların oranı %25,6, merkezi kalorifer sistemiyle ısınanların oranı %11,4, klima, elektrikli ısıtıcı ve diğer araç ve sistemlerle ısınanların oranı ise %5,9'dur. Soba ile ısınanların oranı görüldüğü gibi en fazla yüzdeye sahip olup yarıdan fazlasını oluşturmaktadır. Isıl verimlilikleri olarak bakıldığında kömürün %45 odunun ise %35'e sahiptirler. İkinci kanuna verimliliğine göre alan ısıtmasında aşağıdaki denklem kullanılır.

$$\epsilon_2 = (\epsilon_1/q_f)\{1 - [T_0/T_2 - T_0] \ln (T_2/T_0)\} \quad (3)$$

Burada ϵ_1 birinci kanun verimini, q_f yakıt faktörünü, T_0 referans sıcaklığını ve T_2 ise alan ısıtmada kullanılan ekipmanın sıcaklığıdır. Enerjinin % 35'i konutlardaki alan ısıtmasında kullanılmıştır. Kullanılan yakıt için yakıt faktörü $q_f = 0,99$, ısıtma sistemini sıcaklığı $50\text{ }^\circ\text{C}$ ve çevre sıcaklığı $20\text{ }^\circ\text{C}$ olarak alınacaktır. Buradan (3) numaralı denklem kullanılarak gerekli işlemler yapılırsa birinci kanun verimleri farz ve kabul edilen değerlerden ikinci kanun verimine ulaşılmış olunur.

Tüm birinci kanun ve ikinci kanun verimleri her bir bileşen için örneğin, alan ısıtması, mutfak kullanımı ve bunun gibi bileşenler için aşağıdaki denklem kullanılmalıdır.

$$\epsilon_1 = [(a_1 \cdot \epsilon_1) + (a_2 \cdot \epsilon_2) + (a_3 \cdot \epsilon_3)] / 100 \quad (4a)$$

$$\epsilon_2 = [(a_1 \cdot \epsilon_1) + (a_2 \cdot \epsilon_2) + (a_3 \cdot \epsilon_3)] / 100 \quad (4b)$$

Burada a her bir enerji kaynağı için toplam yenilenebilir enerji payını göstermektedir. Bu değerler Çizelge 27'den alınmaktadır. Alan ısıtması için uygun değerlerin 4a ve 4b denklemlerinde yerine konmasıyla 2012 yılı için $\epsilon_{1 \text{ alan}} = \%38,87$ ve $\epsilon_{2 \text{ alan}} = \%2,66$ değerleri elde edilmiş olur.

4.3.4. Su ısıtma

2012 yılında yakıtların yaklaşık olarak %22,55'i doğrudan su ısıtmasında kullanılmıştır. Kullanılan ısıtma sistemlerinin dağılımına bakıldığında sırasıyla soba, güneş panelli ısıtma sistemleri, elektrikli termosifon ve doğal gazlı kombi ve şofbenler gelmektedir. Doğal gaz ve mutfak gazı ile ısıtma %67,38, güneş kolektörü %15,96, termosifon %12,38 ve merkezi olarak su ısıtma %2,054 olmuştur. İkinci kanuna göre verim hesabı (3) numaralı denklem vasıtasıyla hesaplanırken suyun sıcaklığı $60\text{ }^\circ\text{C}$ ve çevre sıcaklığı olarak $20\text{ }^\circ\text{C}$ ve q_f yakıt faktörünü 0,99 olarak kabul edilmektedir. Değerler formülde kullanılarak tüm enerji kaynakları için ϵ_2 değerini %3,1 ile %10,8 arasında hesaplanır. Güneş kolektörü atık ve odun için sırasıyla ϵ_2 değerleri %4,5, %3,1 ve %3,4 olarak hesaplanır. Türkiye'nin güneş enerji potansiyelinin çok yüksek olmasına karşılık, gerçekte güneş enerjisi kullanımı belli bölgelerle sınırlı kalmıştır.

4.3.5 Mutfak kullanımı

Mutfakta yapılan faaliyetlerde özellikle doğal gaz, tüp gaz, odun vb. enerji kaynakları kullanılmaktadır. Bu kaynakların %31,6'lık kısmı direk mutfaklarda kullanılmaktadır. Birinci kanun verimi için pişirme sıcaklığı $120\text{ }^\circ\text{C}$ ve çevre sıcaklığı $20\text{ }^\circ\text{C}$ olarak alınmıştır. İkinci kanun verimi aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanır.

$$\epsilon_2 = \epsilon_1 [1 - (T_0/T_2)] \quad (5)$$

Bu denklemimiz kullanılarak ve tahminler ışığında ikinci kanunun yakıtlar için değeri %4,1 ile %17,2 olarak bulunur. Tüm birinci ($\epsilon_{1rc,mu}$) ve ikinci ($\epsilon_{2rc,mu}$) verimlilikleri (4a) ve (4b) denklemleri kullanılarak % 21,14 ve %4,33 olarak hesaplanabilir[29].

Çizelge 4.6. Türkiye'nin toplam enerji ve yenilenebilir enerjisinin 2012 yılındaki enerji verimlilikleri

Alt Sektörler	Konut ve Hizmetler																	
	Alan Isıtma				Su Isıtma				Mutfak Kullanımı		Toplam		Sanayi		Çevrim ve Enerji		Toplam	
	PJ	ϵ_1	PJ	ϵ_1	PJ	ϵ_1	PJ	ϵ_1	PJ	ϵ_1	PJ	ϵ_1	PJ	ϵ_1	PJ	ϵ_1		
Hay ve Bit. Atık	8,83	35						8,83	35					2,51	23,67	11,34	38,87	
Odun	60,12	40	30	30	4,13	22		91,9	36,25					0,21	2,5	92,11	29,23	
Jeotermal		55			30,00	3,90								32,36	10,07	32,36	21,14	
Jeotermal Isı	96,54							96,54	55							96,54	52,73	
Biokütle			20,93	4,2						11,22				208,33	100		208,33100	
Hidrolik																32,15	4,25	
Güneş								20,93	30			4,5						
Rüzgâr														21,1	3,9	21,1	3,9	
Yenilen. Toplam																		
Toplam	165,49	3,05		3,91	4,13	4,5	218,2	41,31	11,22	4,5	264,51	90,45	493,93	44,3				
			50,93															

Çizelge 4.7. Türkiye'nin toplam enerji ve yenilenebilir enerjisinin 2012 yılındaki ekserji verimlilikleri

Alt Sektörler	Konut ve Hizmetler													
	Konut ve Hizmetler								Sanayi		Çevrim ve Enerji		Toplam	
	Alan Isıtma		Su Isıtma		Mutfak Kullanımı		Toplam		PJ	ϵ_2	PJ	ϵ_2	PJ	ϵ_2
	PJ	ϵ_2	PJ	ϵ_2	PJ	ϵ_2	PJ	ϵ_2	PJ	ϵ_2	PJ	ϵ_2	PJ	ϵ_2
Hay ve Bit. Atık	9,27	2,5					9,27	2,5			2,64	23,67	11,91	9,51
Odun	63,13	2,5	31,5	3,4	4,54	4,5	98,96	2,86			0,22	2,5	99,17	2,86
Jeotermal		5,33									32,36	10,07	32,36	10,07
Jeotermal Isı	28						28	5,33					28	5,33
Biokütle			19,46	4,2					11,22				208,33	100
Hidrolik														
Güneş							19,46	4,2		4,5				
Rüzgâr													21,1	3,9
Yenilen. Toplam														
Toplam	100,40	3,05	50,96	3,91	4,54	4,5	155,69	3,45	11,22	4,5	264,91	90,45	431,55	25,22

Birinci ve ikinci kanun verimliliklerinin tüm konut ve hizmetler sektörü için yazmaya çalışırsak aşağıdaki denklemi bulmuş oluruz.

$$\epsilon_{1kh} = [(r_a * \epsilon_{1a}) + (r_s * \epsilon_{1s}) + (r_m * \epsilon_{1m})] / (r_a + r_s + r_m) \quad (6)$$

$$\epsilon_{2kh} = [(r_a * \epsilon_{2a}) + (r_s * \epsilon_{2s}) + (r_m * \epsilon_{2m})] / (r_a + r_s + r_m) \quad (7)$$

Burada (r) konut ve hizmetler sektöründe yenilenebilir enerjinin kullanımını göstermektedir[28].

İlgili veriler (6) ve (7) numaralı denklemlerde yerlerine konulduğunda yenilenebilir enerjinin bu sektörde kullanım verimini $\epsilon_{1kh} = \%38,44$ ve $\epsilon_{2kh} = \%2,75$ olarak buluruz.

4.3.6 Sanayi ve ulaştırma

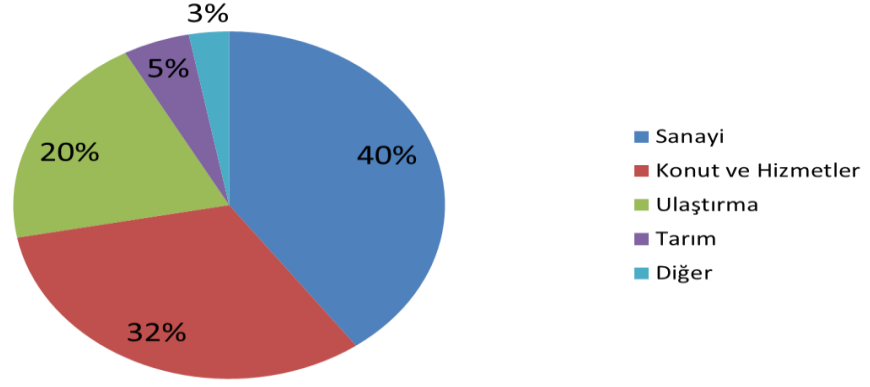
Türkiye'nin toplam enerji ihtiyacı içinde sanayi sektörünün payı %18,65 olmuştur. Bunun içinde 268 bin TEP yani 11,220 PJ'lük enerji harcanmıştır. Enerji ve ekserji verimleri sırasıyla %30 ve %3,90 dır. Ulaştırma sektöründe yenilenebilir enerji kullanımı bulunmamaktadır[28].

5. TÜRKİYE KONUT SEKTÖRÜNDE ENERJİ KULLANIMI SİSTEMLERİNİN VE ELEKTRİKLİ EV ALETLERİNİN İNCELENMESİ

Enerji, insan hayatında giderek önemi artan vazgeçilmez bir olgudur. Dünyada yaşanan ekonomik ve finansal krizlere, Japonya'daki nükleer santral kazasının yarattığı olumsuzluklara rağmen enerjiye talep artmaya devam etmiştir. 1990-2010 yılları arasındaki yirmi yılda, Türkiye toplam birincil enerji arzı miktarı, Dünya toplam birincil enerji arzının binde altısından, binde dokuzuna yükselmiştir. Türkiye toplam elektrik üretimi ise 1990 yılında Dünya elektrik üretiminin %0,5 ini oluştururken geçen yirmi yılda bu oran iki kat artarak 2010 yılında %1 düzeyine çıkmıştır. Bu değerler Türkiye'nin son yirmi yılda dünya ülkelerinin ortalamasına kıyasla çok daha fazla büyüdüğünün bir başka göstergesidir.

Enerji sektörünün genel değer zinciri incelendiğinde, üç temel enerji kaynağının (fosil, nükleer ve yenilenebilir) on farklı dala ayrıldığı ve her bir dalın kendi alt sektörünü oluşturduğu görülmektedir. Zincirin I. Halkasını kaynaklar, II. halkasını üretim sistemleri, III. halkasını iletim ve dağıtım sistemleri; son halkasını ise müşteriler oluşturmaktadır. Sektörü düzenleyen ciddi bir kamu otoritesi söz konusudur. Sektör bir yandan serbestleşme sürecine girerken diğer yandan kamu otoritesi fiyatlamadan yatırım süreçlerindeki prosedürlere kadar her alana nüfuz etmektedir.

Ülkemizde enerji arz güvenliği en çok konuşulan konulardan biri haline gelmiştir. Bu yatırımların yapılması için gereken finansman, teknoloji ve insan kaynağına baktığımızda ise ülkemizin kat etmesi gereken çok yol olduğu göze çarpmaktadır. Tarifelere bağlı bir finansman, ithal teknoloji ve eksik profesyonelleşme üç temel sorun olarak göze çarpmaktadır. Türkiye'nin yerli teknolojilere ve yerli kaynaklara yatırım yaparak ilerlemesi zorunluluktur.[16]



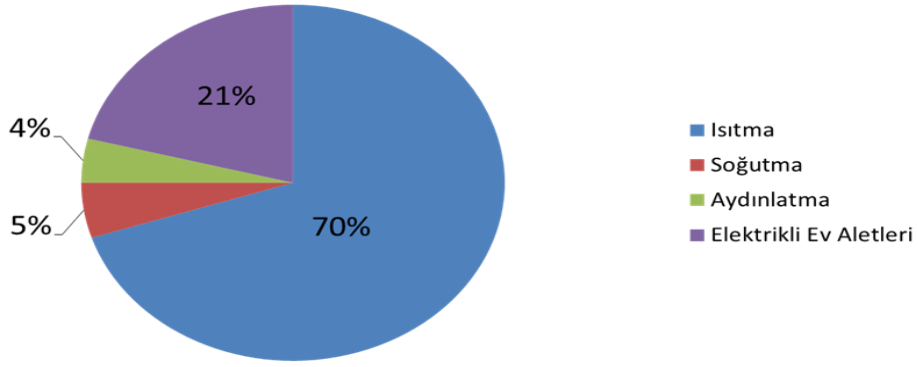
Şekil 5.1: Türkiye’ de kullanılan enerjinin dağılımı [6]

5.1.Türkiye’ deki Konut Sayısı

Nüfus ve konut sayımları, nüfusun ve ikamet edilen konutların temel nitelikleri hakkında coğrafi anlamda detaylı bilgi sağlayan kapsamlı çalışmalardır. Birleşmiş Milletler, nüfus ve konut konusunda ülkelerarası karşılaştırılabilir istatistikler elde edilmesi amacıyla sonu “0” ile biten ve bu yıllara yakın yıllarda ülkelerin “nüfus ve konut sayımı” yapmalarını önermektedir. Türkiye İstatistik Kurumu, idari kayıtlara dayalı geniş kapsamlı bir örnekleme araştırması olarak planladığı nüfus ve konut araştırmasını, Avrupa Birliği’ne üye ülkelere uyumlu bir şekilde 2011 yılında gerçekleştirmiştir. 2011 Nüfus ve Konut Araştırması, Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi’nden elde edilemeyen; hane halkı özellikleri, işgücü, istihdam ve işsizlik, göç ve göç nedeni, engellilik ile bina ve konut nitelikleri gibi bilgileri sağlamak amacıyla yapılmıştır. Bu araştırma; “2 Ekim 2011” tarihini referans gün kabul ederek, 3 Ekim - 31 Aralık 2011 tarihleri arasında, örnekleme yöntemiyle seçilmiş sayım bölgelerindeki yaklaşık 2,2 milyon hanenin yanı sıra kurumsal yerlerde bulunan kişilerle yapılmıştır. Araştırmada yaklaşık 9 milyon kişi ile yüz yüze görüşme gerçekleştirilmiştir. Ülkemizdeki hane sayısı 19.481.678’dir. Ortalama hane halkı büyüklüğü ise 3,8’dir. [17]

5.2.Türkiye’ de Konutlardaki Enerji Kullanımı

Türkiye’ de enerjinin %25’i elektrikli ev aletleri ve aydınlatmada kullanılmaktadır. Buradan hareketle elektrikli ev aletlerinde ve aydınlatmada kullanılan enerjinin verimli kullanılabilmesi için enerji yönetimi ve enerji yoğunluğu bakımından irdelenmesi gerekir.



Şekil 5.2: Türkiye’ de konutlarda kullanılan enerjinin dağılımı [6]

5.3.Konutların Isıtılması Ve Soğutulması

İklimlendirme; kapalı bir ortamın sıcaklık, nem, temizlik ve hava hareketini insan sağlık ve konforuna veya yapılan endüstriyel işleme en uygun seviyelerde tutmak üzere kapalı ortamdaki havanın şartlandırılmasıdır. Binalarda iklimlendirme; havanın ısıtılması, soğutulması, tazelenmesi ve nem şartlarının sağlanması yani kısaca binanın istenen iklimlendirme rejimine sokulması işlemidir. İklimlendirme sistemlerinde amaç, kapalı mekânda yaşayan kişilerin çalışırken veya hava konfor şartlarının sağlanması veya endüstri sektöründe bir mamulün üretilmesi sırasında mamulün istenen özelliklerde üretilmesi için gerekli olan atmosferik şartların sağlanmasıdır. Günümüz şartlarında iklimlendirme ve klimatizasyon kapalı mekânların konfor ve sağlık şartlarının üst seviyelere çıkarılması için kaçınılmaz bir sistemdir. iklimlendirme terimi ingilizcedeki air condition (hava şartlandırılması) ve Almandaki klima terimine karşılık gelir. Türkçede iklimlendirme ve klima terimlerinin her ikisi de kullanılmaktadır. [10]

5.3.1.Konutlarda Isıtma

Binalar için ısıtma sistemlerinin seçiminde farklı faktörler belirleyici olabilmektedir. Bu faktörler arasında örnek olarak, binanın kullanım amacı, binadaki bölümlerin kullanım süreleri, mevcut ve kullanılabilir yakıt türleri, projenin bütçesi gibi kriterler yer almaktadır. Isıtma tekniği, ekonomiklik ve çevre açısından her bina için uygun çözümü bulmak amacıyla farklı ısıtma sistemi alternatifleri göz önüne alınmalı ve bunlar dikkatlice değerlendirilmelidir. Genel olarak, aynı bina için farklı ısıtma yöntemleri geçerli olabilir. Örneğin konutlarda merkezi ve bireysel ısıtma sistemleri arasında tercih yapılabilir. Tercih yaparken göz önüne alınması gereken, ısıtma

sisteminin sadece ilk yatırım maliyeti ya da işletme giderleri değil, bunlarla birlikte amortisman giderlerinin ve diğer giderlerin de değerlendirilmesiyle ortaya çıkan toplam maliyetidir. Bu nedenle, yapı projelerinin mümkün olan en erken safhalarında ısıtma sistemi tercihi üzerinde düşünülmeli ve bu aşamada uzman mekanik tesisat mühendisi devreye girmelidir. Binalarda harcanan enerjinin önemli bir kısmı ısıtma ve sıcak su hazırlamaya ayrıldığı için, özellikle enerji tasarrufu açısından düşünülecek olursa sistem tercihi konusunda erken harekete geçmek önem kazanmaktadır. Aynı zamanda, mimari projede öngörülen bina ısı izolasyonu da ısıtma sisteminin ilk yatırım maliyetini ve işletme giderlerini oldukça etkileyen bir faktördür. Doğalgazın ülkemizde yayılması ve yeni gaz gelen merkezlerin sayılarının artması ile bazı merkezlerde doğalgaza dönüşüm yapılan konutlarda ve yeni yapılarda merkezi sistem yerine bireysel sisteme doğru bir gidiş gözlemlenmektedir. Burada, bireysel sistemlerin tercih edilme nedenleri arasında ısıtma konforunun ve işletme giderlerinin bireysel kontrol edilebilmesi imkanları ile bireysel ödeme isteği öne çıkmaktadır. Ancak konunun ilk yatırım maliyeti, işletme giderleri, amortisman giderleri, diğer giderler ve nihayetinde toplam maliyet açısından da incelenmesi gerekmektedir. [10]

5.3.1.1. Bireysel ve merkezi ısıtma sistemleri

Konutlarda ısıtma ve sıcak su temini için ısı üretimi, dağıtımı ve tüketiminin aynı bağımsız bölüm içerisinde yapılmasına bireysel ısıtma denir. Merkezi ısıtma sistemlerinde ise, aynı amaçlarla ısı üretimi ve dağıtımı bağımsız bölümlerin dışında merkezi olarak yapılmakta, ısı tüketimi ise bağımsız bölümlerin içerisinde olmaktadır. Bireysel Sistemler Bireysel ısıtma cihazlarına örnek olarak kombiler, kat kaloriferleri, sobalar, şömineler, şofbenler ve termosifonlar verilebilir. [10]

5.3.1.2. Kombiler

Kombiler, mahal ısıtmasına ve sıcak su sağlamaya yönelik olarak kullanılırlar. Kombideki standart plakalı eşanjörün sıcak su konforu açısından yeterli olmadığı durumlarda, sıcak su depolamalı konfor tipi plakalı eşanjöre sahip kombilerin, entegre boylerli kombilerin veya ısıtıcı cihaz ve boyler kombinasyonlarının kullanılması mümkündür. Kombiler, bacalı ve hermetik olmak üzere iki farklı gövde tipinde üretilirler. Bacalı tiplerde yakma havası kombinin monte edildiği mahalden alındığı için, bu mahalde dış ortamdan taze hava girişi için yeterli büyüklükte bir menfez öngörülmelidir. Ayrıca kombinin bağlandığı bacanın uygunluğu kontrol edilerek bacada önlem alınmalıdır. Bacalı kombilerin monte edileceği mahallerle ilgili olarak mahallin minimum alanı, kullanım şekli gibi kısıtlamalar mevcuttur. Hermetik

kombiler ise yakma havasını dış ortamdan, kendi eş eksenli baca seti üzerinden bir fan vasıtası ile emerek, duman gazlarını da yine aynı eş eksenli baca seti üzerinden ve aynı fan vasıtası ile dış ortama verirler. Bacalı kombilerde olduğu gibi bir taze hava menfezine ve bacaya gerek yoktur; bu nedenle montajı ve işletmesi daha pratiktir. Kombiler yaşama mekanlarına kolayca entegre edilebilirler; az yer kaplarlar, kolay monte edilirler, sessiz çalışırlar ve estetikler. Kombilerde, baca tepme emniyeti, aşırı ısınma emniyeti, alev sönmesi durumunda gazı kapatma, donma emniyeti gibi her türlü emniyet önlemi alınmıştır. Kombiler, üretim aşamasında fabrikada çalışır vaziyette test edilmektedirler. Kademeli ya da oransal çalışan baca gazı / yakma havası fanı, düşük sıcaklık kazanı sınıfı kombiler, yoğunlaşma tekniği ve yanma kalitesi kontrolü gibi teknolojiler sayesinde, kombiler günümüzde artık daha yüksek verim değerlerine ulaşabilmektedirler. [10]

5.3.1.3. Kat kaloriferleri

Konutlarda kullanılan kat kaloriferleri sıvı ya da gaz yakıtlı olarak üretilmektedirler. Gaz yakıtlı olanlar, atmosferik ya da üflemlili brülörlü olabilirler. Kazan içerisinde istenilen sıcaklıkta ısıtılan tesisat suyu, bir pompa yardımıyla odalardaki radyatörlere gönderilir ve mahal ısıtması yapılır. Kat kaloriferleri bunun yanında ani su ısıtıcısı veya boyler yardımıyla sıcak su ihtiyacını da karşılayabilirler.

5.3.1.4. Sobalar

Doğalgaz sobalarında atmosferik brülör kullanılır ve bunlar da kombiler gibi bacalı ve hermetik olarak ikiye ayrılırlar. Bacalı sobaların bacaya bağlanmaları gerekmektedir.

Hermetik sobalar ise, yakma havasını dış ortamdan alıp duman gazlarını dış ortama veren özel baca setine sahiptirler. Termostatik sıcaklık ayarı, otomatik ateşleme, alev sönünce gazı kesme gibi fonksiyonları ve otomatik emniyet tertibatları vardır. Sobalarla sadece mahal ısıtması yapılabilir. Tek bir mahale yerleştirildikleri için sadece buldukları mahali ve eğer konutun mimarisi uygunsa diğer komşu odaları da dolaylı olarak ısıtabilirler; bu nedenle konforu sınırlıdır. Bacaya veya dış duvara yakınlık gibi yerleştirme kriterleri kısıtlayıcı olabilirler. Dekoratifler, dağıtım tesisatına ve radyatörlere gerek yoktur. İlk önce en çok kullanılan odaya yerleştirilebilirler ve böylece ilk yatırım maliyetleri zamana dağıtılmış olur.

5.3.1.5. Şömineler

Doğalgaz şömineleri de salon v.s. gibi geniş alanların ısıtılmasında kullanılan mahal ısıtma alternatifleri arasında yer almaktadırlar. Dekoratifirler ve termostatik kontrol sayesinde odayı istenen sıcaklıkta ısıtabilirler.

5.3.1.6. Şofbenler ve termosifonlar

Bağımsız bölümlerde bireysel sıcak su temini için kullanılırlar. Şofbenler ani su ısıtıcılarıdır, termosifonlar ise depolamalı su ısıtıcılarıdır.

5.3.1.7. Merkezi sistemler

Merkezi ısıtma sistemleri ise kazanlar, brülörler, boylerler, genişleme tankları, otomatik kontrol tertibatı ve elektrik panoları, kolektörler, pompalar, karışım ve balans vanaları, bacalar gibi komponentlerden oluşurlar. [10]

5.3.1.8. Üretildikleri malzemeye göre merkezi ısıtma cihazları

Çelik kazanlar

Kazan gövdesi genelde tek parçalı üretilmekle beraber, parçalı üretim, yerinde birleştirme de mümkün olabilmektedir. Burada üretici firmanın kalite kontrol süreçleri ve garanti şartları önem arz etmektedir. Kazanın büyük su hacmi ve geniş su temas yüzeyleri sayesinde kazan içerisinde iyi bir iç sirkülasyon sağlanır; bu nedenle bir kazan devresi pompasına ihtiyaç duymazlar. Aynı nedenle, brülör alt sayısı ve buna bağlı olarak brülör devreye girerken atmosfere verilen zararlı gaz miktarlarının toplamı daha az olduğundan çevreyi korurlar. Çelik malzeme ısı gerilmelere karşı daha dayanıklıdır. Çelik malzemenin yüzey pürüzlülüğü az olduğundan, kazanların duman gazı ve su taraflarındaki iç dirençleri düşüktür. Minimum su debisi artı yoktur. Çelik malzemenin ısıl ataleti az olduğundan, kazan suyunun sıcaklık kontrolü sorunsuzdur. Çelik kazanlar, işletme parametrelerinde yapılan değişikliklere hızlı cevap verebildiklerinden otomasyona daha uygundurlar. Her kapasite için optimize edilmiş farklı yanma odası geometrisi dizaynı brülör ayarını ve alevin yanma odasına uyumunu kolaylaştırır. Yüksek ısıl kapasitelerde üretilebilirler. 20 MW anma ısı gücüne sahip çelik kazanlar üretilmektedir.

Döküm kazanlar

Dökme dilimli yapıları sayesinde, dilimler halinde taşınarak kazan dairesinde monte edilebilirler. Bu nedenle, dar girişleri olan kazan dairelerinde önemli avantaja

sahiptirler. Aynı seri kazanlarda dilim ilavesi ile kapasite artırımı mümkündür. Korozyona karşı dayanıklıdırlar. [10]

5.3.1.9. Brülörlerine göre merkezi ısıtma cihazları

Üflemeli brülörlü kazanlar

Yüksek verimlidirler. Brülörde hava / yakıt oranı ayarlanabilir, yanma dış ortam basıncından ve baca çekişinden bağımsızdır. Yüksek ısı kapasitelerde üretilebilirler. Sıvı yakıtlı ya da çift yakıtlı brülörlerle işletilebilirler. Kazandan bağımsız olarak brülör seçimi yapılabilir. Kazanın altının sekonder hava girişi için açık kalmasına gerek yoktur. Isınım ve durma kayıpları azdır. [10]

Atmosferik Brülörlü Kazanlar

Sessiz çalışırlar. Brülörün basit yapısı ve hareketli parça sayısının az olması nedeniyle kazanın ilk yatırım maliyeti düşüktür, arıza ihtimali azdır, bakım ve onarım masrafları azdır. Kazanları başka kriterlere göre de sınıflandırmak mümkündür. Yaygın olarak, kullandıkları yakıtlara göre; katı, sıvı ve gaz yakıtlı kazanlar olarak sınıflandırma da yapılmaktadır. İşletme şartlarına göre; standart kazanlar, düşük sıcaklık kazanları ve yoğunlaşmalı kazanlar olarak da sınıflandırma yapmak mümkündür. Bunların dışında yaklaşık 70 kW'a kadar olan kapasiteler küçük, 70-1000 kW arası kapasiteler orta güç ve 1000 kW'ın üzerindeki kapasiteler ise büyük güç kazanları olarak tanımlanabilmektedir. Kullanım amacına göre; ısıtma kazanı, boyler kazanı, buhar kazanı, kızgın su kazanı vb. tanımlar da mevcuttur. Kazanlar duman gazı geçiş sistemlerine göre de iki geçişli (karşı basınçlı) ve üç geçişli kazanlar olarak sınıflandırılmaktadırlar.

5.3.1.10. Bireysel ve merkezi sistemlerin karşılaştırılması

Bireysel sistemlerin avantajları

Son kullanıcı istediği konfor şartlarını diğer kullanıcılardan bağımsız olarak kendisi belirleyebilir. Son kullanıcı cihaz seçimini kendisi yapabilir. Gaz dağıtım şirketine karşı her kullanıcı kendisi sorumludur. Ortak kullanımdan dolayı oluşan ödeme sorunları yoktur. Isıtma tesisatındaki problemler nedeniyle merkezi sistemlerde olduğu gibi, bazı dairelerin yeterince ısınamamalarına rağmen diğer dairelerle aynı yakıt parasını ödemeleri mecburiyeti gibi bir sorun yoktur. Tesisattaki problemler daire sahibinin inisiyatifinde daha hızlı giderilebilir. Son kullanıcı konutta kullanmadığı odalar ve evde bulunmadığı zamanlar için yakıt parası ödemez. Son kullanıcı bireysel faturalama nedeniyle enerji tasarrufuna daha fazla dikkat edebilir.

Yakıt masraflarının apartman yönetimince tek elden takibi ve tahsilatı gerekli değildir. Isıtma sisteminin işletme, bakım ve onarım takibinin apartman yönetimince yapılmasına gerek yoktur. Isı üretimi, dağıtımı ve tüketimi aynı daire içerisinde olduğundan, üretim ve dağıtım ısı kayıpları azdır. Isı dağıtımı aynı daire içerisinde olduğundan, merkezi sistemlerde olduğu gibi kollektörde ve kolonlarda hidrolik dengeleme (balanslama) kayıpları yoktur. Kazan dairesine gerek yoktur, binada daha fazla yer imkanı sağlar. Yaygın olarak kullanılan hermetik kombilerde bacaya gerek yoktur. Bireysel sistem az yer kaplar ve montajı kolaydır.

Merkezi sistemlerin avantajları

Doğalgaza dönüşüm yapılması durumunda ya da modernizasyonda tadilatlar sadece kazan dairesinde olacaktır. İşletme, bakım ve arıza giderme, apartman sakinlerinden bağımsız olarak yönetim tarafından her zaman yaptırılabilir ve sadece kazan dairesi meşgul edilir. Ekipman kazan dairesinde olduğundan, ses, gürültü, koku, duman v.b. rahatsızlık veren faktörler apartman sakinlerinden uzaktadır. Daireler içerisinde gaz dağıtımı ve ısıtma cihazı olmadığından, can ve mal güvenliği açısından risk daha azdır. Hermetik kombi bacalarının dış cephede görüntü kirliliği yaratması, bacalardan çıkan duman gazlarının diğer daireleri rahatsız etmesi ve dış cephe boyasını karartması gibi sorunlar yoktur. Baca mesafeleri kombilerden daha fazladır. Katlar ve daire duvarları arasında ısı izolasyonunun olmadığı durumlarda, bireysel sistemlerde olduğu gibi komşu dairelerin kombilerinin çalışmamasından dolayı ısı kayıplarının ve yakıt tüketiminin artması, soğuk döşemelerin ve duvarların konforu bozması gibi sorunlar yoktur. Bireysel sistemlerde, mahal ısıtma ihtiyacının az olduğu dönemlerde ve küçük dairelerde, kombinin modülasyon aralığı dışında kalan düşük mahal ısıtma talebi ve sıcak su ısıtmasına göre belirlenmiş yüksek kombi kapasitesi nedeniyle uzun dur-kalk çalışma süreleri ile bundan kaynaklanan kayıp artışları söz konusu olabilir. Merkezi sistemler bu açıdan daha avantajlıdır. Sıcak su konforu bireysel sistemlerde olduğu gibi sınırlı değildir. Çok kazanlı sistemlerle yedekleme yapılarak işletme sürekliliği sağlanabilir. Isı pay ölçerler yardımı ile işletme masrafları dağılımı daha kolay yapılabilir, tasarruf bilinci teşvik edilebilir. Dönüşümlerde ve modernizasyonda alternatif enerji kaynakları gibi daha fazla sayıda seçeneğin değerlendirilmesi imkanı vardır. Ekonomik ömrü daha fazladır. İlk yatırım maliyeti, işletme giderleri ve amortisman giderlerinden oluşan toplam maliyeti çok daireli binalarda daha azdır.[10]

5.3.2. Konutlarda soğutma

Bir maddenin veya ortamın sıcaklığını onu çevreleyen hacim sıcaklığının altına indirmek ve muhafaza etmek üzere ısının alınması işlemine soğutma denir. En eski soğutma şekli, soğuk yörelerde doğanın oluşturduğu buzları saklayıp bunları sıcak veya ısı alınmak istenen yerlere koyarak soğutma sağlanmasıdır. Kışın meydana gelen kar ve buzu saklayarak sıcak mevsimlerde bunu soğutma amaçlı kullanma yönteminin M.Ö 1000 yıllarında uygulanmakta olduğu bilinmektedir. Bu uygulamanın bugün bile yurdumuzun bazı yörelerinde soğutma şekli olduğu görülmektedir. Günümüzde soğutma sistemleri ile ilgili çalışmalar yapılmış ve çeşitli soğutma araçları kullanılmaya başlanmıştır.

5.3.2.1. Güneş enerjisi ile soğutma sistemi

Güneş enerjili adsorbsiyonlu soğutma ısıtma sisteminde, güneş enerjisinden elde edilen ısı enerjisi vasıtasıyla konutların yazın soğutulması, kışın ise ısıtılması mümkün olmaktadır. Güneş kolektörlerinde elde edilen sıcak su depo edilir. Depo edilen sıcak su 55 derecenin üzerine çıkınca, pompa istasyonları yardımı ile adsorbsiyonlu soğutma cihazına gönderilir. Su cihazda, 6 ila 20 °C arasındaki sıcaklıklara kadar soğutulur. Elde edilen soğutulmuş su cihazdan yine pompa istasyonları yardımı ile bir akümülyasyon tankında depo edilir. Depo edilen soğuk su fan-coil soğutma sistemine aktararak mekân soğutması gerçekleştirilir.

5.3.2.2. Klima ile soğutma

Klima, soğutma çevrimi kullanılarak bir ortamdan ısı çekmek (yani ortam sıcaklığını azaltmak), fazla nemini alıp ortama taze hava sağlamak için tasarlanmış sistem veya mekanizmadır ve kullanacağı yer önemlidir. Örneğin ev, ofis, hastane, lokanta, bilgi işlem odası vb. Özellikle yazın soğutma ihtiyacı için tercih edilen klimalardan artık ısıtma ihtiyacını karşılamak içinde faydalanılmaktadır. Fakat kış mevsiminde ortalama sıcaklığın 0°C'nin altında kalan bölgelerde, ünitelerin sık sık arızaya girmesinden ve veriminin düşmesinden dolayı direkt ısıtma konumunda kullanılması ekonomik değildir.

5.3.2.3. Evaporatif sistemler

Hava içerisine püskürtülen veya havanın su ile ıslanmış bir yüzeyden geçerken teması sonucunda buharlaşan suyun, havadan buharlaşma ısısını çekmesi sonucu meydana gelen sıcaklık düşmesine buharlaşmalı soğutma veya evaporatif soğutma denir. Evaporatif soğutma sistemleri, bilinen en eski soğutma sistemlerinden biridir. Mekanik soğutma sistemlerindeki gelişmelerden dolayı geçmiş yıllarda fazla tercih

edilmemiştir. Fakat son yıllarda enerji maliyetlerindeki artışlar, iç hava kalitesindeki iyileştirme istekleri (daha fazla taze hava), freon gazlarının ozon tabakasındaki tahribatı evaporatif soğutma sistemlerinin tekrar gündeme gelmesine neden olmuştur. Yüksek basınçlı, atomize su püskürtmeli evaporatif soğutma sistemleri, sıcak yaz günlerinde dış mekânlarda hava sıcaklığını 10°C - 20°C arasında düşürerek daha konforlu ortamlar yaratır. Özel tasarımı yüksek basınç ünitesi ve atomizasyon nodulları tarafından üretilen, 5-10 mikron çapına kadar büyüklükteki su partikülleri havada asılı kalan bir sis tabakası oluşturur. Sistem tarafından üretilen ve son derece küçük olan su partikülleri, hiçbir şekilde ıslatma veya damlama yapmadan ortam içerisinde tamamıyla buharlaşır. Sıcak ve kuru ortam havası, su partiküllerini absorbe ederken sistemin kurulduğu ortamın sıcaklığının da düşmesine neden olur. Evaporatif soğutucular dış havadan gelen bakteri, toz, duman ve polenleri filtreler, içeriye temiz ve daha sağlıklı hava verir. %100 taze hava ile serinlik, kapı ve pencerelerin açık olması durumunda bile kesinlikle soğutma veriminde kayıp yaratmaz. Evaporatif soğutucular, geleneksel soğutucular gibi içerideki havayı kurutmaz, aynı havayı sirküle etmez. İç mahaldeki çalışma ortamının nem oranını uygun oranda artırır. Evaporatif soğutma işlemi, sıcak hava ile suyun temas ettiği her an meydana gelmektedir. Sıcak hava ile temas eden su buharlaşırken havanın ısını emerek sıcaklığı düşürür.

5.4. Konutlarda Pişirme

Evde pişirme amacıyla kullanılan cihazlar arasında ocaklar, fırınlar, ocaklı fırınlar, ızgaralar, kızartıcılar (Fritöz)...vs. gibi cihazları sayabiliriz. Bu tür cihazlarda kullanılan brülörler alçak basınçlı brülörlerdir. Bunlara atmosferik brülörler de denir. Çalışma basınçları 19-21 mbar dolayındadır. Brülörde bulunan meme girişteki doğalgazın küçük bir delikten geçirilerek püskürtülmesi esasına göre çalışır. Memenin önünde atmosfere açık, gaz-hava karışımının yapıldığı, karışım miktarının da ayarlanabildiği bir bölüm bulunur. Memeden geçerek püskürtülen gaz yan taraflardan aldığı hava ile bir karışım oluşturur. Gazların yapısından dolayı elde edilen homojen yapıdaki gaz-hava karışımı borulardan geçerek yanmanın olduğu yanma mahalline gelir. Burada üzerinde çeşitli şekillerde (yuvarlak, dikdörtgen, ince, kalın.vs.) delikler veya kanallar bulunan brülörlerden geçen gaz-hava karışımı bir ateş veya kıvılcımla tutuşturulduğunda yanmaya baslar. Atmosferik brülörde memenin büyüklüğü, şekli ve delik çapı brülör kapasitesine göre değişir. Uygun brülör kapasitesine göre dizayn edilmiş ve sınıflandırılmış memeler mevcuttur. Meme delikleri şebekeden belirli basınçta gelen gazın geçişini sınırladıkları için de

brülör kapasitesi memeden geçen gaz debisine dolayısı ile memeden geçerek yakılan gazın miktarına bağlıdır. Bu yüzden brülörlerin etiketinde yakılacak gazın cinsi, brülör kapasitesi ve çalışma basıncı belirtilmelidir. Brülör imalatçı tarafından verilen çalışma sınırları içinde ve verilen özelliklere uygun olarak kullanılmalıdır. Ev tipi cihazlara monte edilen bu brülörde çok iyi bir karışım eldesi ile mükemmel bir yanma sağlanabilmekte ve %100'e yaklaşan yanma verimleri elde edilebilmektedir.

$$Y_{yemek} = 2178 \cdot 10^3 \cdot (\ln(n) / \ln(4)) / \eta \cdot H_u \quad (2.10) \text{ denkleminde } Y_{yemek}$$

bir dairenin bir yılda yemek pişirme için tükettiği yakıt miktarı (kg/yıl veya m³/yıl), 2178 4 kişilik bir dairenin bir yılda yemek pişirme için harcadığı enerji (MJ/yıl), n bir dairedeki ortalama kişi sayısı, η sistemin verimi, H_u yakıtın alt ısıl değeridir (kJ/kg veya kJ/m³).

Çizelge 5.1. Yakıtların ısıl değerleri [8]

YAKITLARIN ISIL DEĞERLERİ						
		Alt Isıl Değerler		Üst Isıl Değerler		
YAKIT		kCal	kWh	kCal	kWh	
MİKS LPG	kg	11000	12,76	11900	13,80	
PROPAN	kg	11100	12,87	12000	13,98	
MİKS LPG	m ³	26000	30,16	28200	32,71	
PROPAN	m ³	21200	23,95	23000	25,93	
DOĞALGAZ	N m ³	8250	9,59	9155	10,62	
ODUN	kg	2500	2,90	2800	3,25	
KÖMÜR	LİNYİT	kg	3000	3,50	3300	3,84
	Soma	kg	5500	6,38	6000	6,96
	İthal	kg	6000	6,98	6500	7,56
MOTORİN	kg	10200	11,86	10800	12,58	
KALORİFER YAKITI	kg	9700	11,28	10500	12,18	
SANAYİ YAKITI FUEL OIL	kg	9200	10,69	10300	11,95	
ELEKTRİK	kWh	860	1	860	1	

Miks LPG, %30 propan - %70 bütan karışımıdır. 1kcal 4.1868 kj dür

Çizelge 5.2. Yakıtların verimleri [8]

YAKITLARIN VERİMLERİ		
-		Ort.Verim
MİKS LPG		% 92
PROPAN	kg	% 92
DOĞALGAZ	N m ³	% 92
ODUN	kg	% 60
KÖMÜR (Soma)	kg	% 65
MOTORİN	kg	% 86
KALORİFER YAKITI	kg	% 84
SANAYİ YAKITI	kg	% 82
ELEKTRİK	kWh	% 99

5.4.1. Konutlarda aydınlatma

Bir lambanın verdiği ışığın, harcadığı elektrik enerjisine oranına ışık etkinliği (Lm/W) denir. Işık etkinliğini doğru kullanan ortamlarda görsel performans, estetik, görme yeteneği sağlanırken verimlilik de elde edilir. Farklı ortamlarda değişik miktarlarda ışığa ihtiyaç duyarız. Örneğin; ofislerde 500 lux, mutfaklarda 300 lux, koridorlarda 50 lux aydınlatma optimum kabul edilir. Günümüz çağdaş mimarisinde gün ışığından daha fazla yararlanılması prensip olarak benimsenmektedir. Öte yandan aydınlatma tasarımı profesyonel bir kariyer olmaya başlamıştır. Malzeme kalitesi ve teknoloji aydınlatma verimliliğini doğrudan etkilemektedir. Akkor ampuller CFL Kompakt Floresan ile değiştirildiğinde %80 tasarruf gerçekleşmektedir. Türkiye’de 19,481,678 mesken, 3,953,738 ticarethane, 235,598 sanayi tesisi ve 168,333 resmi daire ve 188,281 aydınlatma abonesi vardır. 30 milyon verimsiz lambanın verimli lamba ile değiştirildiği senaryoda yaklaşık (100W akkor yerine 20W CFL ve 1.000 saat yıl çalıştığında) 2, 4 milyar kWh yıllık enerji tasarrufu ve 1,2 milyar ton CO2 salınımının engelleneceği hesaplanmaktadır. Aydınlatma sadece ampul olarak ele alınmamalıdır. Büyük binalarda aydınlatma sistemi kompleks sistemlerdir. Otomasyon ve uzaktan kumanda sistemleri, elektronik balastlar, kaliteli reflektörler verimliliği arttıran faktörlerdir. Dünyanın birçok ülkesinde akkor ampuller tedrici olarak azaltılmakta kimi ülkelerde yasaklanmakta veya yüksek oranda vergi konulmaktadır. 2016’ya gelindiğinde Avrupa Birliği ülkelerinde aydınlatma C sınıfından daha yüksek ampullerle yapılacaktır. Ülkemiz yeni nesil tasarruflu ampul ihtiyacını ithalatla karşılamaktadır. Ancak aydınlatma gereçlerinde ülkemiz ihracatçı ülkelerdendir. Yeni nesil aydınlatma sistemlerine geçiş öncelikli işyerlerinde ve

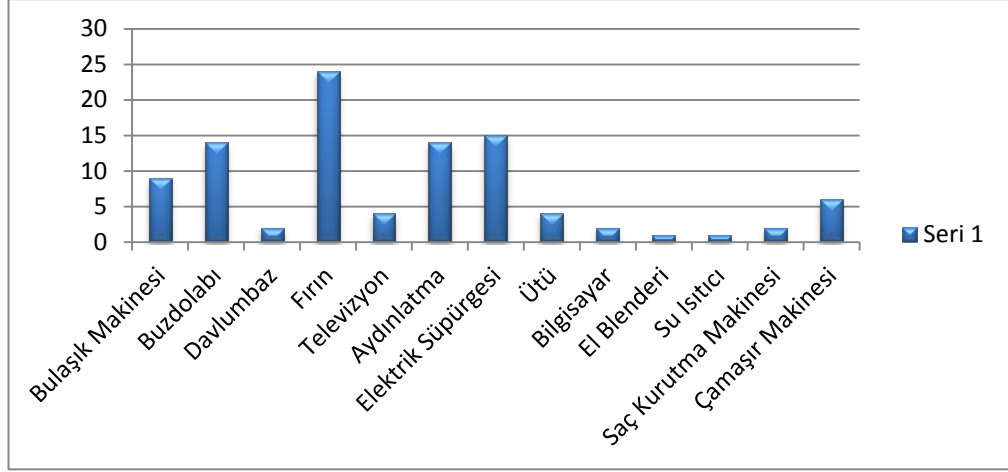
sanayi tesislerinde özendirilmeli ve tüm topluma yaygınlaştırılmalıdır. Kamu kurumları bu konuda öncü olmalıdır. Kamuya ait binalarda, cadde ve sokaklarda aydınlatma verimliliği tüm topluma örnek olmalıdır.[1]

Çizelge 5.3. Lamba tiplerine göre elektrik tüketiminin karşılaştırılması [9]

Lamba Tipi	100W Akkor Flamanlı	23W Kompakt Floresan
Satın alma fiyatı	1,00 TL	5,30 TL
Lamba ömrü	750 saat	8.000 saat
Günlük kullanım saati	4 saat	4 saat
8.000 saat (yaklaşık 67 ay) için gereken lamba sayısı	11	1
Lümen	1.690	1.570
Toplam lamba maliyeti	11,00 TL	5,30 TL
Toplam elektrik maliyeti (Ocak 2012 Konutlarda birim elektrik fiyatı 0,30 TL/kWh)	240,00 TL	55,20 TL
Toplam maliyet (8.000 saat)	251,00 TL	60,50 TL
8000 saat için maliyet farkı	190,50 TL	
Maliyetin eşitlendiği süre	47 gün	

5.4.2. Elektrikli ev aletleri

2009 yılı Türkiye elektrik dağıtım ve tüketim istatistiklerine göre, 19,4 milyon mesken abonesinde tüketilen 39 milyar kWh elektrik enerjisi, toplam net tüketimin %25'idir. Bu oran, elektrikli ev aletlerinin enerji verimliliği çalışmaları içindeki önemini ortaya koymaktadır. Bazı kaynaklarda elektrikli ev aletleri, bazılarında ise dayanıklı tüketim malları kapsamına giren Beyaz Eşya Sektörü farklı teknolojileri nedeniyle çok geniş bir ürün yelpazesine sahiptir. Bu ürünlerin başlıcaları; buzdolabı, çamaşır, bulaşık makinası, fırın, ocak, süpürge gibi temel ürünler ve tost makinası, robot, meyve pres, blender, mixer gibi küçük ev aletleri ayrıca, derin dondurucu, klima, şofben, termosifon, su arıtma cihazı gibi ürünlerdir.



Şekil 5.3: Konutlarda kullanılan elektrikli ev aletlerinin tüketim oranları

5.4.2.1. Buzdolabı

Bir maddenin veya ortamın sıcaklığını onu çevreleyen hacim sıcaklığının altına indirmek ve orada muhafaza etmek üzere ısının alınması işlemine soğutma denir. En basit ve eski soğutma şekli, soğuk yörelerde tabiatın meydana getirdiği buzları muhafaza edip bunları sıcak veya ısı alınmak istenen yerlere koyarak soğutma sağlanmasıdır. Kışın meydana gelen kar ve buz muhafaza ederek sıcak mevsimlerde bunu soğutma maksatları için kullanma usulünün M.Ö. 1000 yıllarından uygulanmakta olduğu bilinmektedir. Bu uygulamanın bugün dahi yurdumuzun bazı yörelerinde geçerli bir soğutma şekli olduğu görülmektedir. Diğer yandan, eski mısırlılardan beri geceleri açık gökyüzünü görece tarzda yerleştirilen seramik testilerde suyun soğutulabileceği bilinmektedir. Bu soğutma şekli, gökyüzünün gece karanlıktaki sıcaklığının mutlak sıfır (-273) derece seviyesinde olmasından ve ışımaya (Radyasyon) yolu ile ısının gökyüzüne iletilmesinden yararlanılarak sağlanmaktadır. Uygulama alanında ilk defa 1860 yılında Dr. James Harrison (Avustralya) üretim işlemi sırasında birayı soğutmak maksadıyla mekanik soğutmayı başarıyla kullanmıştır. Sistemde soğutucu akışkan olarak Sülfirik Eter kullanılmıştır. 1861 de Dr. Alexander Kirk kömür ısı ile çalışan ilk Absorpsiyonlu soğutma aygıtını gerçekleştirmiştir. Otomatik olarak çalışan buzdolapları 1918 de Kelvinatör Company tarafından imal edilmeye başlandı ve ilk sene 67 dolap satıldı. 1918-1920 yılları arasında toplam 200 dolap yapılarak satıldı. Absorpsiyon prensibiyle çalışan otomatik bir buzdolabı da (Electrolux) 1927 yılında Amerika'da satışa çıktı. Soğutmanın tarifinden, bunun iki fiziksel değere, yani sıcaklık ve ısı değerlerine bağlı olduğu görülmektedir. Gerçekte bu iki değer birbirine yakinen bağlıdır. İzotermik ve Adyabatik işlemler ile kütle transferi dışında bu iki değer

beraberce artıp azalırlar. A++ sınıfı enerji verimli bir buzdolabının B sınıfına göre %50, G sınıfına göre ise %75 oranında enerji tasarrufu sağlaması mümkündür. [11]

Çizelge 5.4. Buzdolabının enerji verimliliği sınıfına göre yıllık elektrik gideri ve tüketimi [9]

Buz Dolabı Enerji verimliliği sınıfı	Yıllık elektrik gideri	Yıllık elektrik tüketimi
A++	71.10 TL	237 kWh
A+	85.20 TL	284 kWh
A	114.90 TL	383 kWh
B	153.90 TL	513 kWh
C	195.30 TL	651 kWh
D	225.00 TL	750 kWh
E	248.70 TL	829 kWh
F	278.40 TL	928 kWh
G	308.10 TL	1027kWh

Soğutma sistemini oluşturan elemanların yapısı ve görevleri

Ekovat (Kompresör, Sıkıştırıcı)

Kompresörünün sistemdeki görevi, buharlaştırıcı-soğutucu ısı ile yüklü soğutucu akışkanı buradan uzaklaştırmak ve böylece arkadan gelen ısı yüklenmemiş akışkana yer temin ederek akışın sürekliliğini sağlamaktır. Bunun yanı sıra buhar haldeki soğutucu akışkanın basıncını kondenserdeki yoğuşma sıcaklığının karşıtı olan seviyeye çıkarmaktır.[11]

Kondenser (Yoğunlaştırıcı)

Soğutma sisteminde refrijeranın evaporatörden aldığı ısı ile kompresördeki sıkıştırma işlemi sırasında ilave olunan ısının sistemden alınması kondenserde yapılır. Böylece refrijeran sıvı hale gelerek basınçlandırılır ve tekrar geniştilererek evaporatörden ısı alacak duruma getirilir. [11]

Drayer

Sistemin içinde sadece kuru ve temiz soğutucu akışkan ile kuru ve temiz yağ dolaşmalıdır. Akışkanın içine gerek sisteme doldurmadan önce ve gerekse sistemin diğer elemanlarından bir miktar su karışabilir. Bu su kılcal borunun evaporatöre giriş yerinde donarak sistemi tıkar ve soğutmayı önler. İçindeki toz ve küçük parçacıklar da tıkama yapabilirler. Sistem içine su ve tozların girmesini önlemek hemen hemen mümkün değildir. Bunlardan başka soğutucu akışkan içinde bazı asitler de bulunabilir. [11]

Kılcal boru

Yoğuşturucu ile buharlaştırıcı arasına yerleştirilmiş iç çapı ve uzunluğu soğutma sisteminin kapasitesine göre seçilmiş olup, çoğunlukla çapı 0.76 ile 2.16 mm arasında değişen çok küçük çaplı bir boru kısmıdır. İç çapı çok küçük olduğu için kılcal boru adı verilir. Esas itibarıyla iki görevi vardır. Kondenserden çıkan sıvı haldeki akışkanın basıncını düşürerek ve miktarını ölçerek (gerekli miktarda) evaporatöre ulaştırır. Kompresör durduğu zaman alçak ve yüksek basınç devreleri arasında bir köprü vazifesi görerek yüksek basınç tarafındaki akışkanın alçak tarafına geçmesini sağlar. Bu suretle her iki devre basıncı birbirine eşit olur (Dengeleme olayı) ve kompresör tekrar kalkış yaparken büyük bir basınç yükü ile karşılaşmaz.

Evaporatör

Bir soğutma sisteminde evaporatör sıvı refrijeranın buharlaştığı ve bu sırada bulunduğu ortamdan ısıyı aldığı cihazdır. Diğer bir ifadeyle, evaporatör bir soğutucudur. Kondenserden direkt olarak veya refrijeran deposundan geçerek ve direkt ekspansiyonlu sistemde (kuru tip) ekspansiyon valfi, kılcal boru veya benzer bir basınç düşürücü elemanda adyabatik olarak genişletildikten sonra Evaporatöre sıvı-buhar karışımı şeklinde giren refrijeranın büyük bir kısmı sıvı haldedir. Evaporatörde ısı olarak buharlaşan refrijerana, emiş tarafına geçmeden önce bir miktar daha ısı verilmesi ve 3-8°C arasında kızgınlık verilerek kızgın buhar durumuna gelmesinin bir çok faydaları vardır. Bunların en başında, kompresöre büyük zarar verebilen sıvı refrijeranın kompresöre gelmesi gösterilebilir. Sıvı taşmalı tip evaporatörlerde ise refrijeran evaporatörde sıvı halde bulunur ve ısıyı alarak buharlaşan kısmı bir sıvı - buhar ayırıştırıcısından (surge tank) geçtikten ve sıvı kısmı ayıldıktan sonra buhar halinde kompresöre ulaşır. Sıvı refrijeranın evaporatöre beslenmesi seviye kumandalı (flatörlü, manyetik. vs.) bir vana ile yapılır. Sıvı ayırıştırıcı tankta biriken sıvı refrijeran tekrar evaporatöre gönderilir ve soğutma işleminde yararlanır.

Dönüş borusu

Soğutucuda buhar haline dönüşen gaz ekovat tarafından dönüş borusu ile emilir. Sistemin alçak basınçlı kısmı burasıdır. Alüminyum ya da bakır borudan yapılır.

[11]

Termostat

Soğutulacak hacim, soğutulacak akışkan veya evaporatör gibi kısımların sıcaklıklarının belirli değerler arasında kalmasını temin gayesi ile kumanda kontrol cihazlarıdır. [11]

5.4.2.2. Çamaşır makinesi

Çamaşır makinesi; su alma, yıkama, ısıtma, su boşaltma ve sıkma sistemlerini bir program vasıtası ile veya manuel olarak yapan bir makinedir. Yukarıda saydığımız bu işlemleri artık bir program vasıtası ile belirli sıra ve zaman içinde çalıştırıp durdurarak yıkama programlarını yapmaktadır. Manuel olarak yıkama yapan makineler şu an kullanımı yok denecek kadar azdır.

Çizelge 5.5. Çamaşır makinesinin enerji verimlilik sınıfına göre yıllık elektrik gideri ve tüketimi [9]

Çamaşır makinesi Enerji verimliliği sınıfı	Yıllık elektrik gideri*	Yıllık elektrik tüketimi*
A	106.20 TL	354 kWh
B	131.10 TL	437 kWh
C	156.00 TL	520 kWh
D	180.90 TL	603 kWh
E	205.80 TL	686 kWh
F	231.00 TL	770 kWh
G	255.90 TL	853 kWh

*Haftada 5 yıkama yapıldığı varsayılmıştır.

Çamaşır makinelerinin parçaları

Parazit kondansatörü

Kondansatör DC sinyalleri geçirmez. AC sinyalleri ise üzerinden geçirir. Öte yandan kondansatör yüksek frekanslı sinyallere karşı düşük kapasitif reaktans (XC) gösterir.

Çamaşır makinesinin içinde bulunan röle, motor bobini, açılıp-kapanan kontaklar çalışma anında kısa süreli de olsa yüksek frekanslı elektrik sinyalleri (parazitik sinyaller) üretir. Yüksek frekanslı sinyallerin yakın çevrede bulunan TV, radyo, CD çalar, bilgisayar vb. hassas yapıllı elektronik cihazlara zarar vermesini önlemek için parazitik sinyalleri önleyen kondansatör kullanılır.

Açma- kapama anahtarı

Çamaşır makinesini çalıştırıp durdurmaya yarayan devre elemanıdır. Açma kapama anahtarında direkt 220 volt vardır. Anahtar direkt 220 Volt gibi bir gerilime temas

ettiği için yapısının küçük olmasından dolayı çabuk zarar görebilir. Genellikle ani gerilim artmalarından dolayı kontaklar zarar görür.

Program cihazı (Aygıtı)

Piyasada program aygıtına “beyin” de denmektedir. Elektromekanik ve elektronik olarak iki şekilde yapılır. Mekanik yapıli program aygıtı sadece eski model çamaşır makinelerinde bulunmaktadır. 2000’li yıllardan itibaren üretilen makinelerin programlama ünitesi dijital elektronik yapılidir. Mikro denetleyici ve mikroişlemci (entegrelerinin) ve diğer parçaların kullanımı yaygınlaşmasından ve fiyatının da düşmesinden dolayı üretici firmalar elektronik program aygıtlarını tercih etmektedir. [12]

Elektro mekanik program aygıtı

Bu program aygıtı küçük bir senkron makinenin mili ile kumanda edilen kamları döndürmesi ile elektrik kontaklarını açıp kapatarak iş yapan elemanların devreye girip çıkmasını sağlayan komplike bir ünitedir. Kamlar girinti ve çıkıntılı olduğu için bazı kontakları açar, bazı kontakları kapatır. Ön yıkama, yıkama, durulamalar ile sıkma işini sırası ile iş yapan elemanlara komut vererek makinenin otomatik olarak çalışmasını sağlar. Senkron motor hareketini irili ufaklı dişlilerden oluşan şanzımana verir. Hareket devrini düşürülerek kamlara iletilir. Genellikle program aygıtlarında her kam üç konumlu bir anahtara kumanda eder. Anahtar 2 sabit, 1 hareketli kontakta meydana gelir. Program aygıtı iki kısım kamlardan meydana gelir. Bunlardan birincisi olan yıkama motoru kamları sürekli olarak döner. Yıkama motoru kamaları motoru sürekli çalıştırıp yönünün değişimini sağlar. İkinci kısım olanlar ise programları oluşturan kamlardır. Bunlar kendilerinden bağımsız hareket eder. Program düğmesi direkt ana kamlara bağlıdır. Düğme çevrilmek suretiyle istenen programdan başlatılabilir. Böylelikle program kamları birbirinden bağımsız olduğu için istediğimiz programı, program düğmesini çevirmek sureti ile atlatabiliriz.

Elektronik program aygıtı

Elektromekanik program aygıtının yapmış olduğu işlemleri elektronik olarak yapan kitlerdir. Bu kitler entegre, triyak, diyot, direnç ve kondansatör gibi elektronik devre elemanlarından meydana gelmektedir. Çalışması mikroişlemci temeline(PIC) dayanır. PIC mikro denetleyicisine makinenin yapacağı işlemleri program mantığı ile yazılır ve yüklenir. 16F84 adlı mikro denetleyiciyle 13 ayrı alıcı çalıştırılabilmekte ya da 13 ayrı giriş (input) ünitesinden bilgi alınıp işlem yapılabilir. 16F84’ün 13 ayağına (port) 74164, 74165, 7447 vb. entegreler bağlayarak port sayısını daha da artırmak da mümkün olmaktadır. Mikro denetleyicilerin kendilerine kaydedilen dijital

kodları yıllarca tutabilmesi, program kaydetme işlemlerinin (Assembler, Basic, C, Pascal vb.) öğrenmesi kolay programlarla yapılabilmesi elektronik devreleri iyice basitleştirmiştir.

Kapı emniyeti kilidi

Çamaşır makinesinin çalışma anında kapağının açılmaması için bimetal ve PTC'li kilit sistemi kullanılmaktadır. Bu düzenek makinede çalışma anında dalgınlıkla kapağın açılmasını önlemektedir. Makine durdurulduktan 1–2 dakika sonra bimetal soğuyup eski hâline döndüğünden kapak kilidi işlevini yerine getirebilmektedir. Kapı kilit sistemi 220 V ile çalıştığından 220 V PTC üzerinden geçtiği zaman ısınmakta ve direnci yükselmektedir. PTC'ye yapışık olan bimetal bükülerek kilitleme işlemi gerçekleşir. PTC'nin akımı kesilince soğuma başlar. Bimetal soğuyunca eski konumuna döner ve yaylı dil mekanizması kapağın açılabilmesini sağlar.

Su seviye anahtarı

Solenoid valf, makineye dışarıdan su almayı sağlar. Kazan içindeki su yeterli seviyeye ulaştığında su seviye anahtarının bir ucunda bağlı olan hava cebindeki havanın sıkışıp basınç yapması ile diyafram kontakların konumunu değiştirir. Solenoid valf bobinleri enerjisini bu kontaklardan alır. Kontaklar konum değiştirdiğinde valflerin enerjisi kesilerek makinenin su alması engellenmiş olur.

Su giriş ventilleri (Solenoid valf)

Tek ve çift su girişli çamaşır makineleri bulunmaktadır. İki girişli olanlarda sıcak ve soğuk su girişini sağlayan iki elektrikli vana vardır. Bu vanaların bir ucu şehir şebekesi musluğuna diğer ucu deterjan kutusuna bağlıdır. Açma-kapama düğmesine basıldığında su giriş ventillerinin bobinlerine de enerji gelir. Bobinler pistonu çeker ve vanalar açılır. Makine yeteri miktar suyu aldıktan sonra su seviye anahtarının kontakları konum değiştirince ventil bobinlerinin enerjileri kesilerek piston bırakılır ve vanaların kapanması sağlanır. Enerjilendiğinde konum değiştiren kontakları sayesinde bağlı bulunduğu fonksiyonları gerçekleştiren elemandır (Çamaşır makinesinde Valfler enerjilendiğinde su ve deterjan alımı başlar. Enerji kesildiğinde ise su ve deterjan alımı vb. işlemler sona erer). [12]

Hız kontrol ünitesi

Program aygıtı ve yıkama motorunun milinde bulunan takojenaratör bobininden aldığı sinyallerle çalışır. Yıkama-sıkma motorunun devir sayısını, dönüş yönünü elektronik devreli kartlar ayarlamaktadır.[12]

Yıkama -sıkma motoru

Çamaşır makinelerinde bir fazlı yardımcı sargılı asenkron ya da AC seri (üniversal) motor kullanılmaktadır. Makinede kullanılan motor bir fazlı yardımcı sargılı ise bunlar çift sargılı olmaktadır. Statorda bulunan çift sargı iki ayrı kutup sayısının meydana gelmesini sağlamaktadır. Motorlarda iki sargı bulunur. Bunlardan biri, yıkama sargısı diğeri de sıkma sargısıdır. Bilindiği gibi bir elektrikli motorda kutup sayısının 2 olması dakikadaki devir sayısını 3000 d/dak, 4 olması 1500 d/dak, yapmaktadır. Çamaşır makinesi yıkama işlemini yaparken çok kutuplu birinci sargılardan akım geçer ve rotor yavaş döner. Sıkma işlemi anında ise iki kutuplu ikinci sargılardan akım geçer ve rotor hızlı döner.

Termostat

Çamaşır makinesinde sabit değerli ve ayarlanabilen olmak üzere iki adet termostat bulunmaktadır. Bu elemanlar rezistans devreye alarak yıkama suyunun istenen sıcaklığa kadar ısınmasını sağlar. Su sıcaklığı yeterli seviyeye ulaştığında termostatin kuyruk kısmında yer alan gaz genişler diyaframı itip kontakların konum değiştirmesini sağlar. Sabit değerli termostat ön yıkama ve yünlü çamaşırların yıkanması anında gereken 30–40 °C'lık sıcaklığa sahip suyu temin etme işleminde görev alır. Ayarlı termostat ise suyun sıcaklığının 30–100 °C aralığında bir değere getirilmesini sağlamak için kullanılır.

Isıtıcı (Rezistans)

Çamaşır makinesi içine alınan suyu termostatta ayarlanan sıcaklıkta ısıtan devre elemanıdır. Paslanmaz çelikten yapılmış ve kazan içerisine yerleştirilmiştir. Kazan içerisine yerleştirildiğinden dolayı yıkama suyunu dışarıya sızdırmaması için sızdırmaz conta ile yalıtımı yapılmıştır. Rezistans 220 volt ile çalışır. Bazı çamaşır makinelerinde iki rezistans bulunmaktadır. Böylece kullanım rahatlığı sağlamaktadır. Rezistansın en büyük sorunları kireçlenme ve kazanda su yok iken çalıştırılmasıdır.

Pompa motoru

AC 220 Volt, 85–125 W güce sahip küçük boyutlu motordur. Görevi kazan içindeki kirli suyu dışarı atmaktır. Makine yıkama ve durulama programları sonunda ve sıkma işlemi yaparken program cihazından aldığı sinyal ile pompa motoru devreye girer.

Ön kapak

Makine içine çamaşır buradan konur. Kapak camı, demir, düğme, fermuar gibi parçaların sürtünüp çabuk kırılmaması için kalın camdan yapılmıştır. Motor

üzerindeki yükü azaltmak için bazı makinelerde camların alt kısımları eğik yapılmıştır. Dolayısı ile çamaşır cama sürtünmesi azaltılmış olur. Kapak kapatılma işlemi, üzerindeki tırnağın kapı emniyet kilidi kontaklarının kapatılması ile olur.

Kazan

Yıkama suyunun bulunduğu kısımdır. Yıkama suyu deterjan kutusundan sonra kazana gelir. Kazan makine içerisine alttan amortisörler üstten ise yaylar vasıtası ile makine içerisine tutturulmuştur. Kazanın içinde ısıtıcı, tambur ve su seviye anahtarının kuyruğu olan hava cebi bulunur. Kazanın alt ve üstüne denge ağırlıkları konulmuştur. Kazan çelik sacdan ve son zamanlarda ise plastikten yapılmaktadır.

Tambur

Tambur, kazandaki rulman yuvasına monte edilerek kazan içerisine yerleştirilir. Tambur delikli, paslanmaz çelik sacdan yapılmış olup çamaşırın daha iyi yıkanabilmesini sağlamak için tambur içerisinde kanatlar bulunmaktadır. Çamaşırın bu kanatlar kaldırılarak ve suya düşürmesi ile yıkama sağlanır. Rulmanların su ile temasını önlemek için iki adet keçe konur. Keçenin zamanla özelliğini kaybetmesi ile rulmanlar arızalanır, yıkama suyu içerisine yağ bırakır. Genellikle beyaz çamaşırlarda sararma ve leke ile kendini gösterir. Makine sıkma yaparken çok gürültü yapar. [12]

Deterjan kutusu

Makinenin ön yüzünün sağ veya sol üst köşesinde bulunur. Ön yıkama ile ana yıkama deterjanlarını ve yumuşatıcıyı aynı anda alabilmesi için üç bölmeli olarak plastikten yapılmıştır. Su, musluktan, deterjan kutusunun kanallarından deterjanı da alarak kazan içerisine akar. Makine durulamadan sonra suyu yumuşatıcı bölümü üzerinden alır. Deterjan kutusunun su kanallarından başka birde köpük hortumu bulunur. Köpük hortumu, kazan içindeki fazla köpüğü alarak deterjan kutusuna iletir.

Filtre

Makinenin ön yüzünün alt köşesinde bulunur elbise havlu, pantolon gömlek ceplerinde unutulmuş bozuk para, düğme, iğne, gibi cisimlerin pompaya giderek makinenin görev yapamaz hale gelmesini önlemek içindir. Bu cisimlerin bir kısmı da makine kapağının bulunduğu körük aralarına dolar. Filtrenin tıkanmaması için birkaç yıkamadan sonra temizlenmelidir. Ayrıca suda bulunan yabancı cisimlerin makineye girmesini önlemek için aşağıdaki resimde de görüldüğü gibi su giriş vanalarının önlerine filtreler konulmuştur.[12]

Amortisör

Çamaşır makinesindeki sarsıntıları önlemek için amortisörler kullanılır. Kazanın iki yanında bulunur. Kazan üstte yaylar alt kısımda ise amortisörler üzerinde durmaktadır. Eğer kazan makine ana gövdesine vida ile sabitlenirse olsaydı makine dengesiz yüklerde sarsıntı yapacak ve gövde bağlantılarını kopartacaktır.[12]

Tahliye hortumu

Çamaşır makinesindeki kirli suyun dışarıya atılmasında görevli elemandır. Hortumun bir ucu pompa motoruna bağlanmıştır. Diğer ucu ister banyo giderine veya lavabo içine bırakılır. Daha önceden lavaboların alt kısmına ek yapılarak bağlanan hortum makine içerisine koku yaptığı için bu uygulama iptal edilmiştir. Tahliye hortumu makine çıkışından lavaboya bırakılacaksa, belli bir yükseklik verilmelidir. Yoksa makine içine alınan yıkama suyu tahliye hortumu ile hiç kullanılmadan dışarı atılır. Bazı makinelerde bu yükseklik gövde içerisinde yapılmıştır.[12]

Su giriş hortumları

Suyun makineye alımında görevli elemandır. Su giriş hortumlarının bir ucu musluğa diğer ucu ise su giriş ventillerine bağlanır. Bazı makineler tek su girişli bazıları çift su girişlidir. Makinelerin özelliğine göre bir veya iki hortum bağlanır. Hortumların kırmızı olan sıcak, diğeri soğuk su girişi için kullanılır. Makinenin sıcak su hortumunu kullanmak bize elektrik enerjisinden tasarruf etmemizi sağlayacaktır. Çift su girişli makinelerin sıcak suyu deterjan kutusunun ön yıkama kutusundaki deterjana akar. [12]

Dijital ön panel

Makinenin kumanda edildiği kısımdır. Makinenin sıcaklık, program ve ek fonksiyon tuşları bulunmaktadır. Her model ve her marka çamaşır makinelerine göre değişiklik gösterir; fakat genel olarak yaptıkları işlemler aynıdır. Program ayar düğmesi, sıcaklık ayar düğmesi, açma kapama düğmesi, ek fonksiyon tuşları vb. [12]

Röleler

Elektromanyetik anahtarlara röle denir. Çamaşır makinesinin içinde bulunan motor, selenoid valf, ısıtıcı fazla akım çektikleri için program aygıtından direk sinyal almazlar. Program cihazı röle bobinini enerjiler. Bu elemanlar röleler tarafından çalıştırılıp durdurulur. Çamaşır makinelerinde herhangi bir eleman fazla akım çektiğinde röle kontakları zarar görür. Böylece program cihazımızı kurtarmış oluruz.

Fiyat olarak da röle daha program cihazına göre daha ucuzdur. Röle kullanılması uygun olmasının yanında dezavantajı sesli çalışmasıdır.

Kasnak

Motor milinden kayış ile gelen döndürme hareketini tambur miline aktaran kısımdır. Yeni çıkan bazı otomatik makinelerde kasnak bulunmamaktadır. Motor direkt tambur miline bağlıdır. Bu da motordan alınacak gücü arttırmaktadır. [12]

Takojeneratör

Motorun mekanik enerjisini 25–35 V arası gerilime sahip, küçük akımlı bir elektrik enerjisine çeviren elemandır. Takojeneratör AC seri motor ile birleşik hâdedir. Bu motorun klemens kutusunda (terminalinde) 6 adet kablo vardır. Bunların ikisi endüvinin, ikisi indüktörün (kutup sargılarının), ikisi de takojeneratörüdür. Takojeneratörün ürettiği gerilim AC seri (üniversal) motorun hızını kontrol eden elektronik devre kartına gider. Bu kart takojeneratörden gelen gerilimin değerine göre motorun hızının hangi seviyede olduğunu algılar.

Kayış

Kayış kasnak mekanizmalı çamaşır makinelerinde kullanılır. Yıkama-sıkma motorundan aldığı döndürme hareketini kasnağa ileten kısımdır. Esnek bir malzeme olduğu için arıza olayı pek yoktur. Kayış değişiminde gerginlik ayarını kontrol etmek gerekir. Kayış zamanla tahriş olduğunda yenisi ile değiştirilir.

Denge ağırlıkları

Çamaşır makinesinin sarsıntılı çalışmasını önlemek için kazanın alt üst kısmına dökme demirden yapılmış ağırlıklar konulmuştur. [12]

5.4.2.3. Bulaşık makinesi

Bulaşıkların yıkanması

Bulaşık makinelerinde bulaşıklar yağmurlama yöntemi ile yıkanır. Sirkülasyon (yıkama motoru) hazneye dolan suyu fıskiyelere basar. Sıkışan su fıskiyeleri hız vererek döndürür ve fıskiye deliklerinden tabaklar üzerine basınçlı bir şekilde püskürür. Tabaklar üzerindeki bulaşıklar basınçlı suyun darbeleri ile mekanik olarak ayrılır. Ayrıca suyun sıcak olması donmuş yağları eritir, deterjan ile nötrleşir. Sıcak su aynı zamanda tabakları dezenfekte eder. Bulaşık makinelerinde yıkama suyu sıcaklığı genelde 65°C'dir.

Çizelge 5.6. Bulaşık makinesinin enerji verimlilik sınıfına göre yıllık elektrik gideri ve tüketimi [9]

Bulaşık makinesi Enerji verimliliği sınıfı	Yıllık elektrik gideri*	Yıllık elektrik tüketimi*
A	62.40 TL	208 kWh
B	68.70 TL	229 kWh
C	80.70 TL	269 kWh
D	92.40 TL	308 kWh
E	104.10 TL	347 kWh
F	116.10 TL	387 kWh
G	127.80 TL	426 kWh

*Haftada 5 yıkama yapıldığı varsayılmıştır.

Bulaşık makinesi parçaları ve görevleri

Parazit kondansatörü

Makinelerin çalışması esnasında diğer elektrikli aletlerin etkilenmemesini sağlayan şebeke akım düzenleyicisidir. Parazit kondansatörüne faz nötr 220 Volt girer, 220 Volt çıkar. Makine fişi prize takıldığında, avometre ile kondansatör çıkışında gerilim ölçümü yapılır. Gerilim yoksa veya makine çalışırken televizyon, radyo açıldığında parazit yapıyorsa kondansatör arızalıdır, değiştirilir.

Açma kapama anahtarı

Bulaşık makinesinin çalışması için enerjiyi açıp kapamaya yarayan devre elemanıdır. Açma kapama anahtarına da faz-nötr 220 Volt girer, 220 Volt çıkar. Anahtar çalıştırma konumuna alındığında çıkışından gerilim kontrolü yapılır. Eğer 220 Volt giriyor, 220 Volt çıkış yoksa anahtar arızalıdır, değiştirilir. [13]

Kapı emniyet switchi

Makinenin ön kapağı açıldığında makinenin enerjisini keser.

Program aygıtı

Elektro mekanik program aygıtı

İstenen program içerisindeki kamlar ile elektrik kontaklarını açıp kapatarak iş yapan elemanların devreye girip çıkmasını sağlayan, hareketi kendi üzerindeki küçük senkron motorla devam ettiren komplike bir ünedir. Bir ana mil üzerine dizilmiş kamlar ve kamların kumanda ettiği kontaklar vardır. Kam dediğimiz girinti ve

çıkıntılar bazı kontakları açar, bazı kontakları kapatır. Ön yıkama, yıkama, durulamalar ile sıkma işini sırası ile iş yapan elemanlara komut vererek makinenin otomatik olarak çalışmasını sağlar. Senkron motor hareketini irili ufaklı dişlilerden oluşan şanzımana verir. Hareket devrini düşürülerek kamlara iletilir. Genellikle program aygıtlarında her kam üç konumlu bir anahtara kumanda eder. Anahtar 2 sabit, 1 hareketli kontakta meydana gelir.

Elektronik program aygıtı

Yukarıda anlatılan işlemlerin tümünü elektronik olarak yapan elektronik kitlerdir. Bu kitler entegre, diyot, direnç ve kondansatör gibi elektronik devre elemanlarından meydana gelmektedir. Makinede yine işi yapan yıkama motoru, suyu alan vanalar, suyu dışarı atan pompa motoru ve suyu ısıtan rezistanstır. Ancak bunlara sırasıyla kumanda eden aygıt elektrondur. Çalışması mikroişlemci temeline dayanır. Elektronik program aygıtlarında arıza genelde tiryak ve entegrelerde görülür. Entegreler genelde PIC mikro denetleyici olduğundan yenisi ile değiştirmekle sorun çözülmez. Bu entegrelere çalışması yeniden yüklenmesi gerekir. [13]

Su seviye anahtarı (Presostat)

Kazan içine dolan suyun, hava cebindeki havanın sıkışıp basınç yapması ile çalışan, su giriş vanalarına kumanda ederek su seviyesini ayarlayan, 2 ya da 3 kademeli basınç anahtarıdır. Su seviye anahtarı bir diyafram ve buna bağlı kontaklar ile bunlara yataklık yapan gövdeden meydana gelir. Su seviye anahtarı ince bir hortumla hava cebine, hava cebi de kazana bağlıdır. Kazan içine dolan su, cepte olan havayı sıkıştırarak diyaframa basınç yapar. Su istenilen seviyeye geldiğinde havanın basıncı diyaframı iterek su giriş vanasına enerji ileten kontakların açılmasını sağlar. Enerjisi kesilen su giriş vanası suyu keser ve kazan su girişi durur. Su seviye anahtarındaki kontaklar program aygıtlarında olduğu gibi iki sabit bir hareketli kontakta meydana gelir. Makinenin programına, model ve markasına göre bu anahtarlar değişiklik gösterir. Su seviye anahtarına ince hortumun girdiği yerden balon şişirir gibi üfleme sureti ile kontakların durumları kontrol edilir. Kontakları yapışmış, açma kapama yapmayan su seviye anahtarları aynı özellikteki anahtarla değiştirilir. [13]

Elektrikli su giriş vanaları (Ventil)

Su seviye anahtarından aldığı kumanda ile makineye su girişini sağlar. Su giriş vanaları, çalışma gerilimi 220 Volt olan röle ve 0,5 ile 10 bar arası basınçlı su ile görev yapar. Röleye 220 Voltluk gerilim uygulandığında röle bobinleri enerjilenerek

pistonu çeker ve vana açılır. Makineye su girişi sağlanır. Akım kesildiğinde röle enerjisiz kalacağından pistonu serbest bırakır. Piston aşağıya doğru hareket eder ve su geçişini kapatır. Makine eğer musluklara 220 Volt verildiği halde su almıyorsa avometre ile musluk bobini kontrol edilir. Devre göstermiyorsa yenisi ile değiştirilir. Devre gösterdiği halde su almıyorsa filtre tıkalı olabilir. Filtre temizlenir. Musluklara ara kablosu ile 220 V enerji verilerek su alıp almadığı kontrol edilir. Su dolaşım sistemli makinelerde bulunan elektrikli su giriş vanaları ile presostat bir arada bulunur. [13]

Yıkama motoru

Program aygıtından aldığı kumanda ile çalışır. Genelde yardımcı sargılı daimi kondansatörlü motor olup makine içine dolan suyu alarak alt ve üst fıskiyelere basar. Yaklaşık 300 Watt gücünde, 2800 d/dk bir devirle iki yönde dönebilen motorlardır. Motor kontrolü makineden sökülüp dışarıda yapılacaksa ana ve yardımcı sargı uçları ve müşterek uç iyi bilinmeli, kondansatör doğru olarak bu sargılara bağlanmalıdır. Ayrıca kondansatörün sağlamlığı kontrol edilmelidir. Kondansatör arızalı ise motor kalkış yapamaz. Motora enerji verildiğinde kalkınmada zorlanıyor, el ile yardım edildiğinde motor çalışıyorsa kondansatör arızalı demektir. Sargılar ölçüldüğünde müşterek uç ile diğer uçlar arasında kopukluk ölçülüyorsa; motoru ısıya karşı koruyan ve sargılara seri bağlı termik veya PTC'den olabilir. Bu elman kontrol edilmelidir. Bu elman kontrol edilmeden sargılara müdahale edilmemelidir.

Pompa motoru

Program sonlarında suyu makineden dışarı tahliye etmek için kullanılır. 220 Volt beslemeli, 85-125 Watt güçlerinde, 2 m su sütunu basınçlı, 30-50 d/dk debiye sahip, program aygıtından aldığı sinyallerle çalışan su tahliye motorudur. Yıkama ve programı sonunda devreye girerek kazandaki kirli suyun dışarı atılmasını sağlar Pompanın kontrolü için 220 volt uygulanır. Çalışmazsa su tahliye pervanesi temizlenir, motor yine de çalışmaz ise yenisi ile değiştirilir.

Termostat

Yıkama suyunu istenen sıcaklıkta kalabilmesi için su sıcaklığını algılayarak ısıtıcı rezistansın kumandasını yapıp su sıcaklığını istenen yıkama sıcaklığında tutulmasını sağlayan elmandır.

Su yumuşatma kabı

Bulaşık makinelerinde kullanılan suyun kireçsiz olması gerekir. Kireçli suların kirecini (kalsiyumunu) almak için su reçine üzerinden geçirilir. Kalsiyum reçine tarafında

tutulur ve yumuşamış su makineye gider. Makinede yumuşatılmış su ile yumuşatılmamış su karışarak ideal yıkama suyu elde edilmiş olur. Yumuşatma kabındaki reçine makine imalatı sırasında konur. Reğinede bir azalma olmaz. Ancak makinenin tuzu bitince tuz ilave edilirse reçine temizlenmiş olur. Dolayısıyla yumuşatıcı madde kendi kendini yenilemiş olur.

Tuz kabı

Yumuşatma kabındaki reğinenin etrafı kalsiyum ile kaplandığı zaman reçine kireci tutamaz hale gelir dolayısıyla suyu yumuşatamaz. Bu nedenle reğineyi kalsiyumdan temizlenmesi gerekir. Reğineyi kalsiyumdan sodyum temizler. Yıkamanın sonuna doğru tuz kabına su dolar ve buradan tuzu alarak su yumuşatma kabına gider. Tuz kabından yumuşatma kabına tuz (sodyum) gönderilmek suretiyle kalsiyumun reğineden ayrılması sağlanır. Tuz kabında tuz bitince yeniden tuz ilave edilir. [13]

Deterjan kutusu ve parlaticı kutusu

Bulaşıklar, makinede yeteri kadar ısıtılmış su ve deterjanla birlikte temizlenir. Deterjan kutusu kapağı bir röle yardımıyla kumanda edilir. Röleye enerji geldiğinde röle kontaklarını çekerek deterjan kutusunun kapağının açılmasını sağlar. Böylece makinenin içindeki su, deterjanı alır. Sıcak su ile donmuş yağlar eritilerek deterjanla nötrleştirilir. Ev tipi bulaşık makinelerinde köpüğü az olan deterjan kullanılır. Bu makinelerde yıkama 60-70 dakikayı bulmaktadır. Sanayi tipi bulaşık makinelerinde kullanılan deterjanın köpüğü fazladır. Çünkü bu makinelerde yıkama süresi kısadır. Parlaticı kutusu içine parlaticı konur ve son durulamada makine parlaticıyı da alarak tabaklar üzerinde leke kalmamasını sağlar. Parlaticı, bulaşıklar üzerinde bir film tabakası oluşturur. Makinelerde parlaticı ayarı iyi yapılmalıdır. Parlaticı fazla olduğunda ele yapışır. Az olursa tabaklar üzerinde lekeler görölür. Parlaticı genellikle şarap asitini ve limon asitini içerir. Bu asitler bulaşıkların parlamasına, tuz artıklarının erimesine ve suyun yumuşamasına yardım eder.

Rezistans

Yıkama suyunu ısıtmaya yarar. Bulaşıklar durulandıktan sonra ortama ısı vererek bulaşıkların kurummasını sağlar. Yaklaşık 2000 Watt gücündedir. Termostattan aldığı enerji ile yıkama suyunu istenen sıcaklığa yükseltir. Paslanmaz ęelikten yapılmış bir koruyucu içine yerleştirilmiştir. Conta ve flanş ile sızdırmazlık temin edilerek kazanın dibine monte edilir. Isıtıcılar 220 Volt ile ęalıřır. Yalnız, ısıtıcıya enerji verilirken su içinde olmalıdır, aksi halde susuz ortamda ęalıřtırılan ısıtıcı kısa sürede kızararak arızalanır.

5.4.2.4. Elektrikli ev aletlerinin enerji sınıfının etiketlenmesi

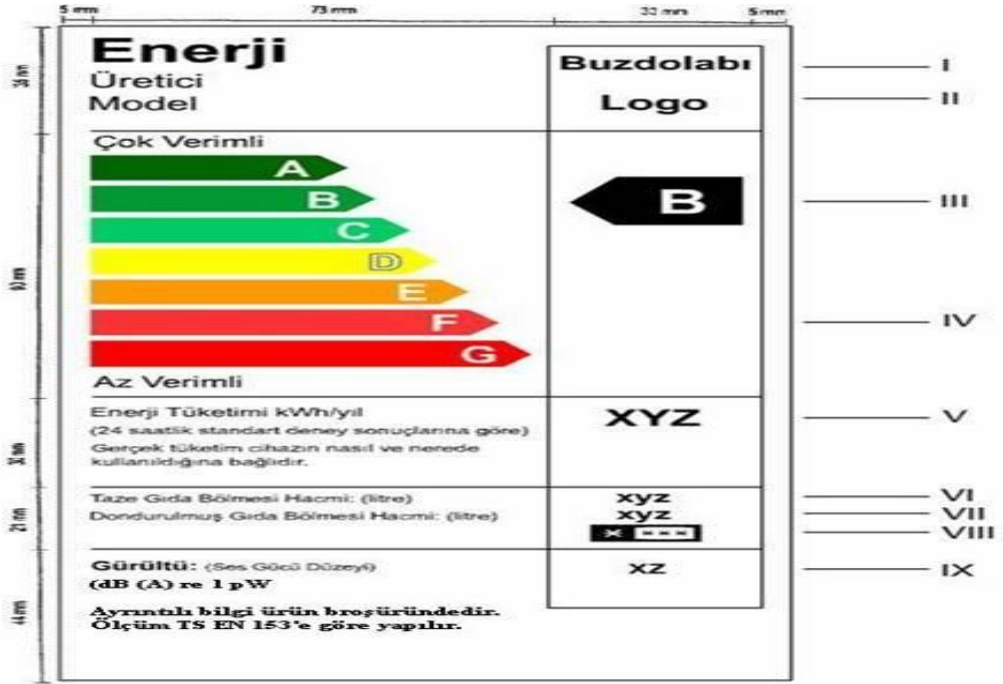
Enerji verimliliği sınıflandırması, bir cihazın enerji tüketimi bazında A, B, C, D, E, F ve G harfleriyle ifade edilen yedi gruptan oluşmaktadır. A sınıfı en düşük enerji tüketimi sınıfını göstermektedir.

Enerji etiketi

1. Üreticinin adı veya ticari markası yer alır.
2. Üreticinin model tanımı yer alır.
3. Cihazın enerji verim sınıfı bu Yönetmeliğin Ek V' ine uygun olarak belirlenir. Uygun harf ilgili ok işareti ile aynı hizaya yazılır.
4. Bir cihazın, Avrupa Konseyinin 880/92/EEC sayılı Tüzüğü kapsamında Topluluk Eko-etiket ödülü almaya hak kazanması halinde, eko-ödül işaretinin (çiçek) bir kopyası söz konusu tüzüğün gereklerine aykırı olmamak kaydıyla etiketin bu bölümüne iliştilirilebilir.

Buzdolabı/dondurucu etiketi tasarım rehberinde Eko-ödül işaretinin etikete nasıl yerleştirileceği belirtilmektedir.

5. Enerji tüketimi, ilgili uyumlaştırılmış standarda uygun olarak ve kWh/yıl cinsinden açıklanır (24 saatteki tüketim x 365).
6. Yıldız vererek belirtilmesi gerekmeyen (çalışma sıcaklığı > -6°C olan) tüm gıda saklama bölümlerinin net depolama hacmi toplamı yer alır.
7. Yıldız vererek belirtilmesi gereken (çalışma sıcaklığı < -6°C olan) tüm dondurulmuş gıda saklama bölümlerinin net depolama hacmi toplamı yer alır.
8. İlgili uyumlaştırılmış standartlara göre dondurulmuş gıda saklama bölümünün yıldız sayısı yer alır. Bu bölme için yıldız verilmesi gerekmiyorsa bu satır boş bırakılır.
9. İlgili olduğunda, 26/02/2003 tarihli ve 25032 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Ev Aletlerinden Çevreye Yayılan Gürültüye İlişkin Tebliğ (86/594/AT) hükümlerine göre ölçülen gürültü yer alır.



Şekil 5.4: Bir elektrikli ev aletinin enerji etiketi örneği [4]

Enerji verimlilik indeksi (I)

Enerji verimlilik indeksi değerlerine bağlı olarak enerji verimlilik sınıflarının belirlenmesini sağlayan değerler Çizelge 5.7. de verilmiştir.

Çizelge 5.7. Enerji verimlilik indeksi değerlerine bağlı olarak enerji verimlilik sınıflarının belirlenmesini sağlayan değerler [4]

Enerji verimlilik indeksi (I)	Enerji verimlilik sınıfı
$I < 30$	A++
$30 < I < 42$	A+
$42 < I < 55$	A
$55 \leq I < 75$	B
$75 \leq I < 90$	C
$90 \leq I < 100$	D
$100 \leq I < 110$	E
$110 \leq I < 125$	F
$125 \leq I$	G

Enerji Verimlilik İndeksi (I) aşağıdaki şekilde hesaplanır. Yüzde (%) ile ifade edilir.

$$I = \frac{E}{E_{St}} \quad (2.20)$$

I: Enerji verimlilik indeksi

E: "Cihazın yıllık enerji tüketimi" belirtilen standartlara uygun olarak kWh /yıl

cinsinden (24 saatteki tüketim x 365) belirtilecektir. TS-EN 153'e göre ölçülecektir.

Est: "Cihazın standart yıllık enerji tüketimi (kWh / yıl olarak ifade edilir.)

$$E_{st}=(M \cdot DH) + N \quad (2.30)$$

DH = Düzeltilmiş net hacim (litre)

M ve N değerleri aşağıda yer alan Çizelge 5.8. 'e göre alınır.

Çizelge 5.8. M ve N değerleri[4]

Cihazın sınıfı	M	N
1. Ev tipi buzdolabı	0,233	245
2. Buzdolabı-soğutucu	0,233	245
3. Yıldızsız buzdolabı	0,233	245
4. Tek yıldızlı buzdolabı *	0,643	191
5. Çift yıldızlı buzdolabı **	0,450	245
6. Üç yıldızlı buzdolabı ***	0,657	235
7. Buzdolabı- derin dondurucu *(***)	0,777	303
8. Dikey derin dondurucu	0,472	286
9. Yatay derin dondurucu	0,446	181
10. Çok kapılı veya diğer soğutucu cihazlar	(1)	(1)

Bu cihazlar için M ve N değerleri, en düşük sıcaklıktaki bölmenin sıcaklık ve yıldız sayısı göz önüne alınarak Çizelge 5.9. 'e göre belirlenir.

$$*(2.20) [4] \quad *(2.30) [4]$$

Çizelge 5.9. En düşük sıcaklıktaki bölmenin sıcaklık ve yıldız sayısı göz önüne alınarak M ve N değerleri [4]

En Soğuk Bölümün Sıcaklığı	Eşdeğer Sınıfı	M	N
> -6 °C	Çizelge 3'de 1/2/3 ile sınıflanan ev tipi buzdolapları	0,233	245
≤ -6 °C *	Çizelge 3'de 4 ile sınıflanan ev tipi buzdolapları	0,643	191
≤ -12 °C **	Çizelge 3'de 5 ile sınıflanan ev tipi buzdolapları	0,450	245
≤ -18 °C ***	Çizelge 3'de 6 ile sınıflanan ev tipi buzdolapları	0,657	235
≤ -18 °C *(***) derin dondurucu kapasitesiyle	Çizelge 3'de 7 ile sınıflanan ev tipi buzdolapları	0,777	303

Buzdolapları değişik sıcaklıklarda tutulan değişik bölmelerden oluşur. Bu bölmeler enerji tüketimini değişik şekilde etkiler. Buzdolabının elektrik tüketimi düzeltilmiş hacmin bir fonksiyonudur. Düzeltilmiş hacim de değişik bölme hacimlerinin ağırlıklı toplamıdır.

Böylece düzeltilmiş hacim (DH) şöyle ifade edilebilir:

$$DH= Vc.Wc.Fc.Cc(\text{Herbölme için}) \quad (2.40)$$

Vc: Her bölmenin net hacmi(lt) (litre)

$$Wc=(25-Tc)/20 \quad (2.50)$$

Tc: Her bölmenin tasarım sıcaklığı (°C)

Fc: Bir faktör olup zorlamalı iç hava dolaşımı ile soğutularak buzlanmayan tip bölmeler için 1.2, diğer bölmeler için 1 olarak alınır.

Cc: Tropik iklim sınıfı için ve buzdolabının bölme özelliklerine göre değişen aşağıda verilen bir katsayıdır. Çizelge 5.10. ' da Cc katsayısının bölmelere göre değişimi verilmiştir.

Çizelge 5.10. Bölmelere göre Cc katsayısı [4]

Bölme	Cc
Kiler bölümü	1,35
Taze gıda bölümü	1,30
0 derece bölümü	1,25
Yıldızsız bölümü	1,25
Tek yıldız (*) bölümü	1,20
2 yıldız (**) bölümü	1,15
3 (***) ve 4 yıldız (****) bölümü	1,10

A++ enerji sınıfı ürünler

A, A+ ve A++ sınıfları arasındaki farklar enerji tüketiminden kaynaklanmaktadır. A sınıfından daha tasarruflu olan bu yeni sınıflara A+ ve A++ ismi verilir. Çizelge 5.11. 'de bu sınıfların enerji tüketimleri kıyaslanmıştır.

Çizelge 5.11. Enerji sınıflarına göre cihazların günlük elektrik tüketimi [4]

Enerji sınıfı	Günlük elektrik tüketimi (kWh/24 Saat)
B	1.70
A	1.23
A+	1.07
A++	0.50

A++ enerji seviyesi günde 0,5 kWh enerji tüketilmektedir. 0,5 kWh, 40W değerinde bir lambanın 12,5 saat yanmasına eşdeğer bir tüketimdir.

5.4.3. Elektrikli ev aletlerinin ve aydınlatmanın verimlilik açısından incelenmesi

5.4.3.1. Elektrikli ev aletlerinin ve aydınlatmanın tüketim değerleri

Konutlarda standart aydınlatma ve standart elektrikli ev aletlerinin aylık tüketim değerleri ile A++ enerji verimliliği yüksek elektrikli ev aletleri ve CFL Kompakt Floresan aydınlatmanın aylık tüketiminin kıyaslaması Çizelge 5-12' de verilmiştir.

Tabloya göre standart ürünlerle tüketilen elektrik enerjisi 233,965 kWh ve bu değer in maliyeti de 66,64 TL olmaktadır. Standart elektrikli ürünler yerine A++ ürünler, aydınlatmada lambalar yerine ekonomik lambalar kullanılırsa tüketilen elektrik enerjisi 149,925 kWh ve bu değer in maliyeti de 42.70 TL olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 5.12. Elektrikli ev aletlerinin aylık enerji tüketimi karşılaştırması

Aylık Enerji Tüketimi		
	Standart Ürünler İçin Aylık Enerji Tüketimi (kWh)	Enerji Verimliliği Yüksek Ürünler İçin Aylık Enerji Tüketimi (kWh)
Bulaşık Makinası	21,8	13,6
Buzdolabı	34,11	17,85
Çamaşır Makinası	14,25	11,25
Fırın	58	48
Televizyon	9,33	4,75
Aydınlatma	33,6	9,6
Elektrik Süpürgesi	36	18
Ütü	9,6	9,6
Davlumbaz	4,05	4,05
Bilgisayar	5,4	5,4
EI Blenderi	0,825	0,825
Su Isıtıcı	2,2	2,2
Saç Kurutma Makinası	4,8	4,8
Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	233,965	149,925
Fatura Bedeli (TL)	66,64	42.70

5.4.3.2. Elektrik tarifeleri

Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi'nin 1 Nisan 2014 tarihinde açıkladığı elektrik tarifeleri Çizelge 5.13'te verilmiştir. Çizelge 5.13.'e göre konutlarda kullanılan elektriğin bedeli 28,4860 kr/kW 'tır.

Çizelge 5.13. Elektrik tarifeleri [14]

Görevli Tedarik Şirketinden Enerji Alan Tüketiciler							
	Kapasite		Aktif Enerji				Reaktif Enerji kr/kVARh
	Güç Bedeli	Güç Aşım Bedeli	Tek Zamanlı	Gündüz	Puant	Gece	
	kr/Ay/kW	kr/Ay/kW	kr/kWh	kr/kWh	kr/kWh	kr/kWh	
Çift Terimli Tarife							
Sanayi Orta Gerilim	120,3308	240,6616	22,3413	22,2221	36,4625	11,9505	10,0522
Tek Terimli Tarife							
Sanayi							
Orta Gerilim			22,8363	22,7171	36,9575	12,4455	10,0522
Alçak Gerilim			24,7768	24,6576	38,8980	14,3860	10,0522
Ticarethane			28,6590	26,8629	41,4932	15,8502	10,0522
Mesken							
Şehit Aileleri ve Muharip/Malul Gaziler			13,9982				
Tarımsal Sulama			25,1169	23,8544	40,1021	13,4955	10,0522
Aydınlatma			26,3920				

6.TERMODİNAMİK ANALİZ (FORMULASYONLAR)

6.1. Genel Termodinamik Kavramlar

Tezin ilerleyen kısımlarında yapılacak hesaplama ve analizlerin daha iyi anlaşılabilmesi için termodinamiğin genel kavramları aşağıda açıklanmıştır.

6.1.1. Sistem (Termodinamik sistem)

Sistem, belirli bir kütle, olay veya olayların incelenmek üzere göz önüne alınan ve çevresinden belirlenmiş bir sınır ile ayrılmış olan bir bölgeyi belirtmektedir.

6.1.2. Çevre

Sistem sınırları dışında kalan bölgeye sistemin çevresi denilmektedir.

6.1.3. Sınır

Sistemi çevresinden ayıran gerçek veya sanal yüzeye sınır denilmektedir. Matematik olarak sanal sınırın kalınlığı sıfır olarak kabul edilmektedir, dolayısıyla kütlesi ve hacmi yoktur.

6.1.4. Isı

Isı, iki sistem arasındaki sıcaklık farkından dolayı gerçekleşen bir hal değişimi sırasındaki enerji geçiştir Q ile gösterilir birimi kJ veya BTU dur.

Sistemin birim kütlesi için ısı geçişi $q = \frac{Q}{m}$ dir. (kJ/kg) (8)

Isı geçişi iletim (kondüksiyon), taşınım (konveksiyon) ve ışıyım (radyasyon) yolu ile gerçekleşir.

Isı geçişinin olmadığı bir hal değişimi “adyabatik hal değişimi” olarak adlandırılmaktadır.

Adyabatik hal değişimi sırasında sistemle çevresi arasında ısı geçişi olmaz.

6.1.5. İş

Bir kuvvetin, belirli bir yol boyunca etkide bulunması sonucu aktarılan enerjidir. W ile gösterilir ve birimi kJ" dır.

$$\text{Sistemin birim kütlesi için yapılan iş, } w = \frac{W}{m} \text{ (kJ/kg)} \quad (9)$$

6.2. Enerjinin Biçimleri

Bir sistem, çevresini veya başka bir sistemi etkileyerek onun özelliklerinde herhangi bir değişiklik meydana getirebilmesi için bir enerjiye sahip olmalıdır. Bu durumda enerji iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanabilir [14]. Enerji hareket veya hareket üretme kabiliyeti olarak da tanımlanabilir [15].

Enerji ile doğadaki bütün iş ve oluşlar arasında bir sebep sonuç bağlantısı vardır. Enerji, çevre ve sistemlerin özelliklerini, durumlarını, birbirlerine göre konumlarını ve şekillerini etkileyip onlar üzerinde değişiklikler meydana getirebilme potansiyeline sahiptir. Enerjinin korunumu prensibine göre; enerji yoktan var edilemez ve yok edilemez. Enerji farklı biçimlere dönüşebilir fakat toplam miktarı daima sabit kalır. Enerji, sadece madde ya da enerji akış parametrelerine bağlıdır ve çevresel parametrelere bağlı değildir. Sıfırdan farklı değerleri vardır. Tüm prosesler için termodinamiğin birinci yasasıyla gösterilir ve tüm prosesler için termodinamiğin ikinci yasasıyla sınırlıdır. Hareket ya da hareket üretme kabiliyetidir. Bir prosesde her zaman korunur, ne vardan yok olur, ne de yoktan var edilir. Miktarın (niceliğin) bir ölçüsüdür. Enerji; ısı, mekanik, kinetik, potansiyel, elektrik, manyetik, kimyasal, nükleer gibi değişik biçimlerde bulunmaktadır [15].

6.2.1. Potansiyel enerji

Herhangi bir sistemin veya kütlenin, referans bir sistem veya çevreye göre yüksekliğine bağlı olarak içerdiği enerjiye potansiyel enerji denilmektedir.

$$PE = m \cdot g \cdot z \quad (10)$$

Formülü ile gösterilir ve birimi kJ dır. Burada m cismin kütlesini, g yerçekimi ivmesini, Z ise sistemin referans sistemden olan yüksekliğini göstermektedir. Birim kütle için potansiyel enerji,

$$pe = g \cdot z \text{ (kJ/kg)} \quad (11)$$

6.2.2. Kinetik enerji

Herhangi bir sistemin veya kütlelerin, referans bir sistem veya çevreye göre hareketinden ve hızından dolayı sahip olduğu enerjiye kinetik enerji denilmektedir.

$$KE = \frac{m V^2}{2} \quad (12)$$

Formülü ile gösterilir ve birimi kJ dur. Burada m cismin kütlelerini, V cismin hızını göstermektedir.

$$\text{Birim kütle için kinetik enerji } ke = \frac{V^2}{2} \text{ (kJ/kg)} \quad (13)$$

6.2.3. İç enerji

Bir sistemi meydana getiren moleküllerin kinetik ve potansiyel enerjilerinin toplamı sistemin iç enerjisini oluşturmaktadır [30]. U ile gösterilir ve birimi kJ' dur.

6.2.4. Sistemin toplam enerjisi

Sistemin toplam enerjisi, kinetik, potansiyel ve iç enerjilerin toplamına eşittir.

$$E = U + KE + PE = U + \frac{m V^2}{2} + m \cdot g \cdot z \text{ (kJ)} \quad (14)$$

Birim kütle için sistemin toplam enerjisi, özgül enerji olarak adlandırılmaktadır.

$$e = u + ke + pe = u + \frac{V^2}{2} + g \cdot z \text{ (kJ/kg)} \quad (15)$$

6.3. Isıl Denge

Sistemle çevresi arasında termik etkileşim olmaması hali, ısıl denge olarak tanımlanmaktadır. Termik denge halinde sistemle çevresi arasındaki sıcaklıklar birbirine eşittir. Herhangi üçüncü bir sistemle termik denge halinde olan iki sistem kendi aralarında da termik denge halindedir. Bu ifadeye termodinamiğin sıfıncı yasası denilmektedir [30].

6.4. Termodinamiğin Birinci Yasası

Termodinamiğin birinci yasası, enerjinin korunumu olarak bilinmektedir. Sistemle çevresinin etkileşimi sırasında, sistem tarafından kazanılan enerji, çevresi tarafından kaybedilen enerjiye eşit olmak zorundadır. Enerji yoktan var edilemez ve yok edilemez ancak bir şekilde diğer bir şekilde dönüştürülebilir [30].

$$\Delta E_{\text{sistem}} + \Delta E_{\text{çevre}} = 0 \quad (16)$$

6.4.1. Kapalı sistemler (Kontrol kütlesi) için termodinamiğin birinci yasası

Kapalı bir sistemin toplam enerjisi, çevresiyle veya başka bir sistemler olan ısı veya iş alışverişi sonucunda değişebilir. Kapalı sistemlerin sınırlarından kütle geçişi olmaz [31].

$$Q - W = \Delta E \text{ (kJ)} \quad (17)$$

Q: Kapalı sistem sınırlarından gerçekleşen net ısı geçişi ($= \sum Q_g - \sum Q_c$)

W: Net iş. ($= \sum W_g - \sum W_c$)

ΔE : Sistemdeki toplam enerji değişimi ($= E_2 - E_1$)

$$Q - W = \Delta U + \Delta KE + \Delta PE \text{ (kJ)} \quad (18)$$

Sistemdeki iç enerji değişimi, $\Delta U = m \cdot (u_2 - u_1)$ (19)

Sistemdeki kinetik enerji değişimi, $\Delta KE = \frac{m \cdot (V_2^2 - V_1^2)}{2}$ (20)

Sistemdeki potansiyel enerji değişimi, $\Delta PE = m \cdot g \cdot (z_2 - z_1)$ (21)

6.5. Termodinamiğin İkinci Yasası

Termodinamiğin birinci yasası enerjinin niceliği üzerinde durmaktadır ve enerjinin bir biçimden diğerine dönüşümü sırasındaki değişimleri matematiksel olarak ifade etmektedir. İkinci yasa ise enerjinin niceliği yanında niteliğini de ön plana çıkartır ve bir hal değişimi sırasında bu niteliğin nasıl azaldığını hesaplamak için somut yöntemler ortaya koymaktadır [31].

6.5.1. Isı makinesinin verimi

Isı makinesi, ısıyı işe dönüştüren makinelerdir [13]. Isıl verim şu şekilde hesaplanır,

$$\eta_{enerji} = \frac{W_{net\text{çıkan}}}{Q_H} = 1 - \frac{Q_L}{Q_H} \quad (22)$$

$W_{net\text{çıkan}}$ ısı makinesinin yaptığı net işi, Q_H makineye verilen ısı, Q_L makinenin çevreye verdiği ısıyı göstermektedir.

Kelvin-Planck ifadesine göre; termodinamik bir çevrim gerçekleştirerek çalışan bir makinenin sadece bir kaynaktan ısı alıp net iş üretmesi olanaksızdır. Bir ısı makinesi, sürekli çalışabilmek için hem yüksek sıcaklıktaki bir ısıl enerji deposuyla hem de düşük sıcaklıktaki bir ısıl enerji deposuyla ısı alışverişinde bulunmak zorundadır. Hiçbir ısı makinesinin verimi %100 olamaz [31].

Clausius ifadesine göre termodinamik bir çevrim gerçekleştirerek çalışan bir makinenin, başka hiçbir enerji etkileşiminde bulunmadan, düşük sıcaklıktaki bir

cisimden ısı alıp yüksek sıcaklıktaki bir cisme ısı vermesi olanaksızdır. Soğuk bir cisimden daha sıcak bir cisme çevreden iş almadan ısıl enerji aktaran bir makine yapılamaz [31].

6.5.2. Tersinir hal değişimi

Bir yönde gerçekleştikten sonra çevre üzerinde hiçbir iz bırakmadan ters yönde de gerçekleşebilen hal değişimleridir [31].

Eğer bir hal değişimi gerçekleştikten sonra hem sistem hem de çevre, gerçekleşen işlemten dolayı hiçbir iz kalmadan tekrar ilk hallerine dönebilirlerse bu hal değişimi tersinirdir. Tersinir hal değişimleri sırasında maksimum iş elde edilir. Kusursuz sistemlerdir. Gerçekte mümkün değildir [31].

6.5.3. İçten tersinir hal değişimleri

Sistem içerisinde tersinmezlik olmayan ve ısı geçişi sırasında sıcaklığın sabit kaldığı hal değişimleridir [31].

6.5.4. İçten tersinir adyabatik (İzantropik) hal değişimleri

Sistem içerisinde tersinmezlik olmayan ve ısı geçişi olmayan hal değişimleridir [31].

6.5.5. Tersinmez hal değişimleri

Tersinmez hal değişimleri bir yönde gerçekleştikten sonra hiçbir iz bırakmadan ilk hallerine dönmeleri mümkün değildir. Gerçek olaylardaki bütün hal değişimleri tersinmezdir. Sürtünme, genişleme, sıkıştırma ve ısı geçişi gibi faktörler hal değişimlerinin tersinmez olmasına yol açmaktadır [31].

6.5.6. Carnot çevrimi

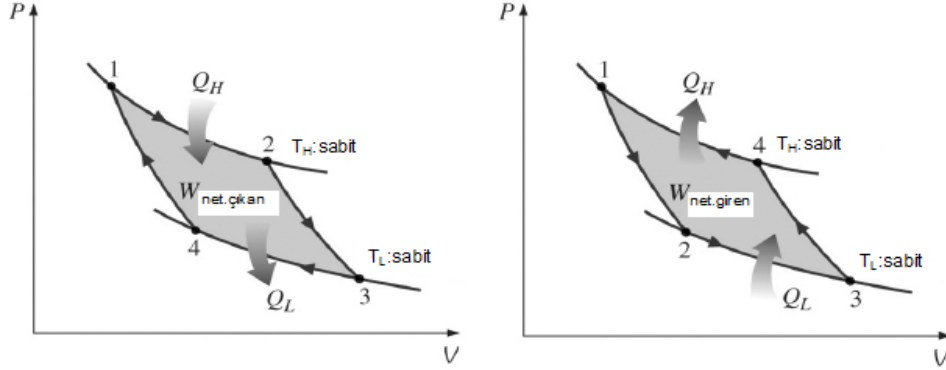
En çok bilinen tersinir çevrimdir. İki sabit sıcaklıkta, ikisi adyabatik olan dört hal değişiminden oluşan tümden tersinir bir çevrimdir. Carnot ısı makinesi çevrimi olarak da adlandırılır. Kapalı sistemlerde ve sürekli akışlı açık sistemlerde gerçekleştirilebilir [31].

6.5.7. Ters Carnot çevrimi

Carnot ısı makinesi çevrimi, tümden tersinir bir çevrimdir. Onu oluşturan tüm hal değişimleri ters yönde gerçekleştirilebilir. Bu gerçekleştiği zaman elde edilen çevrime Ters Carnot çevrimi denir. Carnot soğutma çevrimi olarak ta adlandırılır.

Q_H yüksek sıcaklıktaki ısı enerji deposundan alınan ısıyı, Q_L düşük sıcaklıktaki ısı enerji deposuna verilen ısıyı, T_H yüksek sıcaklıktaki ısı enerji deposunun mutlak sıcaklığını, T_L düşük sıcaklıktaki ısı enerji deposunun mutlak sıcaklığını göstermektedir.

$$\left(\frac{Q_L}{Q_H}\right)_{tr} = \frac{T_H}{T_L} \text{ (Tersinir bir makinenin Q-T ilişkisi)} \quad (23)$$



Şekil 6.1: Carnot çevriminin P-V diyagramı [31]. **Şekil 6.2:** Ters Carnot çevriminin P-V diyagramı [31].

6.6. Entropi

Entropi bir sistemin düzensizliğinin ölçüsüdür. Termodinamiğin birinci yasasına göre enerjinin korunumu ilkesine göre enerjinin miktarı gerçek bir hal değişiminde korunmaktadır aynı zamanda termodinamiğin ikinci yasasına göre enerjinin miktarı korunurken niteliği azalmaktadır. Nitelikteki bu azalmanın sebebi düzensizliğin yani entropinin artmış olmasıdır [30].

Entropi gerçek hal değişimleri sırasında artmaktadır. Maddenin mikroskobik düzeydeki davranışına bakılırsa, entropi moleküler düzensizlik veya moleküler rastgelelik olarak görülebilir. Bir sistemdeki düzensizlik ve asimetri, moleküllerin konumlarını belirsizleştirdiği gibi entropiyide arttırmaktadır [30]. Entropi S ile gösterilir,

$$dS = \left(\frac{\delta Q}{T}\right)_{içten.tr} \text{ (kJ/K)} \quad (24)$$

Birim kütle için entropi veya özgül entropi s ile gösterilir ve birimi kJ/kgK dir. Entropide tüm diğer özellikler gibi belirli hallerde belirli değerler alır. Bu nedenle iki hal değişimi arasındaki entropi değişimi ΔS izlenen yola bağlı değildir [32].

$$\text{Clasius Eşitsizliği } \oint \left(\frac{\delta Q}{T}\right)_{içten.tr} \leq 0 \quad (\text{kJ/K}) \quad (25)$$

Clasius eşitsizliğine göre termodinamik bir çevrim üzerinde entropinin integrali sifıra eşit veya sıfırdan küçüktür [30].

$$\oint \left(\frac{\delta Q}{T}\right)_{içten.tr} = 0 \quad (\text{İçten tersinir hal değişimleri için}) \quad (26)$$

Bir hal değişimi sırasında entropinin değişimi,

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \int_1^2 \left(\frac{\delta Q}{T}\right)_{içten.tr} \quad (\text{kJ/K}) \quad (27)$$

6.6.1. Entropinin artışı ilkesi

Evrende gerçekleşen bütün hal değişimleri, hareket, iş ve oluşlar entropiyi arttırmaktadır. Entropinin artma sebebi sistemde ve evrende var olan düzensizlik ve tersizmezliklerdir. Bir hal değişimi sırasında üretilen entropi, entropi üretimi olarak adlandırılır ve $S_{\text{üretim}}$ ile gösterilir.

$$S_{\text{üretim}} = \Delta S_{\text{toplaml}} = \Delta S_{\text{sistem}} + \Delta S_{\text{çevre}} \geq 0 \quad (\text{kJ/K}) \quad (28)$$

$$S_{\text{üretim}} = \Delta S_{\text{toplaml}} > 0 \quad (\text{Tersinmez hal değişimi durumunda}) \quad (29)$$

$$S_{\text{üretim}} = \Delta S_{\text{toplaml}} = 0 \quad (\text{Tersinir hal değişimi durumunda}) \quad (30)$$

$$S_{\text{üretim}} = \Delta S_{\text{toplaml}} < 0 \quad (\text{Gerçekleşmesi mümkün değil}) \quad (31)$$

6.6.1.1. Kapalı sistemler (Kontrol kütlesi) için entropinin artışı ilkesi

$$\Delta S_{\text{sistem}} = S_2 - S_1 = m \cdot (s_2 - s_1) \quad (\text{kJ/K}) \quad (32)$$

$$\Delta S_{\text{çevre}} = \sum \frac{Q_R}{T_R} \quad (\text{kJ/K}) \quad (33)$$

6.6.2. Entropi transferi

Entropinin sistemler arası transferi üç şekilde gerçekleşmektedir. Termodinamik kanunlarına göre entropi transferi ısı, iş ve kütle yolu ile gerçekleşebilmektedir.

6.6.2.1. Isı yolu ile entropi transferi

İki sistem arasında sıcaklık yüksek olandan düşük olana doğru kendiliğinden transfer olmaktadır. Bu arada ısıyla beraber entropide transfer olmaktadır.

$$S_{\text{ısı}} = \frac{Q}{T} \quad (34)$$

6.6.2.2. İş ile entropi transferi

İş yoluyla entropi transferi sifıra eşittir.

$$S_{iş} = 0 \quad (35)$$

6.6.2.3. Kütle akışı ile entropi transferi

Bir sisteme kütle girişi olduğu zaman, giren kütle için sahip olduğu entropi miktarı kadar bu sistem içerisine entropi transferi olmaktadır.

$$S_{kütle} = m \cdot s \quad (36)$$

6.6.2.4. Entropi dengesi

Termodinamik sistemlerdeki entropi değişimi aşağıdaki formülle ifade edilir,

(Sisteme Giren Entropi)-(Sistemden Çıkan Entropi)+(Toplam Entropi Üretimi)=(Sistemdeki Toplam Entropi Değişimi) [30].

$$S_{giriş} - S_{çıkış} + S_{üretilen} = \Delta S_{sistem} \quad (37)$$

6.6.3. Açık sistemler (Kontrol hacmi) için entropi dengesi

Kontrol hacmi için entropi dengesi şu şekilde ifade edilmektedir,

(Giren Entropi)-(Çıkan Entropi)+(Üretilen Entropi)=0 [33].

$$\dot{S}_{giren} - \dot{S}_{çıkan} + \dot{S}_{üretim} = 0 \quad (38)$$

6.7. Ekserji (Kullanılabilirlik)

Kullanılabilirlik, bir sistemin sahip olduğu enerji ile yapabileceği maksimum işi göstermektedir. Enerjinin kullanılabilir durumdaki değerli kısmı ekserji olarak tanımlanır. Enerji ise enerji akışı içerisindeki dönüştürülemez bölümü ifade eder. Termodinamik bakış açısından ekserji; bir referans çevreyle denge haline gelirken, bir sistem ya da madde veya enerji akışıyla üretilebilecek maksimum miktarda iş olarak tanımlanır. Ekserji, referans çevreye göre tamamen kararlı dengede olmamanın sonucu olarak, değişime neden olan akış ya da sistemin potansiyelinin bir ölçüsüdür. Enerjiden farklı olarak, ekserji; korunum yasasına uğramaz (ideal veya tersinir prosesler hariç olmak üzere). Ekserji daha çok, gerçek proseslerdeki tersinmezlikler nedeniyle, tüketilir ya da yok edilir. Bir proses boyunca ekserji tüketimi, prosesle ilişkili tersinmezlikler nedeniyle ortaya çıkan entropiyle orantılıdır [34].

6.7.1. Ölü hal

Ölü hal, sistemin çevresiyle termodinamik denge halidir. Ölü haldeyken sistem, çevre sıcaklığı ve basıncındadır. Sistem çevreyle ısı ve mekanik dengededir. Ölü haldeyken sistem çevreyle kimyasal reaksiyona girmez ve sistemin kullanılabilirliği sifıra eşittir [30].

6.7.2. Yararlı iş

Yararlı iş, gerçek iş ile çevre işi arasındaki farka eşittir [30].

$$W_y = W - W_{\text{çevre}} = W - P_0 \cdot (V_2 - V_1) \quad (\text{kJ}) \quad (39)$$

$$W = P_0 \cdot (V_2 - V_1) = m \cdot P_0 \cdot (v_2 - v) \quad (\text{kJ}) \quad (40)$$

W_y yararlı iş, W gerçek iş, $W_{\text{çevre}}$ çevre işi, P_0 çevre basıncı, $(V_2 - V_1)$ hacim değişimini göstermektedir.

6.7.3. Tersinir iş

Tersinir iş, bir sistemin, iki durum arasındaki hal değişimi sırasında üretebileceği maksimum yararlı iştir. Tersinir iş ile yararlı iş arasındaki fark tersinmezliği gösterir [30].

Tersinmezlik şu formülle hesaplanır,

$$I = W_{tr} - W_y = T_0 \cdot S_{\text{üretim}} \quad (\text{kJ}) \quad (41)$$

$$i = w_{tr} - w_y = T_0 \cdot s_{\text{üretim}} \quad (\text{kJ/kg}) \quad (42)$$

Bir hal değişimi sırasında birim zamanda oluşan tersinmezlik,

$$\dot{I} = \dot{W}_{tr} - \dot{W}_y = \dot{T}_0 \cdot \dot{S}_{\text{üretim}} \quad (\text{kW}) \quad (43)$$

Sistem iki durum arasında tersinmez bir hal değişimi gerçekleştirir ise tersinmezlik sifıra eşit olur. O zaman tersinir iş yararlı işe eşit olur.

6.7.4. Fiziksel ekserji

Fiziksel ekserjiyi değiştiren iki faktör sıcaklık ve basınçtır. Sıcaklık ve basınç koşulları değiştiği zaman maddenin fiziksel ekserjisi değişmektedir [23].

6.7.5. Kimyasal ekserji

Kimyasal ekserji, maddenin çevre koşullarından ölü hale gelinceye kadar gerçekleşen süreçten elde edilebilecek maksimum iş olarak ifade edilebilir [12]. Farklı kompozisyonlardaki maddelerin kimyasal ekserjileri çoğunlukla çevredeki görünen bileşenlerle ilişkilidir

6.7.6. Ekserji transferi

Ekserji transferi üç şekilde gerçekleştirilebilir. Termodinamik kanunlarına göre, ekserji transferi ısı, iş ve kütle yolu ile gerçekleşebilmektedir.

6.7.6.1. Isı ile ekserji transferi

İki sistem arasında ısı geçişi halinde, ısıyla beraber ekserji geçişi de olmaktadır [6].

$$A_Q = \left[1 - \left(\frac{T_0}{T}\right)\right] \cdot Q \quad (44)$$

6.7.6.2. İş ile ekserji transferi

İş ile gerçekleştirilen ekserji geçişi yararlı işe eşittir. Hacim değiştiren kapalı sistemlerde ekserji transferi iş ile çevre işinin farkına eşittir. Bunun dışındaki diğer işlerde işin kendisine eşittir [31].

$$A_W = W_y = W - W_{\text{çevre}} \text{ (Sınır işi için),} \quad (45)$$

$$W_{\text{çevre}} = P_0 \cdot (V_2 - V_1) \quad (46)$$

$$A_w = W \text{ (Diğer biçimlerdeki iş)} \quad (47)$$

6.7.6.3. Kütle ile ekserji transferi

Bir sisteme kütle girişi olduğu zaman, giren kütlelerin sahip olduğu ekserji miktarı kadar bu sistem içerisine ekserji transferi olmaktadır.

$$A_M = m \cdot \psi \quad (48)$$

6.7.7. Ekserji yıkımı

Ekserji yıkımı sistem içerisinde üretilen entropi ile sıcaklığın çarpımına eşittir. Ekserji yıkımı sistem içerisindeki tersinmezlikler ve entropi üretiminden kaynaklanmaktadır. Bir prosesdeki ekserji yıkımı daima sıfır ve sıfırdan büyüktür. Ekserji yıkımının sıfırdan küçük olması mümkün değildir. Sıfıra eşit olması gerçekte mümkün değildir. Çünkü gerçek bütün proseslerde daima bir entropi üretimi söz konusudur [31].

$$\dot{E}x_{\text{yıkım}} = T_0 \cdot S_{\text{üretilen}} \geq 0 \quad (49)$$

$$\dot{E}x_{\text{yıkım}} = 0 \text{ (Tersinir Proseslerde)} \quad (50)$$

$$\dot{E}x_{\text{yıkım}} > 0 \text{ (Tersinmez Proseslerde)} \quad (51)$$

$$\dot{E}x_{\text{yıkım}} < 0 \text{ (İmkânsız)} \quad (52)$$

6.7.8. Ekserji dengesi

Bir sistemdeki ekserji değişimi sisteme giren toplam ekserji ile sistemden çıkan toplam ekserji ve sistemdeki ekserji yıkımının farkına eşittir [31].

(Toplam Ekserji Girişi) - (Toplam Ekserji Çıkışı) - (Toplam Ekserji Yıkımı) =
(Sistemdeki Toplam Ekserji Değişimi)

$$\dot{E}_{x_{giris}} - \dot{E}_{x_{cikis}} - \dot{E}_{x_{yikim}} = \Delta \dot{E}_{x_{sistem}} \quad (53)$$

6.8. Enerji Ve Ekserji Modellenmesi

Mevcut enerjinin verimli ve etkin kullanılmasının sağlanması, enerjinin kalitesinin ve büyüklüğünün göz önüne alınması gereklidir. Bu bakımdan enerjinin büyüklüğü ile ilgilenen termodinamiğin birinci kanununa göre enerji yoktan var edilemez ve var olan enerjide yok olmaz. Oysa ikinci kanunda enerjinin kalitesi ile de ilgilidir. Burada kalitenin anlamı belli bir enerji kaynağının yeteneği ya da iş yapabilme potansiyelidir. Birinci ve ikinci kanun verimleri genellikle enerji ve ekserji verimleri diye tanımlanır. Ekserji verimleri genellikle enerji veriminden daha düşük çıkar. Çünkü tersinmezliğin yıkım sürecinde bazı ekserji girişleri oluşur. Ekserji ifadesi tersinmez bir sistemin entropinin oluşumundan dolayı enerjinin kabiliyetinin yitirmesidir. Sistemin ekserji kaybı veya sistemin bileşeni çevrenin mutlak sıcaklığı tarafından türetilen entropi artışıdır. Entropi bir cismin mutlak sıcaklığı tarafından ısı emilen oranıdır ki bu oranda enerji korunurken ekserji artmaktadır. Ekserji analizi bir cismin referans durumundan maksimum güç elde etmemizi değerlendirebilmemizi göstermek için bir metot sağlar [35].

6.8.1. Genel ilişkiler

Genel bir kararlı durumda, kararlı akışta sürecinde iş ve ısı etkileşimleri, ekserji azalma, tersinmezlik oranı, enerji ve ekserji verimliliği oranı bulmak için dört denge denklemi (kütle, enerji, entropi ve ekserji) uygulanır [35].

6.8.1.1. Kütle, enerji, entropi ve ekserji dengeleri

$$\sum \dot{m}_{in} = \sum \dot{m}_{out} \quad (54)$$

Burada \dot{m} akış hızıdır. Genel enerji dengesi giren ve çıkan enerji eşitliklerine göre şu şekilde yazılabilir,

$$\sum \dot{E}_{in} = \sum \dot{E}_{out} \quad (55)$$

Elektrik, manyetizma, yüzey gerilimi ve nükleer reaksiyon, yokluğunda sistemin toplam ekserjisi \dot{E}_x dört bileşene bölünebilir, \dot{E}^{PH} fiziksel ekserji, \dot{E}^{KH} kinetik ekserji, \dot{E}^{PT} potansiyel enerji, \dot{E}^{CH} kimyasal ekserji.

$$\dot{E}_x = \dot{E}^{PH} + \dot{E}^{KH} + \dot{E}^{PT} + \dot{E}^{CH} \quad (56)$$

Ekserji geniş özellikli olmasına rağmen, genellikle kütle veya moleküler olarak bir birim üzerinde çalışmak için uygundur. Bir kütle olarak toplam spesifik ekserji aşağıdaki gibi yazılabilir,

$$ex = ex^{PH} + ex^{KH} + ex^{PH} + ex^{CH} \quad (57)$$

Genel enerji dengesi şu şekilde yazılabilir,

$$\sum \dot{E}x_{in} - \sum \dot{E}x_{out} = \sum \dot{E}x_{dest} \quad (58)$$

veya

$$\dot{E}x_{heat} - \dot{E}x_{work} + \dot{E}x_{mass,in} - \dot{E}x_{mass,out} = \dot{E}x_{dest} \quad (59)$$

İle

$$\dot{E}x_{heat} = \sum (1 - \frac{T_0}{T_K}) \dot{Q}_K, \quad (60)$$

$$\dot{E}x_{work} = \dot{W}, \quad (61)$$

$$\dot{E}x_{mass,in} = \sum \dot{m}_{in} \psi_{in}, \quad (62)$$

$$\dot{E}x_{mass,out} = \sum \dot{m}_{out} \psi_{out}, \quad (63)$$

Burada \dot{Q}_K sistemin sınırlarından geçen ısı transferi, T_K ortam sıcaklığını gösterir.

Akışın ekserjisi (özelliği) şu şekilde hesaplanır;

$$\psi = (h - h_0) - T_0(s - s_0), \quad (64)$$

Burada h entalpiyi, s entropiyi ve alt indis 0 ise P_0 ve T_0 durumundaki ölü hal durumlarını göstermektedir [35].

Entropi dengesi aşağıdaki gibi yazılabilir,

$$\dot{S}_{in} + \dot{S}_{out} + \dot{S}_{gen} = 0, \quad (65)$$

Burada entropi oranları \dot{Q}_K / T_K oranında ısı transferi tarafından ve kütle akış oranı \dot{m} ise;

$$\dot{S}_{heat} = \dot{Q}_K / T_K \text{ ve } \dot{S}_{mass} = \dot{m}s \quad (66)$$

Sisteme ısı akışı pozitif olarak alınır. Genel entropi ilişkisi oranı tekrar değerlendirildiğinde aşağıdaki eşitlik yazılabilir,

$$\dot{S}_{heat} = \sum \dot{m}_{out} s_{out} - \sum \dot{m}_{in} s_{in} - \sum \dot{Q}_K / T_K, \quad (67)$$

Ayrıca, genellikle \dot{S}_{gen} bulmak için öncelikli olarak ve ekserji yıkımı veya tersinmezlik oranı \dot{I} aşağıda ki denklemde yazılırsa,

$$\dot{I} = \dot{E}x_{dest} - T_0 \dot{S}_{gen} \quad (68)$$

Sıkıştırılmaz bir madde (örneğin su) özellikli ekserji (akış ekserjisi) şu şekilde verilir;

$$\psi_w = C (T - T_0 - T_0 \ln \frac{T}{T_0}) \quad (69)$$

Havanın toplam ekserji akışı aşağıdaki denklemle hesaplanır,

$$\psi_{a,t} = (C_{p,a} + w C_{p,v}) T_0 \left[\left(\frac{T}{T_0} \right) - 1 - \ln \frac{T}{T_0} \right] + (1 + 1.6078w) R_a T_0 \ln(P/P_0) + R_a T_0 \frac{(1 + 1.6078w) \ln[(1 + 1.6078w_0)]}{(1 + 1.6078w) + 1.6078w \ln(w/w_0)} \quad (70)$$

Burada özel nem oranı ise,

$$w = \dot{m}_v / \dot{m}_a \quad (71)$$

Havayı mükemmel gaz olarak düşünürsek özel fiziksel ekserji aşağıdaki gibi hesaplanır,

$$\psi_{a,t} = C_{p,a} (T - T_0) \ln \frac{T}{T_0} + R_a T_0 \ln(P/P_0) \quad (72)$$

6.8.1.2. Eksergetik gelişme potansiyeli

Bir sistemin veya prosesin ekserji verimindeki maksimum gelişimi için ekserji kaybının veya tersinmezliğin minimum olması gereklidir. Ekserjik gelişim potansiyelinin analiz edilmesi ekonominin farklı sektörlerinde veya değişik proseslerdeki uygulamalarda çok kullanışlı bir çalışma konseptidir. Bu gelişme potansiyeli oranı İPolarak gösterilirse,

$$\dot{I}P = (1 - \varepsilon)(\dot{E}x_{in} - \dot{E}x_{out}) \text{ şeklinde ifade edilir [35].} \quad (73)$$

6.8.1.3. Termodinamik parametreler

Yenilenebilir enerji kaynaklarının termodinamik analizi de aşağıdaki parametreler kullanılarak yapılabilir [35].

Yakıt tüketim oranı

$$\delta = \frac{\dot{I}_i}{\dot{F}_T} \quad (74)$$

Nispi tersinmezlik

$$X_T = \frac{\dot{I}_i}{\dot{I}_T} \quad (75)$$

Verim kaybı

$$\xi = \frac{\dot{I}_i}{\dot{P}_T} \quad (76)$$

Ekserji faktörü

$$f = \frac{\dot{F}_i}{\dot{F}_T} \quad (77)$$

6.8.2. İkinci kanun verimi

Termodinamiğin ikinci kanun verimi her iki şekilde aşağıdaki formüllerle ifade edilmektedir [35].

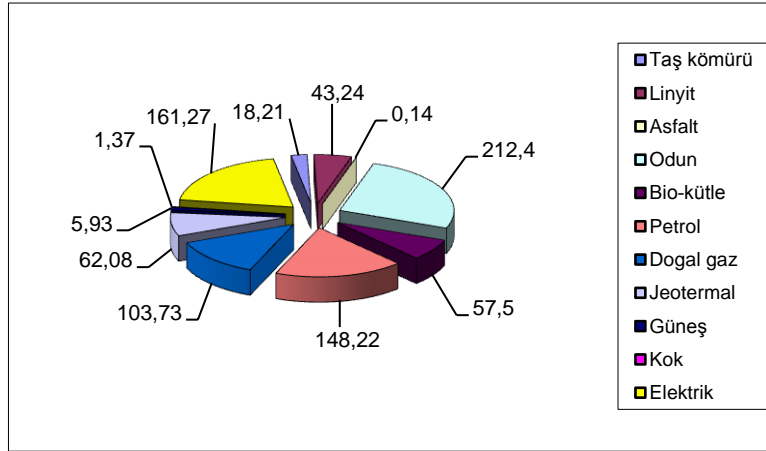
$$\varepsilon_{ekserji} = \frac{\text{Sistemden alınan kullanılabilirlik}}{\text{Sisteme verilen kullanılabilirlik}} \quad (77)$$

$$\varepsilon_{ekserji} = 1 - \frac{\text{Tersinmezlik}}{\text{Sisteme verilen kullanılabilirlik}} \quad (79)$$

7.ELEKTRİKLİ EV ALETLERİNİN TERMODİNAMİK ANALİZİ

7.1. Konut Sektörünün Enerji Ve Ekserji Kullanım Verimliliklerinin Analizi

Konut sektöründe kullanılan enerji her geçen gün artmasına rağmen, genel enerji talebindeki payı sürekli azalmaktadır. 2000 yılı verileri dikkate alındığında konut sektöründe tüketilen enerji, nihai enerji tüketiminin % 34'ü, toplam enerji girdisinin ise % 23,08'i bu sektörde kullanılmaktadır (Utlü.Z and Hepbaşlı. A, 2003). Şekil 7.1'de konut ve hizmetler sektöründe kullanılan enerji taşıyıcılarının dağılımı görülmektedir. Konut ve hizmetler sektöründe kullanılan enerji içerisinde yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının payı % 41 ile en yüksektir. Bu grupta özellikle odun, hayvan ve bitki artıkları yenilenebilir enerji kaynakları sınıfına girmektedir. Yeni ve alternatif enerji kaynaklarından jeotermal ve güneş enerjisinin kullanımı her geçen gün artmaktadır.



Şekil 7.1: 2000 yılı Türk konut-hizmetler sektöründe kullanılan enerji dağılımı (PJ)

Çizelge 7.1. 2012 yılı Türkiye konut - hizmetler sektöründe enerji ve ekserji kullanımı

Konut Hizmetler		Girdi (PJ)	Kaynak (%)	Sektör (%)	Türkiye (%)
Taş kömürü	Enerji	18,21	4,68	2,24	0,52
	Ekserji	18,75		2,42	0,54
Linyit	Enerji	43,24	8,09	5,31	1,23
	Ekserji	44,97		5,80	1,30
Asfaltit	Enerji	0,14	36,36	0,018	0,004
	Ekserji	0,15		0,019	0,004
Odun	Enerji	212,40	100,00	26,09	6,02
	Ekserji	223,02		28,75	6,43
Bio-kütle	Enerji	57,50	99,99	7,06	1,63
	Ekserji	60,38		7,78	1,74
Petrol	Enerji	148,22	10,30	18,21	4,20
	Ekserji	146,73		18,92	4,23
Doğal gaz	Enerji	103,73	18,15	12,24	2,94
	Ekserji	95,43		12,30	2,75
Jeotermal	Enerji	62,08	95,78	7,63	1,76
	Ekserji	18,00		2,32	0,52
Güneş	Enerji	5,93	62,97	0,73	0,17
	Ekserji	5,52		0,711	0,16
Kok	Enerji	1,37	6,51	0,17	0,038
	Ekserji	1,44		0,19	0,041
Elektrik	Enerji	161,27	35,86	19,81	4,57
	Ekserji	161,27		20,79	4,65
Toplam	Enerji	814,10		100,00	23,08
	Ekserji	775,67		100,00	22,36

Bununla birlikte bu sektörde kullanılan elektrik enerjisi tüketimi 1990 yılında, % 10 iken, 2000 yılında % 19,81'e çıkmıştır. Aynı durum doğal gazın kullanımı içinde geçerlidir. 1990 yılında % 0,3 olan doğalgaz tüketim payı, 2000 yılında % 12,24'e çıkmıştır (Utlü.Z and Hepbaşlı. A, 2003). Çizelge 7.1'de Konut - hizmetler sektöründe 2000 yılında kullanılan enerji ve ekserji miktarları verilmiştir.

Konut - hizmetler sektöründe enerji girdisi konut ısıtma, su ısıtma, pişirme ve elektrik tüketimi olarak kullanılmaktadır.

7.1.1. Konut ısıtma

Bu sektöre giren fosil yakıtların % 45-48'i, elektrik enerjisinin ise % 2-3'ü mesken ısıtma amaçlı olarak kullanılmaktadır. Konutlarda kullanılan ısıtma sistemi ve yakıt tercihleri 1998 Konutlarda enerji tüketimi (DİE, 2002) ve 2000 yılı bina sayım istatistiklerinden belirlenmiştir (DİE, 2003). 2000 yılını içeren değerler Çizelge 7.2'de verilmiştir.

Çizelge7.2. 2012yılı Türkiye konut ısıtma sistemi ve yakıt tercihleri (%)

Konut ısıtma						
	Kömür	Fuel-oil	Doğal gaz	Odun	Diğer	Toplam
Merkezi kalorifer	60	22	18	-	-	2,5
Kalorifer	39	25	36	-	-	5,3
Kat kaloriferi	-	4	94	-	1	4,3
Soba	72,67	0,8	3,5	19	0,57	84,1
Toplam						100

Türkiye'de 2000 yılında toplam 11.549.739 konut bulunmaktadır. Bu konutların % 84,1'i sobalar tarafından ısıtılmaktadır. Sobalarla ısıtılan sistemlerin % 72,67'si kömür kullanılmaktadır. % 19'luk kısmı odun kullanılmaktadır. Odun kullanımının, kışları ılık geçen bölgelerle birlikte köylerde yaygın olarak kullanıldığı bu çalışma için yapılan araştırmada belirlenmiştir.

Konut ısıtma amaçlı kullanılan enerji girdilerinin enerji ve ekserji kullanım verimliliği belirlenirken, öncelikle yakıtların birinci kanun verimlilikleri istenilen sıcaklığa göre tespit edilmiştir. İkinci kanun verimliliği ise aşağıdaki eşitlik kullanılarak belirlenmiştir.

$$\varepsilon_2 = \left(\frac{\varepsilon_1}{q_{fuel}} \right) \left\{ 1 - \left[\frac{T_o}{T_2 - T_o} \right] \ln \left(\frac{T_2}{T_o} \right) \right\} \quad (7.1)$$

Burada, q_{fuel} yakıtın nitelik faktörüdür ve yaklaşık 0.99 alınmaktadır. T_o ; 19°C'deki ortam sıcaklığıdır. T_2 ; 50°C'deki sistem sıcaklığı olarak alınmıştır (Rosen et al., 1995; İleri vd., 1993). Yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen birinci ve ikinci kanun verimlilikleri Çizelge 7.3'de verilmiştir.

Çizelge 7.3. Konut ısıtma amaçlı kullanılan yakıtların 1.ve2.kanun verimlilikleri

Yakıtlar	Verimlilikler	
	ϵ_1 (%)	ϵ_2 (%)
Enerji Taşıyıcısı		
Kömür (soba)	45	3,2
Kömür	50	3,6
Fuel-oil	65	4,9
Doğal gaz	84	6,3
L.P.G.	90	7,4
Elektrik	98	7,3
Odun	35	2,5
Jeotermal	55	5,33
Kuru tezek	35	2,5
Toplam Verimlilikler (%)	50,32	3,54

Elde edilen değerlere göre, ısıtma amaçlı en yüksek enerji verimliliği % 98 ile elektrikli ısıtma araçlarına aittir. Bu grubun enerji verimliliği de % 7,3 olarak belirlenmiştir. Ancak, elektrik üretiminin büyük bir bölümünün fosil kaynaklardan elde edildiği göz önünde bulundurulursa bu değerlerin gerçek değerlerden uzak olduğu görülmektedir. Konut ısıtma amaçlı yakıtların düşük nitelikli enerji kaynaklı olması, sistemin verimliliği ve enerjinin etkin kullanımı açısından tercih edilebilir olmaktadır.

2012 yılı için konut ısıtma amaçlı sistemde kullanılan enerji ve ekserji verimliliklerini Eşitlik 7.2 ve 7.3'ü kullanarak bulabiliriz. Yapılan hesaplamalarda konut ısıtma amaçlı enerji ve ekserji kullanım verimlilikleri sırası ile % 50,32 ve % 3,54 olarak bulunmuştur (Utlü.Z and Hepbaşlı. A, 2003).

$$\epsilon_{1,o} = [(a_1 * \epsilon_{11}) + (a_2 * \epsilon_{12}) + (a_3 * \epsilon_{13}) + \dots + (a_9 * \epsilon_{19})]/100 \quad (7.2)$$

$$\epsilon_{2,o} = [(a_1 * \epsilon_1) + (a_2 * \epsilon_2) + (a_3 * \epsilon_3) + \dots + (a_9 * \epsilon_9)]/100 \quad (7.3)$$

Burada, $\epsilon_{1,o}$ = toplam enerji kullanım verimliliğini, $\epsilon_{11} \dots \epsilon_{19}$ ilgili sistemin enerji kullanım verimliliğini, a sistemin enerji kullanım miktarını gösterir.

7.1.2. Su ısıtma

Su ısıtma amaçlı ısıtma sistemi ve yakıt tercihlerini Çizelge 7.4' de verilmiştir. Bu çizelgeye göre LPG ve gaz % 42,6 ile en büyük paya sahiptir. Soba % 33,6 ile ikinci tercih edilen sistemdir. Güneş enerjisinin kullanımının yaygınlaşmasına rağmen %

10,1 düzeyinde olması, çok yüksek bir güneş enerjisi potansiyeline sahip Türkiye için olumsuz bir göstergedir.

Çizelge 7.4. Su ısıtma sistem ve yakıt tercihleri (%)

Su ısıtma	2000				
	Soba	Güneş	Elektrik	Gaz, LPG ve kombi	Diğer
	33,6	10,1	7,8	42,6	5,9

2000 yılında bu sektöre giren fosil yakıtların yaklaşık % 35'i, elektrik kullanımının ise % 4'ü su ısıtma amaçlı kullanılmaktadır. Birinci kanun verimliliği en düşük kuru tezekte % 27 iken, ikinci kanun verimliliği Eşitlik (7.1)'e göre hesaplanmaktadır. Elde edilen değerler Çizelge 7.5'te sunulmuştur.

Su ısıtmada, sıcak su ve atmosfer sıcaklıkları 60 °C ve 20 °C kabul edilmiştir. Bu sektörde kullanılan enerji taşıyıcılarının ikinci kanun verimlilikleri yakıtların kullanım oranlarına bağlı olarak Eşitlik (7.2) ve (7.3)'e göre hesaplanarak % 59,4 ve % 6,6 bulunmuştur.

Çizelge 7.5. Su ısıtma amaçlı kullanılan yakıtların birinci ve ikinci kanun verimlilikleri

Enerji Taşıyıcısı	ϵ_1 (%)	ϵ_2 (%)
Doğal gaz	80	9,6
L.P.G.	80	9,7
Elektrik	90	10,8
Odun	30	3,4
Kuru tezek	27	3,1
Gaz yağı	60	7,3
Güneş	30	3,9
Şehir gazı	80	10,4
Toplam Verimlilik (%)	59,43	6,59

7.1.3. Pişirme

Pişirme amaçlı kullanılan sistemler ve yakıt tercihleri incelendiğinde, Çizelge 7.5'da görüldüğü gibi % 91,7 ile LPG en yüksek paya sahiptir. Doğal gaz kullanımını % 7,5 olmasına rağmen sürekli bir artış eğilimi içerisinde dir.

Çizelge 7.6. 2012 yılı Türkiye Pişirme sistem ve yakıt tercihleri (%)

Pişirme	LPG	Doğal gaz	Soba	Elektrik
	91,7	7,5	0,3	0,3

Pişirme amaçlı kullanılan yakıtlar, sisteme giren yakıtların % 25'ini oluşturmaktadır. Konut ve hizmetler sektöründe kullanılan elektriğin ise % 2'si bu amaçlı kullanılmaktadır.

Pişirme amaçlı kullanılan yakıtların birinci kanun verimlilikleri literatürden belirlenmiş olup Çizelge 7.6'de gösterilmiştir. İkinci kanun verimlilikleri ise, Eşitlik (7.4) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_1 \left[1 - \left(\frac{T_0}{T_2} \right) \right] \quad (7.4)$$

Pişirme sıcaklığı 120 °C atmosfer sıcaklığı 20 °C kabul edilmiştir. Bulunan değerler Çizelge 7.7'de gösterilmiştir. Burada, en yüksek ekserji verimliliğinin elektrik olduğu görünse de, elektriğin elde edilmesindeki ekserji kayıpları dikkate alındığında bu değer % 5,1 olarak gerçekleşmektedir.

Çizelge 7.7. Pişirme amaçlı kullanılan yakıtların verimlilikleri (%)

Pişirme		
Enerji Taşıyıcısı		
	ε_1 (%)	ε_2 (%)
Doğal gaz	50	10,7
L.P.G.	50	10,8
Elektrik	80	17,2
Odun	22	4,5
Kuru tezek	20	4,1
Şehir gazı	90	11,7
Toplam verimlilik	50,22	10,84
Tüm yakıtlar	53,03	6,28

Pişirme amaçlı kullanılan yakıtların toplam verimliliği Eşitlik (7.2) ve (7.3) kullanılarak bulunmaktadır. 2000 yılı için pişirme amaçlı birinci ve ikinci kanun verimlilikleri sırası ile % 50,22 ve % 10,84 bulunmuştur.

Konut ve hizmetler sektöründe konut ısıtma , su ısıtma ve pişirme amaçlı kullanılan yakıtların toplam birinci ve ikinci kanun verimlilikleri aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\varepsilon_{1,of} = (f_{sh} * \varepsilon_{1sh,f}) + (f_{wh} * \varepsilon_{1wh,f}) + (f_c * \varepsilon_{1c,f}) / 100 \quad (7.5)$$

$$E_{2,of} = (f_{sh} * E_{2sh,f}) + (f_{wh} * E_{2wh,f}) + (f_c * E_{2c,f}) / 100 \quad (7.6)$$

Burada f = kullanılan enerji miktarının payını göstermektedir. Yapılan hesaplama sonucunda 2000 yılı için enerji kullanım verimliliği % 53,03, ekserji kullanım verimliliği ise % 6,28 olarak bulunmuştur.

7.1.4. Elektrik kullanımı için verimlilik değerleri

Elektrik enerjisi çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları, aydınlatma, soğutma, televizyon, çamaşır makinesi, ütü, pişirme, ısıtma, bilgisayar ve klima sistemleridir.

Konut - hizmetler sektörüne giren toplam enerjinin % 19,81'i elektrik enerjisinden oluşmaktadır. Elektrik enerjisinin kullanım payları, kullanım etkinliklerine göre Çizelge 7.8'de gösterilmiştir.

Burada; elektrik en büyük tüketimi % 40 ile buzdolabı tarafından yapılmaktadır. Aydınlatma % 35 ile ikinci sırada yer almaktadır. Toplumun sosyo-ekonomik kalkınma düzeyine bağlı olarak elektrikli aletlerin kullanım payları her geçen gün artmaktadır.

Çizelge 7.8. 2000 yılı Türkiye'sinde konutlarda elektrik enerjisi kullanım payları

Elektrik Kullanım Amacı	Enerji (%)	Ekserji (%)
Aydınlatma	35	35
Akkor flamanlı	70	70
Fluoresan	30	30
Buzdolabı	40	40
Su ısıtma	4	4
Pişirme	3	3
Mesken ısıtma	2	2
Çamaşır makinesi	2	2
Süpürge	1	1
Klima	2	2
Televizyon	6	6
Ütü	1	1
Diğerleri	4	4
Toplam	100	100

Ayrıca, elektrikli aletlerin konutlarda bulunma oranları Çizelge 7.9'da gösterilmiştir. Doğunluk miktarı 1998 konutlarda enerji tüketimi istatistikleri temel alınarak 2000 yılına projelendirilmiştir.

Çizelge 7.9. Konutlarda elektrikli aletlerin doğunluk değeri (2012)

Elektrikli aletler	Bulunma oranların (%)
Aydınlatma	100
Akkor flamanlı	70
Fluoresan	30
Buzdolabı	98,15
Televizyon	97,15
Çamaşır makinesi	82,15
Bulaşık makinesi	15,20
Elektrik süpürgesi	78,19
Klima	3,75
Kuru temizleme	92,70
Elektrikli fırın	80,42
Saç kurutma makinesi	82,20

7.1.4.1. Aydınlatma

2000 yılında aydınlatma amaçlı kullanılan elektrik miktarı toplam elektrik tüketiminin % 35' ini oluşturmaktadır (DPT Komisyon raporu 2001). Elektrik enerjisi tüketimi her konut için yaklaşık olarak 175 kWh olarak belirlenmiştir. Aydınlatmada kullanılan sistemlerin % 70'i akkor flamanlı lambalardan oluşurken % 30'luk kısmı floresan lambalardan oluşmaktadır.

Floresan lambaların, birinci ve ikinci kanun verimlilikleri sırası ile % 20 ile % 18,5'dir. Akkor flamanlı lambalarda ise verimlilikler % 5 ve % 4,5 dir.

7.1.4.2. Buzdolabı

Bu sektörde kullanılan elektrik miktarının % 40'lık kısmı soğutma amaçlı kullanılmaktadır. Yeni, teknoloji ürünü dolapların elektrik tüketimi sürekli azalmaktadır. Soğutma amaçlı ikinci kanun verimliliği; aşağıdaki eşitlik kullanılarak bulunmektedir.

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_1 \left[\left(\frac{T_0}{T_3} \right) - 1 \right] \quad (7.7)$$

Buzdolabındaki iç ortam sıcaklığı $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ olarak varsayılmaktadır. Ayrıca COP değeri 1.0 kabul edilmiştir. Bununla birlikte iç ortam sıcaklığı $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ olarak belirlenmiştir. Bu veriler ışığı altında ikinci kanun verimliliği % 10,5 olarak bulunmuştur.

7.1.4.3. Su ısıtma

2000 yılında sektörde kullanılan toplam elektriğin % 4'ü su ısıtma amaçlı kullanılmaktadır. Su ısıtma amaçlı elektriğin kullanım için birinci kanun verimliliği % 90 varsayılmıştır. Sıcak su ve atmosfer sıcaklığı $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ olarak alınmıştır. (Nitelik faktörü $q_{fuel=1}$ dir.) ikinci kanun verimliliği Eşitlik (7.1) kullanılarak % 10,8 olarak belirlenmiştir.

7.1.4.4. Pişirme

Sektörde kullanılan elektriğin % 4'ü özellikle elektrikli fırınlarda pişirme amaçlı kullanılmaktadır. Birinci kanun verimliliği % 80 olarak literatürden bulunmuştur. Pişirme ve atmosfer sıcaklığı 120 ve $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ olarak alınmıştır. Eşitlik (7.4) kullanılarak ikinci kanun verimliliği % 10,8 bulunmuştur.

7.1.4.5. Konut ısıtma

Mesken ısıtmada % 2-3 oranında elektrik kullanılmaktadır. Birinci kanun verimliliği % 98 olarak kabul edilmiştir. İkinci kanun verimliliği % 7,3 olarak belirlenmiştir. Mesken ısıtma cihaz sıcaklığı $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, ortam sıcaklığı $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'dir.

7.1.4.6. Klima

Ülkemizde kullanımı sürekli yaygınlaşmakta olan klimalar için COP değeri 2 olarak alınmıştır. Dış ortam sıcaklığı $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ iken üniteden çıkan sıcaklık $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ olarak alınmıştır.

Eşitlik (7.7) kullanılarak ikinci kanun verimliliği % 14 olarak bulunmuştur.

Çizelge 7.10. Elektrikli aletlerin enerji ve ekserji kullanımı

verimlilik değerleri	2000	
	$\varepsilon_1(\%)$	$\varepsilon_2(\%)$
Elektrikli aletler		
Aydınlatma	9,5	8,7
Akkor flamanlı	5	4,5
Fluoresan	20	18,5
Buzdolabı	100	10,6
Su ısıtma	90	10,8
Pişirme	80	17,2
Mesken ısıtma	98	7,3
Çamaşır makinesi	80	80
Süpürge	70	70
Klima	200	14
Televizyon	80	80
Ütü	98	30
Diğerleri	70	65
Toplam	66,1	18,6

Konut ve hizmetler sektöründe kullanılan, diğer elektrikli aletlerin birinci kanun verimlilikleri literatürden belirlenerek, ikinci kanun verimlilikleri bulunmuştur. Çizelge 7.10'da gösterilmiştir. Sektörün elektrik kullanım verimlilikleri sırası ile $\varepsilon_1 = 66,2$ ve $\varepsilon_2 = 18,7$ olarak tespit edilmiştir.

7.1.5. 2000 yılı enerji ve ekserji kullanım verimlilikleri

2000 yılı için konut ısıtma, su ısıtma, pişirme ve elektrikli aletlerin kullanımı amacı ile bu sektöre giren enerji taşıyıcılarının birinci ve ikinci kanun verimlilikleri bulunmuştur.

Tüm sektörüm birinci ve ikinci kanun verimlilikleri Eşitlik. (7.8) ve (7.9) kullanılarak belirlenmiştir.

$$\varepsilon_{1,orc} = \frac{(\varepsilon_{1e} * e_{rc} + \varepsilon_{1of} * f_{erc})}{(e_{rc} + f_{erc})} \quad (7.8)$$

$$\varepsilon_{2,orc} = \frac{(\varepsilon_{2e} * e_{rc} + \varepsilon_{2of} * f_{erc})}{(e_{rc} + f_{erc})} \quad (7.9)$$

Burada ε_{1e} elektrik kullanımının enerji verimini, e_{rc} = elektrik kullanım miktarını ε_{1of} = yakıt kullanımının enerji verimini f_{erc} = yakıt kullanım miktarını gösterir. 2012 yılı için elde edilen değerler ile yapılan hesaplamalarda; birinci kanun verimliliği için ε_1 = % 55,6 ikinci kanun verimliliği için ε_2 = % 8,9 bulunmuştur.

7.2. Konut Isıtma-Pişirme Ve Su Isıtma İçin Yakıt Tüketim Tahminleri

Yukarıda “Isı yükü / Konut birimi” ve ticari idari binaların ısı yükü belirlenmiştir. Mekan ısıtmada, tüketilecek yakıtın miktarının belirlenmesi için, binaların ısı yükünün yanı sıra yakıt sistemlerinin belirlenmesine ve bu sistemlerde kullanılan yakıtların cinsine de gereksinim vardır. Gerekli olan bilgiler, 1985, 1990, 1995 ve 2012 yılı nüfus sayım istatistiklerinden elde edilebilir. Özellikle 1998 yılında D.İ.E tarafından yapılan “Konutlarda enerji tüketim istatistikleri “ referansında elde edilen değerler, bu konuda yapılmış ayrıntılı bir araştırmadır. Mekân ısıtma için yakıt tüketim tahmin metotları literatürden araştırılmıştır. Bunlardan bir tanesi seçilmiştir. Bu metotlar merkezi ısıtma ya da bireysel ısıtmada kullanılmıştır. Kısmi ısıtmada kullanılan sobalar ile ilgili bilgiler kaynak taraması ile elde edilmiştir. Sobaların ısıtmada kapasiteleri ve verimlilikleri belirlenmiştir.

Su ısıtma ve pişirme için tahmin edilen yıllık yakıt tüketim metotları literatürlerin yardımı yolu ile belirlenmiştir. Pişirme ve su ısıtmada, konutlarda kullanılan yakıt tercihleri 1998 yılı “Konutlarda enerji tüketim istatistiklerinden, belirlenerek 2012 yılına projelendirilmiştir.

7.2.1. Konut birimlerinin ısıtma sistemi ve yakıt tercihleri

1985, 1990, 1995 ve 2010 yılı nüfus sayımları ile birlikte 1998 yılı enerji tüketim istatistiklerinden her il için konut birimlerinin ısıtma sistemleri ve yakıt tercihleri belirlenmiştir. Isıtma sistemleri için belirlenen ısıtma seçenekleri; merkezi kaloriferli % 2,5, kaloriferli % 5,3, kat kaloriferli % 4,3, sobalı % 84,1 ve % 3,5 karma olarak belirlenmiştir. Yakıt seçenekleri ise; kaloriferli sistemlerde fuel oil % 24,9, kömür % 39, doğal gaz % 39. Sobalı sistemlerde ise kömür % 72,67 ile en çok tercih edilen yakıt sistemi iken, diğerleri; elektrik % 3,46, gaz % 0,78, odun % 18,99, doğal gaz % 0,8, LPG % 2,70 ve % 2,70 diğerlerinden oluşmaktadır.

Konut birimlerinin ısıtma sistemleri ve yakıt tercihi çizelgeleri 2012 yılı için sunulmuştur.

7.2.2. Konut ısıtmada yıllık yakıt tüketim varsayımları

Konut birimleri tarafından mesken ısıtmada kullanılan soba mutfak ve merkezi ısıtma sistemlerinin kullanım frekansları Ek Çizelge 7.11’de gösterilmiştir. 1998 ve 2000 yılı verilerine dayanılarak, merkezi ısıtma sistemi ile ısıtılan konut birimlerinin

payının % 15,9, sobalı sistemlerinin payının da % 84,1 olduğu bilinmektedir. Bununla birlikte yapılan projeksiyonlarda, 2012 yılı için bina ve konut sayıları ve bunların yakıt sistemi tercihleri bilinmektedir. Türkiye'nin demografik yapısı incelendiğinde köyden kente göç hızının devam edeceği ve kentlerde yaşamın gecekondulardan apartman sistemine dönüşeceği görülmektedir. Konut ısıtma amaçlı kullanılan bu sistemlerde gerekli yakıt ihtiyaçları aşağıdaki şekilde belirlenecektir.

Çizelge 7.11. 2012 yılı Türkiye konut ısıtma sistemleri ve yakıt tercihleri Projeksiyonu

Konut ısıtma	2012							
	Kömür	Fuel-oil	Doğal gaz/LPG	Odun	Jeotermal	Elektrik	Diğer	Toplam
Merkezi kalorifer	30	30	63	-	2	-	-	6,6
Kalorifer	108	69	99	-		-	-	14,5
Kat kaloriferi	-	11,2	211,6	-		-	-	11,8
Soba	73,77	0,8	3,5	17,89	-	3,46	(0,6)	67,11
Toplam								100

7.2.2.1. Merkezi ısıtma

Merkezi ısıtma da; yıllık yakıt tüketim değerlerini belirlemek için çeşitli metotlar mevcuttur. Bunlardan başlıcaları, Makine Mühendisleri Odası tarafından önerilen "Merkezi ısıtma sistem projeleri için Teknik kriterler, ASHARAE'nin önerdiği "Tekli ölçüm metodu,, ve "Değişken temel derece-gün" metodu son olarak da "Derece-gün" kavramı üzerine nitelendirilmiş Recknagel Metodu (İleri ve Ertay, 1997).

7.2.2.2. Sobalarla ısıtma

Soba ile yapılan ısıtma türü kısmi ısıtma olarak adlandırılmaktadır. Sobalar merkezi ısıtma ile karşılaştırıldığında daha az yakıt tüketirler. Bu durum yakıt amaçlı enerjinin az tüketilmesi için bir avantaj olarak görülmektedir. Ancak insan sağlığı ve konfor göz önünde bulundurulduğunda olumsuzluğu ortaya çıkmaktadır. 1985 yılı Türkiye nüfusunun ekonomik ve sosyal göstergelerinde mevcut Çizelgeler incelendiğinde "Konut birimlerinin ısıtma sistemi ve yakıt tercihlerine göre; konut birimlerinin % 41'i odun sobası, % 42'si ise kömür sobası kullanmaktadır (İleri ve Ertay, 1997). Aynı durum 1998 yılı konutlarda enerji tüketimi istatistikleri ve 2000 yılı bina sayımları ile değerlendirildiğinde % 72,63'ü kömür sobası, % 18,99'u odun sobası, % 3,46'sı

elektrik, % 2,70'i LPG ve % 2,22'si diğerlerinden oluşmaktadır. 1985 ve 2000 yıllarını değerlendirdiğimizde 15 yıllık süre içerisinde odun sobası kullanımında 10 kat düzeyinde azalma olmuştur. Ancak bu miktar hiçbir zaman % 15'in altına düşmeyecektir. Özellikle kışları ılık geçen bölgelerimizde (Akdeniz, Güney Doğu Anadolu'nun bir kısmı ve Ege bölgesinin kıyı şeridi) ve köylerimizde hala tercih edilecektir.

7.2.3. Pişirme

İlk olarak; bir konut için gerekli pişirme amaçlı yıllık enerji gereksinimi belirlenmiştir. Pişirme amaçlı enerji tüketimlerinde önceki çalışmalar göz önünde bulundurularak, bu çalışma için yeniden düzenlenecektir. British Gaz tarafından 1987 yılında Ankara EGO (Elektrik, gaz, otobüs) işletmesi için şehir gazı tüketim analizi yapılmıştır. Çalışma sonucunda, pişirici için (1fırın+4ocak) 329m³ şehir gazı/yıl (139,2m³ doğal gaz), su ısıtıcısı için 193m³ şehir gazı / yıl (83,3m³ Doğal gaz) belirlenmiştir. 98400 tüketici, 60100 gaz pişiricisi, 48100 su ısıtıcısına sahiptir (British Gas.987; Ertay, 1997).

İstanbul da 4 kişilik bir ailenin yıllık doğal gaz tüketimini 142,3m³ ile ifade etmektedir (Satman 1989). 1983 yılında 4 kişilik ailenin pişirme amaçlı yıllık enerji ihtiyacını 1046 kWh/yıl olarak belirlenmiştir. Fosil yakıtların pişirme verimliliğini 0.5 varsayarak, bu değeri 218m³ doğal gaz/yıl olarak belirlenmiştir (Şahin, 1985). British Gaz tarafından konut biriminde yıllık yakıt tüketimi pişirme amaçlı 139.2m³ doğal gaz olarak belirlenmiştir. DİE'nin su ve gaz istatistiklerine göre Ankara'da her tüketicinin yıllık şehir gazı tüketimi 1985 yılında 395m³,1988 yılında 375,6m³,1989 yılında 376,8m³tür. Ortalama değer 382,2 m³dür. Ortalama değer 1985 yılına oranlandığında 0.97 değeri elde edilir. Pişirme amaçlı yıllık yakıt tüketim 139,2m³ doğal gazdır. 0.97'lik faktörü ile 135m³ doğal gaz tüketilmektedir.

Pişirme için bir konut biriminin yıllık yakıt tüketimi için "Nüfus/ Konut birimi,, logaritmik oranlaması olarak kullanılacaktır. Eğer 4 kişilik bir aileyi temel kabul edersek bu ailenin pişirme amaçlı yıllık yakıt tüketimi aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$135 \text{ m}^3 \text{ doğal gaz} * \ln(4) / \ln(4.4) = 126,3\text{m}^3 \text{ Doğal gaz} \quad (7.16)$$

Pişirme etkinliklerinde kullanılan yakıt; doğal gaz, şehir gazı, LPG, odun, kuru tezek ve elektriktir. Yerleşim birimlerinin özelliğine göre % 91,7 tüp gaz, % 7,8 doğal gaz, % 0,3 soba, % 0,3 elektrik ve diğerleridir. 2023 yılında yapılan projeksiyonlarda doğal gazın kullanımının artacağı varsayılmaktadır. Çizelge 7.12 2012 yılı projeksiyonlarında pişirme amaçlı yakıt tercihleri görülmektedir. LPG kullanımı doğal gazın yaygınlaşması ile birlikte % 91'den % 82'ye düşecektir. Elektrik ve soba

sürekli kullanılmayan birimlerde kullanılmaktadır. Ek Çizelge 7'de ayrıntılı olarak tüm illerin pişirme amaçlı sistem ve yakıt tercihini görmemiz mümkündür. Bir konut biriminin yıllık yakıt tüketimlerinin saptanması için belirlenen pişirme amaçlı kullanılan enerji verimliliklerine ihtiyaç duyulmaktadır. Literatürde kullanılan bazı verimlilik değerleri Çizelge 7.13'da sunulmuştur.

Çizelge 7.12. Konutlarda pişirme amaçlı sistem ve yakıt tercihleri (%)

Pişirme	2012				
	LPG	Doğal gaz	Soba	Elektrik	Diğer
	82,07	17,13	0,3	0,3	0,2

Çizelge 7.13. Evlerde kullanılan cihazların sıcaklık ve verimlilikleri

Evlerde yapılan işlem	Cihazlar	Adnan Ünal Türkiye					G.M. Reistad ABD				Roberto Schaeffer & Robert M Wirtshafer Brezilya			
		€ ₁	€ ₂	T _o	T _p	q	€ ₁	€ ₂₂	T _o	T _p	€ ₁	€ ₂	T _o	T _p
Yer ısıtma	Elektrikli rezistanslı ısıtıcı	0,98	0,025	273	323		1	0,17	272	228				
	Tüp gazlı ısıtma	0,50	0,05	293	323	0,99								
Su ısıtma	Elektrikli su ısıtıcısı	0,90	0,03	298	333		0,93	0,25	283	374	0,9	0,05	298	333
	Tüp gazlı su ısıtıcısı	0,60	0,11	298	333	0,99	0,62	0,17	283	374	0,6	0,03	298	333
Pişirme	Tüp gazlı fırın	0,70	0,9	273	323	0,99	0,70	0,13	283	328				
	Yakıtlı Fırın	0,60	0,18	273	323	0,99	0,60	0,11	283	328				
	Elektrikli fırın	0,75	0,10	296	393		0,80	0,225	283	394				
	Tüp gazlı pişirme (odun)	0,40	0,10	296	393	0,99			283		0,4	0,1	298	373
Soğutma	Buzdolabı	1,0	0,12	296	265		0,9	0,096		268	1,0	0,12	298	265
Klima sistemleri	Elektrikli Klima	2,0	0,14	306	286		2,5	0,17	283	289	2,0	0,14	298	286
Aydınlatma	Akkor flamanlı ampul	0,05	0,45				0,05	0,048	308		0,05	0,045		
	Floresan Ampul	0,2	0,185				0,20	0,195			0,20	0,185		
	Elektrikli ısı pompası	3,5	0,54	273	323		3,5	0,60	272	328				
	Elektrikli elbise kurutma	0,65	0,09	296	348						0,65	0,09	298	348

T_o= atmosfer sıcaklığı, T_p = proses sıcaklığı, q = yakıtın nitelik faktörü (exergy/energy)

Bu çalışmada, pişirme verimlilikleri; gazlı fırın için 0,5 elektrikli için 0,8, odun için 0,22, Kuru tezek için 0,2'dir. Şehir gazı, doğal gaz ve LPG pişirme verimlilikleri aynı kabul edilmiştir. Doğal gaz için pişirme verimliliği incelendiğinde, pişirme için konut biriminin yıllık enerji gereksinimi (126,3m³ doğal gaz) 521100 kcal'dir. Aşağıdaki eşitlik kullanılarak pişirme amaçlı yıllık yakıt tüketimi belirlenecektir.

$$B_{\text{pişirme}} = C_4 * (\ln(N) / \ln 4) / H_u * \epsilon_1 \quad (7.16)$$

$$B_{\text{pişirme}} = \text{Bir konut biriminin yıllık enerji ihtiyacı (kg/yıl, m³/yıl)}$$

$$C_4 = \text{Dört kişilik ailenin yıllık enerji gereksinimi (521100 kcal/yıl)}$$

$$= 2178,2 \text{ MJ / yıl}$$

$$N = \text{Konut biriminin nüfus yoğunluğu}$$

$$H_u = \text{Yakıtın üst ısıl değeri (kcal/kg veya kcal/m³)}$$

$$\epsilon_1 = \text{Pişirme verimliliği}$$

Tüm illerin pişirme amaçlı yıllık yakıt ihtiyacı;

$$B_{\text{allcook}} = \frac{C_4}{\ln(4) \cdot H_u \cdot \varepsilon_1} \cdot \sum_{i=1}^{81} \ln(N_i) \cdot Du_i \quad (7.17)$$

B_{allcook} = Tüm illerin pişirme amaçlı, yıllık yakıt ihtiyacı,

Du_i = 81 İldeki konut birimlerinin sayısı

Diğer terimler eşitlik 7.16'de açıklanmıştır. C_4 değeri; 4 kişilik bir ailenin yıllık enerji ihtiyacıdır.

7.2.4. Su Isıtma

Su ısıtma için tüketilen yıllık yakıt tüketim değerlerinin belirlenmesi için literatürde çeşitli yaklaşımlar söz konusudur. Yapılan incelemelerde İleri ve Moshiri' nin ürettiği eşitlik kullanılacaktır. Mesken ısıtmada kullanılan Recknagel eşitliği ile aynı sonuçları vermesinde dolayı tercih edilmiştir.

$$B_{\text{aw}} = M_w \cdot N \cdot C_p \cdot DD_w / H_u \cdot \eta_{\text{hws}} \quad (7.28)$$

B_{aw} = Sıcak su için yıllık yakıt tüketimi (kg veya m³)

M_w = Bir kişinin günlük su ihtiyacı (lt/kişi)

N = Konut birimindeki kişi sayısı

C_p = Suyun özgül ısısı kg/ °C

DD_w = Suyun yıllık derece gün değeri (°Cgün) çizelgede verilmiştir.

η_{hws} = Sıcak su sisteminin verimliliği

Çizelge 7.14. Isıtma bölgelerine göre yıllık su derece gün değeri

Isıtma Bölgesi	Derece Gün Su (°C gün)
1	14391
2	16039
3	16558
4	18824

Bir kişinin günlük sıcak su ihtiyacı literatürden farklı değerlerde verilmiştir. İleri-Moshiri, (1996), kişi başına 45 lt/kişi olarak ifade etmektedirler. İstanbul sanayi odası 50 lt/kişi, Todorovich ve Cogil, (1995) 30 lt/kişi, CIBSE, (1991) ofis, fabrika ve dükkanlarda 4 lt/kişi, ve konutlarda 70 lt/kişi, Satman, (1996) İstanbul için 30 lt/kişi, Ankara için, British Gaz, (1987) 8 lt/kişi, Şahin, (1985) 10-14 lt/kişi olarak belirlemişlerdir.

Bu çalışmada; Türkiye'nin kalkınmışlık düzeyi göz önüne alınarak, orta halli bir aile

için kişi başına 30 lt/kişi sıcak su tükettiği varsayılacaktır. Ayrıca bu çalışma için 2000 ve 2023 yılları su ısıtma amaçlı sistem ve yakıt tercihleri Ek Çizelge 7.15' da verilmiştir.

Çizelge 7.15. Konutlara göre su ısıtma tercih sistemleri

Yıl	Su Isıtma sistemleri						
	Toplam konut sayısı	Soba	Güneş kolektörü	Elektrikli termosifon	Şöbren	Kombi	Apt ortak sıcak su sis.
2000	16237852	33,6	10,1	7,8	42,6	4,6	1,3
2005	1785008	29,5	14,4	7,9	41,4	4,5	1,3
2010	19121333	26,5	18,4	7,8	41,5	4,5	1,3
2015	20807414	23,2	21,5	7,9	41,6	4,5	1,3
2020	22192965	18,8	25,3	7,8	41,7	4,6	1,3
2023	23578793	15,1	29,43	7,8	41,75	4,6	1,3

Su ısıtma verimlilikleri Çizelge 7.16' de gösterilmiştir. Bu çalışmada yakıtların su ısıtma verimlilikleri gazlar için 0,8, gaz yağı için 0,6, odun 0,3, elektrik 0,9, güneş 0,33 ve kuru tezek için 0,27 alınacaktır.

Çizelge 7.16. Çeşitli ısıtma sistemleri enerji verimliliği (CIBSE)

Sistem türü	Verimlilik
Gaz veya yakıt yanmalı kazan	0,8
Ani yanmalı gaz ısıtıcısı	0,95
Elektrikli su ısıtıcısı	1

Buradan; Tüm illerin su ısıtma için yıllık yakıt ihtiyacı;

$$B_{all,aw} = \frac{M_w \cdot C_w}{H_u \cdot \eta_{hws}} \cdot \sum_{i=1}^{84} N_i (DD_w)_i \cdot DU_i \quad (7.14)$$

$B_{all,aw}$ = 81 ilin su ısıtma için yıllık enerji gereksinimi

Du = İldeki konut birimleri sayısı,

Eşitlik 6.18 ile ikinci terim her ısıtma grubu için hesaplanmaktadır.

M_w = Bir kişi için gerekli günlük sıcak su ihtiyacı, (Bu çalışmada 30 lt alınmıştır)

Su ısıtma için toplam yıllık ihtiyacı ısıtma sistem tercihlerine göre Çizelge 7.17’de gösterilmiştir.

Çizelge 7.17. Isıtma sistem tercihlerine göre su ısıtma amaçlı yıllık enerji ihtiyacı (PJ).

Yıl	Su Isıtma sistemleri						Toplam
	Soba	Güneş kolektörü	Elektrikli termosifon	Şohben LPG	Kombi	Apt ortak sıcak su sis.	
2000	62	19	14	78	8	4	185
2005	80	39	21	112	12	6	270
2010	103	72	30	163	18	6	392
2015	162	150,5	55	291	32	10	700
2020	210	275	86	454	50	15	1090
2023	99	314	95	490	60	20	1154

7.2.5. Türkiye konut ve hizmet sektöründe enerji akışı ve etkileyen parametreler

Burada; Konut ısıtma, su ısıtma ve pişirme etkinliklerde kullanılan yakıtların yıllık tüketimi ve elektrik aletlerin yıllık elektrik tüketimi açıklanan bilgiler doğrultusunda belirlenmiştir. 2012 yılı gerçekleşmiş değerleri göstermektedir. Tüketim artışlarına göre 2005-2023 yılları arasındaki değerler ise tahminleme yolu ile tespit edilmiştir.

7.2.6. Konut ısıtma, pişirme ve su ısıtmada yıllık ekserji tüketimi

Önceki bölümlerde yapılan analizlere göre şu anda ve gelecek tüketimleri projelendirilmiştir.

- 1990-2012 yılları arasında her il için “Konut ısıtmada kullanılan ısıtma sistemine ve yakıt türlerine göre” Konut birimlerinin oranı da bulunmuştur.
- 2012 yılına kadar doğal gaz tüketimi sağlanacak illerin doğalgaz tüketim miktarları da göz önünde bulundurulacaktır.

- Yer ısıtma seçenekleri, pişirme ve su ısıtma da bir konut biriminin yıllık yakıt tüketimi varsayımları için eşitlikler verilmiştir.
- Yıllık yakıt tüketim değerleri (1990-2000) yılları arasında Konut - Hizmet sektörü için Enerji İstatistiklerinden elde edilmiştir.
- Konut ısıtma, su ısıtma ve pişirme için yıllık yakıt tüketimi, ısıtma sistemlerini ve yakıtlara göre sınıflandırılmıştır. Enerji İstatistiklerinde belirlenen yakıtların toplam yıllık tüketim değerleri kullanılarak, Konut ısıtma için yıllık yakıt ihtiyacı belirlenmiştir. Pişirme ve su ısıtma için toplam enerji ihtiyacı bilinmektedir. Bununla birlikte konut birimlerinin bu aktiviteler için yakıt tercihlerini direkt gösteren veriler bulunmamaktadır. Pişirme ve su ısıtma için yakıt tercihleri temel olarak ısıtma sistemleri ve yakıtlara bağlı olduğu varsayılmaktadır. Elde edilen değerler enerji istatistik değerleri ile kontrol edilmektedir. 2012 yılı projeksiyonu için, 2001-2012 için belirlenen toplam enerji ihtiyaçları ve 1985-2000 arasındaki yakıtların tüketim eğilimi göz önünde bulundurulmuştur. Petrol üretimlerinin yıllık tüketimi, önceki tüketim değerleri üzerinden projelendirilmiştir. Diğer yakıtların toplam yıllık tüketim projeksiyonlarında bir referansa bağlı kalınmamıştır. Fakat, önceki değerler ile tutarlılığı göz önünde bulundurulmuştur. Odundaki tüketim miktarı resmi kayıtlar dışında oluşmaktadır. Gerçek tüketimi belirlemek zordur. Gökmen (1978), odun tüketimini resmi kayıt dışını da göz önünde bulundurarak 6036700 ton olarak belirlemiştir. Ancak bu değer resmi kayıtlarda 5285000 ton olarak belirtilmektedir. Bu çalışmada, odun tüketim değeri, Enerji istatistik değerlerinden % 10 daha fazla alınacaktır.

Çizelge 7.18. Türkiye konut ve hizmet sektöründe konut ısıtma, su ısıtma, pişirme amaçlı tüketilmesi tahmin edilen yıllık yakıt miktarı (PJ)

Yıl	Su Isıtma								Pişirme						
	D.gaz	LPG	Soba	Elektrik	Fuel oil	Güneş	Toplam %		LPG	D. Gaz	Odun	k. tezek	Elektrik	Toplam %	
2000	8	78	62	14	4	19	190	30	120	6,5	0,5	0,5	0,5	128	19
2005	12	112	80	21	6	39	278	30	162	8	0,5	-	0,5	171	19
2010	18	163	103	30	6	72	392	30	200	12	1	0,5	0,5	214	17
2015	32	291	162	55	19	150	700	34	285	20	1	1	-	307	14
2020	50	454	210	86	15	275	1090	35,5	315	66	1	1	1	384	12,5
2023	55	490	180	95	20	314	1154	36	343	73	1,4	1,2	1,4	420	13
	Konut Isıtma														
	Hizmet ve konut binaları											Toplam %	Genel toplam		
	Merkezi Isıtma					Soba									
	Kömür	Fuel oil	D.gaz	Jeotermal	Kömür	Odun	D.gaz	Elektrik	LPG						
	2000	25	8	15	2	193	50	-	6	9	355	51	653		
2005	35	14	20	4	277	72	5	10	5	455	51	896			
2010	48	40	130	4	330	80	5	16	16	669	53	1275			
2015	78	64	210	5	532	128	10	25	25	1077	52	2084			
2020	100	90	305	6	780	182	14	35	38	1596	52	3070			
2023	114	105	352	7	804	196	16	42	43	1682	51	3256			

8. SONUÇ

Bu çalışmada, ilk olarak enerji verimliliğinin nasıl sağlanabileceği ile ilgili yöntemler araştırılmıştır. Konutlarda enerji verimliliği için yürürlükteki sertifikalar ve kanunlar araştırılmıştır. Türkiye’ de kullanılan enerjinin sektörlere göre dağılımı incelenmiştir. Türkiye’ de konut sektöründe kullanılan enerji üzerine incelemeler yapıp enerji tüketimi dağılımının ne şekilde olduğu belirlenmiştir. Konutlarda kullanılan ısıtma ve soğutma sistemlerinin neler olduğu araştırılmıştır.

Özellikle konut-hizmet sektöründe kullanılan yüksek nitelikli enerji kaynaklarından vazgeçilerek yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılması, sıcak su ihtiyacının karşılanması için güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemlerinin, bölgelerinin iklim şartları göz önünde bulundurularak etkin bir şekilde kullanımının sağlanması vazgeçilmez bir zorunluluktur. Jeotermal kaynakların konutlarda etkin olarak kullanımı, ekserji verimlilik trendinin gelişiminin bir potansiyeli olarak görülmektedir. Kojenerasyon, birleştirilmiş çevrimler ısı pompa verimliliği, güneş enerjisi kullanımı, jeotermal ısıtma ekserji verimliliğinin artırılmasında önemli gelişmelerdir.

Elektrikli ev aletlerinde ve aydınlatmada enerji verimlilik sınıfının nasıl belirlendiği, hesapların nasıl yapıldığı incelenmiştir. Enerji verimliliği düşük ve enerji verimliliği yüksek elektrikli ev aletleri ve aydınlatma cihazlarının tüketimleri karşılaştırılmıştır.

Elektrikli ev aletleri ve aydınlatmanın tüketim değerleri altında yapılan hesaplamada standart elektrikli ev aletleri ve akkor ampulün tüketim fatura maliyeti ile A+ sınıfı elektrikli ev aletleri ve CFL Kompakt Floresan ampulün tüketim fatura maliyeti bulunmuştur. Bu hesaba göre faturalar arasındaki fark 23,94 TL’dir. Bu fark üzerinden değerlendirdiğimizde eğer bu ürünleri satın almak istersek yapılan ek yatırımın amorti süresi yaklaşık 13 yıldır. Bu sonuç da hâlâ ülkemizdeki yüksek enerji verimliliğine sahip ürünlerin fiyatlarının pahalı olduğunu göstermektedir.

Bu sonucumu destekleyen bir başka araştırma ise Beyaz Eşya Sanayicileri Derneği BESD’in yaptığı bir hesaplamadır. Bu hesaplama göre tüketicinin bir üst enerji seviyeli ürünü almak için ödeyeceği maliyetin geri dönüşü 14-28 yıl almaktadır. BESD’ e göre teşvik olmaksızın, tüketicinin enerji sınıfı yüksek ürünlere yönelmesi

kolay değildir. Ancak Türkiye'deki mevcut buzdolabı parkının A ve A+'a geçmesi durumunda 120milyon ağaç dikmeye eşdeğer CO2 temizleyeceği öngörülmektedir. BESD ve EİE'nin çalışmalarında elektrikli ev aletlerinde yapılacak üst sınıfa geçiş dönüşüm programı ile 8 milyar kWh enerji tasarrufu tahmin edilmektedir ki bu toplam elektrik tüketiminin yaklaşık % 5'ine tekabül etmektedir. Bu dönüşüm programının en önemli bacağı finansman sorunudur. Özellikle düşük gelir gruplarında düşük enerji sınıflı makina kullanımı yaygındır ve düşük gelir grupları için makul finansman ve teşvik uygulanmadan bu dönüşüm zor gözükmemektedir.

Yeni ekipman satışlarında verimsiz aletlerden yüksek tüketim vergisi alınırken verimli aletlerden daha az vergi alınabilir. Değişim maliyetlerinin vergi teşviki ile hafifletilmesi tüketiciye cazip gelecektir. Teşviklerden oluşan vergi kaybını devlet hareketlenen pazarda telafi edecektir. Türk beyaz eşya sektörü güçlü ve rekabetçi bir sektördür.

Bu değişim; enerjiyi tasarruf etmekle kalmayacak sektörümüzün güçlenmesine de katkı sağlayacaktır. Ülkemizde 19.481.678 konut olduğu dikkate alındığında aylık 23,94 TL lik farkla; yıllık ülke bütçesine yansiyacak kar miktarı 5.596.696.456 TL dir.

Konut-Hizmetler Sektörü

2012 yılı verileri ile nihai enerji tüketiminin % 34,5'i toplam enerji girdisinin ise % 23'ü bu sektörde gerçekleşmiştir. Tüketilen enerjinin bileşimi 18,21 (PJ) taşkömürü, 43,24 (PJ) linyit, 0,14 (PJ) asfaltit, 1,37 (PJ) kok, 212,40 (PJ) odun, 57,50 (PJ) hayvan ve bitki artığı, 148,22 (PJ) petrol, 103,73 (PJ) doğal gaz, 161,27 (PJ) elektrik, 62,08 (PJ) jeotermal ısı, ve 5,93 (PJ) güneş ısısından oluşmuştur. Sektörün tükettiği enerjinin % 19,7'si elektrikten ve % 80,22'si yakıtlardan sağlanmıştır.

2012 yılı projeksiyon verilerine göre bu sektörde 3246 PJ'luk bir enerji kullanımının olacağı beklenmektedir. Bu değer, nihai enerji tüketiminin % 26'sının toplam enerji talebinin ise % 21'ine karşılık gelmektedir. Bu enerjinin % 20'lik kısmı elektrik tüketimidir. % 80'lik kısmı ise fosil yakıt kaynakları olarak belirlenmiştir. Ancak, güneş ve jeotermal kaynakların bu sektörde etkin kullanımı % 20'lik bir paya sahip olmasını sağlamıştır.

Sektörde tüketilen yakıtın tamamı ve elektriğin bir kısmı ısı uygulamalara gitmektedir. Kısacası bu sektörde en büyük enerji tüketimini direkt ısınma ve ısı uygulamaları oluşturmaktadır. Ters ısı çevrimi olan klima uygulamaları henüz sınırlı olup, ileriye yönelik projeksiyonlarda kullanımının yaygınlaşması umulmaktadır. Konut sektöründen tasarruf olunabilecek enerji, özellikle ısı uygulamalarına dayalı olacak biçimde gerçekleşeceği beklenmektedir.

Tüm dünyada ısıtma uygulamaları için derece-gün kriterleri kullanılarak ısıtma bölgeleri saptanmakta ve ısıtma yükleri belirlenmektedir. Derece-gün sayısı yapıların kaç gün süre ile kaç derece ısıtılması gerektiğini gösteren bir parametredir. Benzer uygulama Türkiye’de de revize edilen TS 825 ile yürütülmektedir.

Türkiye’de ısıtma periyoduna ilişkin dış hesap sıcaklıkları +3 ile –27 derece gibi çok geniş bir açıklıkta değişmekte olup, derece gün sayıları da 1 135 ile 5 049 arasındadır. En büyük ve en küçük derece gün sayıları arasındaki oran 4,45 gibi oldukça büyüktür. Çeşitli Avrupa Ülkelerinde bu oran 1,3 ile 2,1 arasındadır. Bu kadar büyük bir orana karşın, ısıtma uygulamalarında Türkiye’nin Avrupa Ülkeleri gibi üç iklim bölgesine bölünmüş olması, ısı izolasyonu ve enerji kaybının önlenmesi bakımından hata oluşturmaktadır. Yapılan incelemeler Türkiye’de derece gün sayılarına göre 5 iklim bölgesinin varlığını göstermektedir.

Türkiye’de yeni yapılacak uygulamalarda geçmişteki 200-250 kWh/m² olan ısıtma yükünün, revize edilen TS 825’e uygun biçimde izolasyon uygulamalarının geliştirilmesi ile 100 kWh / m² ye çekilmesi hedeflenmektedir. Doğal gaz kullanımı ile yaygınlaşan bağımsız ısıtma sistemlerindeki verimlilik, merkezi ısıtma sistemlerine göre oldukça düşüktür ve enerji savurganlığı getirmektedir. Eskiden tercih olunan 90/70 derece sıcak su sistemleri ile ısıtma yerini, 75/55 derece sıcaklıklı sistemlere bırakmış olup, tabandan yapılacak ısıtma uygulamaları ile daha düşük sıcak derecelerde çalışmak olanaklıdır.

Yapılarda en büyük enerji kaybını kaynağında engelleyebilmek için, aktif ısınma sistemlerinin minimum düzeyde kullanılmasına olanak tanıyan pasif ısıtma sistemlerinin geliştirilmesi gerekmekte olup, pasif ısıtma sistemi tasarımı yapı izolasyonuna dayanır. Yapı sektöründe ısı kayıplarının azaltılması için kullanılabilir ve yaşanabilir sağlıklı yapı tanımı geliştirerek, yapı standartlarının yeniden oluşturulması, imar yasalarına temel olan yapı kodlarının belirlenmesi, yapı yalıtım yönetmeliklerinin yeniden düzenlenmesi, ısıtma tesisatı yönetmeliği getirilmesi, yüksek verimli ısıtma donanım ve ekipmanlarının kullanılması, yeni teknolojilerden yararlanılması, otomasyona özen gösterilmesi gibi çeşitli ve çağdaş tesisat mühendisliği önlemleri gerekmektedir.

1993 sonrasında Avrupa Birliği’nde düşük enerjili bina uygulamalarına geçilmiş, sıfır net enerjili bina geliştirilmesine çalışılmaktadır. Sıfır net enerjili binalarda ısı ve elektriğin güneşten sağlanması üzerinde durulmaktadır. Bu teknolojik gelişim doğrultusunda 2010 yılında yapılacak yapıların, 1996 yılında yapılanlara göre enerji açısından % 25 daha verimli olması hedeflenmektedir (Ültanır,1999).

Evlerde kullanılan elektrik enerjisine gelince, % 30-40’ı aydınlatmada, % 60-70’i ev aletlerinin çalıştırılmasında kullanılmaktadır. Aydınlatmada kompakt floresanların

kullanımı yaygınlaştırılarak, yerli üretim ve ithal beyaz eşyaların minimum enerji tüketimli olmasına özen göstererek, bu alanda tasarruf edilebilecek enerji olanağı bulunmaktadır. Klima uygulamaları sınırlı olmakla birlikte, özellikle Akdeniz ve Ege Bölgelerinde kullanılan pencere tipi ve split klimalar, puant yükleri etkilemeye başlamıştır. Yerli üretim ve ithal klimaların performans katsayılarının belirli bir değerin altına düşmesine izin verilmemelidir.

Konut ve işyerlerini kapsayan bu sektörde 2023 yılı hesaplamaları dikkate alındığında enerji girdisinin % 34,23'ü, ekserji girdisinin de % 89,86'sı kayıplara gitmektedir. Sektörün enerjistik verimi % 65,77, ekserjistik verimi % 10,14 olup, enerjinin etkin kullanımı için gerekli mutlaka alınmaktadır.

Enerji tüketiminin tahmini sonucu olarak, konut ve ticari sektörde yıllık enerji tüketiminin 2012 den 2023'e yaklaşık olarak % 59 artacağı umulmaktadır. Toplam enerji ve ekserji verimliliklerinde 2012 yılına oranla ortaya çıkan artış beklenmektedir. Enerji ve Ekserji verimliliğindeki artışın ana nedeni jeotermal enerji ve güneş enerjisi kullanımının enerji kullanım alışkanlıklarındaki düzenlemeler ve enerji tasarruf potansiyelinin kullanılmasıdır.

2012 yılında direkt kullanılan yakıtlarda ekserji verimliliği %55 olması umulmaktadır. Elektrik tüketiminde son kullanım ekserji verimliliği % 85'dir. Toplam verimlilikteki artışlar % 65'dir. Bununla birlikte, çevrim ünitelerinde elektriğin dönüşüm verimliliği göz önünde bulundurulursa, toplam ekserji verimliliğindeki artış % 15'dir.

Sonuç olarak; temel enerji tüketiminin toplam ekserji verimliliği dikkatle değerlendirilmiştir. Artışın % 5,33 den % 5,75'e olmuştur. Toplam temel enerji tüketiminde % 0.56'lık tasarruf olmuştur. Bu artışlar çok küçük görünmesine rağmen 1995-2023 yılları arasında ortalama yıllık artıştan büyüktür. Üstelik toplam temel enerji tüketiminde % 1'lik artış ile jeotermal enerjiden elde edilmiştir.

Merkezi olarak ısıtılan konut birimleri Jeotermal olarak ısıtılan konut birimlerinin % 3 ile yerine konmuştur. Kömür sobası ile ısıtılan konut birimlerinin jeotermal ile ısıtılan konut birimlerinin % 97'sinin yerine konmuştur. Sonuç olarak, direk kullanılan temel yakıtların ekserji verimliliğindeki artış dikkatle incelendiğinde % 5,33'ten % 5,72 ye ulaşmıştır. Ve toplam enerji tüketiminde % 0,62'lik bir artış meydana gelmiştir. Tüketimdeki artışın nedeni soba tarafından yapılan kısmi ısıtma olduğu halde tüm yaşam alanları jeotermal enerji tarafından ısıtılmaktadır. İnsan sağlığı ve konforu açısından komple ısıtma gereklidir. Ekserji verimliliğindeki artış, ortalama yıllık artıştan 2000'den 2023'e daha fazladır. Temel yakıt tüketiminde jeotermal enerjinin payı % 1 olarak belirlenmiştir.

Ayrıca bu değerlendirmede jeotermal kaynakların saptanan ısı potansiyeli temel alınmıştır. Türkiye'nin teorik potansiyeli ile yapılan çalışmalarla 31500 MWt olarak belirlenmiştir. "Isı yükü / Konut birimi,, "Yıllık derece gün değeri,, "Dış ortam dizayn sıcaklığı,, ortalama değerler alınmıştır. 31500 MWt'lık bir enerji potansiyeli ile yaklaşık olarak 3700000 konut ısıtılması arzu edilmektedir. Eğer bu durum gerçekleşirse; enerji tüketimindeki toplam ekserji verimliliği % 5,3'den % 13,2'ye artacağı umulmaktadır.

Konut ısıtma, su ısıtma ve pişirmede enerji tüketim değerlerine göre, konut ısıtmada yakıt tüketim yüzdesi % 55'den % 51'e azalmıştır. Su ısıtmada ise yakıt tüketim artışı % 36'dan % 39'a ulaşmıştır. Su ısıtmada yüksek tüketim oranının nedeni kişinin günlük sıcak su tüketimlerindeki artışlardan ve yaşam standartlarının gelişmesinden kaynaklanmaktadır.

1995 ve 2023 yılları arasında; konut ısıtmada ticari binaların tüketim yüzdesindeki artışın % 14'den % 22'ye ulaşacağı beklenmektedir. Aynı periyotta "Merkezi ısıtılan binaların tüketimi % 33 dolaylarında olması umulmaktadır. Bireysel ısıtılan konut birimleri, doğal gaz ve Likit petrol gazının payı % 13'den % 35'e artacaktır. Mesken binalarda yaklaşık yıllık ısı yükünün % 70'i karşılanamamaktadır. Bu durum soba ile ısıtmanın yaygın olmasında kaynaklanmaktadır. Bunun yanı sıra, konut ısıtmada göz önünde bulundurulacak olan enerji tüketiminin payı yaklaşık % 60'dır.

Odun; yüksek tüketim oranına sahip olduğu için yakıt gibi görülmektedir. Özellikle kırsal bölgelerde ve kışları ılık geçen bölgelerde kısmi ısıtma amaçlı kullanılmaya devam edecektir.

KAYNAKÇA

- [1] ÇAPIK, Mehmet;"Present situation and potential role of renewable energy in Turkey";**Renewable Energy** sayı 46, 2012, s.01-13.
- [2]GENÇOĞLU, Muhsin, Tuncay, "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye Açısından Önemi"; Elazığ,t.y.
- [3] "T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2012 Yılı Faaliyet Raporu"; ETKB Strateji Geliştirme Başkanlığı, 2012, s.5.
- [4] ÇALIŞKAN, Mustafa; "**Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli veMevcut Yatırımlar**" Rüzgâr Enerjisi ve Santralleri Semineri R.Koç Müzesi, İstanbul, 2011.
- [5] KILIÇ, Bayram;"Evaluating of Renewable Energy Potential in Turkey"**International Journal Of Renewable Energy Research, IJRER**,2011,s.259-264.
- [6] S.R. Park, A.K. PANDEY, V.V. Tyagi, S.K. Tyagi;"Energy and exergy analysis of typical renewable energy systems"; **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 2013, s.105-123.
- [7] SAĞLAM, Mustafa, UYAR, Tanay Sıdkı; "Dalga Enerjisi ve Türkiye'nin Dalga Enerjisi Teknik Potansiyeli", Göztepe, İstanbul, 2006, Marmara Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü.
- [8] SATMAN, Abdurrahman; "Türkiye'nin Jeotermal Enerji Potansiyeli", **Jeotermal Enerji Semineri**, s.157-172. Ty.
- [9] HEPBASLI, Arif, UTLU, Zafer; "Analyzing the Energy Utilization Efficiency of Renewable Energy Resources",**Energy Sources**,2006, s.355-366
- [10] UTLU, Z. HEPBASLI, A; "Analyzing the Energy Utilization Efficiency of Renewable Energy Resources. Part 1: Energy Analysis Method" , **Energy Source, Part B: Economics, Planning, and Policy**, 2006, s.341-353
- [11] UTLU, Z. HEPBASLI, A; "Analyzing the Energy Utilization Efficiency of Renewable Energy Resources. Part 2: Exergy Analysis Method" , **Energy Source, Part B: Economics, Planning, and Policy**, 2006, s.341-353
- [12] BAYINDIR, S. Ahmet; **Yenilenebilir Enerji Kaynakları Avrupa Birliği ve Türkiye Uygulamaları – Yüksek Lisans Tezi**, İstanbul, İstanbul Üniversitesi / Sosyal BilimleriEnstitüsü / iktisat Politikası Ana Bilim Dalı, 2010
- [13] GÜLAY, A.Nuri; **Yenilenebilir Enerji Kaynakları Açısından Türkiye'nin Geleceği ve Avrupa Birliği ile Karşılaştırılması – Yüksek Lisans Tezi**, İzmir, Dokuz Eylül Üniversitesi / Sosyal BilimleriEnstitüsü / İşletme Ana Bilim Dalı, 2008
- [14] GÖKDEMİR, Murat, KÖMÜRCÜ, M.İhsan, EVCİMEN, Taylan, " Türkiye'de Hidrolik Enerji ve HES Uygulamalarına Genel Bakış " **THM-471-2012/1**,2012
- [15] YALÇINKAYA, Raşit; **Jeotermal Kaynaklı Güç Üretim Sisteminin Termodinamik Analizi - Yüksek Lisans Tezi**, Ankara, Gazi Üniversitesi / FenBilimleriEnstitüsü / MakineMühendisliği Anabilim Dalı, 2013.
- [16] Vikipedi, Özgür Ansiklopedi, www.wikipedia.org, 2014
- [17] International Energy Agency <http://www.iea.org/statistics>, 2014
- [18] GEDİK, Engin, KEÇEBAŞ, Ali, ÖZ, Ethem Sait, "Havalı Güneş Kolektörlerinde Farklı Tip Emici Plakaların Performansa Olan Etkisi", Gazi Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, 2008, Cilt 23, No 4, s.777-784.
- [19]"Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği"; Resmi Gazete, sayı 27075, 05.12.2008

- [20] Mevlana Kalkınma Ajansı, TR52 Düzey 2 Bölgesi (Konya-Karaman) 2023 Vizyon Raporu (EnerjiSektörü), 2011.
- [21] T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, Doğal Gaz Piyasası Daire Başkanlığı, Doğal Gaz Piyasası Sektör Raporu, Ankara, 2013.
- [22] KILIÇ, Fatma, Canka; "Recent Renewable Energy Developments, Studies, Incentive in Turkey", **Energy Science and Technology Part A: Energy Science and Research**, 2011, s.37-54.
- [23] Türkiye Rüzgâr Enerji Birliği, Türkiye Rüzgâr Enerji Raporu, Yarı yıl Raporu, Temmuz 2013, s.6-7
- [24] Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, www.dsi.gov.tr, 2014
- [25]TMMOB Makine Mühendisleri Odası; "Türkiye'nin Enerji Görünümü" **Oda Raporu**, Ankara,Yayın Numarası MMO/588, 2. Baskı, 2012.
- [26] TOPAL M., ARSLAN E., K., "Biyokütle Enerjisi ve Türkiye", VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, UTES'2008, İstanbul, 2008.
- [27] T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, Faaliyet Raporu, Ankara, 2012.
- [28] HEPBASLI, A UTLU, Z., "Evaluating the Energy Utilization Efficiency of Turkey's Renewable Energy Source During 2001" , **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, 2004, s.237-255
- [29]HEPBASLI, A UTLU, Z., "Alalysis of Energy and Exergy Use of the Turkish Residentail-Commercial Sector" , **Building And Environment**, 2005, s.641-655
- [30] TEKİN, Serdar; **Merkezi Isıtma Sistemlerinin Termodinamik Analizi ve Çeşitli Parametre Değişimlerinin Enerji Verimliliği ve Yakıt Tüketimşne Etkisinin İncelenmesi-YüksekLisansTezi**, İstanbul, İstanbul Aydın Üniversitesi / FenBilimleriEnstitüsü / MakineMühendisliği Anabilim Dalı, 2013.
- [31] BÜYÜKTÜR, A.Rasim; **Termodinamiğin Temel Yasaları**, İstanbul, Birsen Yayınevi, 4. baskı, 1995.
- [32]TOKLU, E,KAYGUSUZ, K.;"Present Situation and Future Prospect of Energy Utilization in Turkey" **Journal of Engineering Research and Applied Science**, 2012, s.73-86.
- [33] Szargut, Jan; **Exergy Method Technical and Ecological Applications**, Great Britain, Silesian University of Technology, 2005
- [34] WALL, Göran; EXERGETIC, Sweden, Bucaramanga, <http://exergy.se/>, 2009
- [35]HEPBASLI, Arif; " A Key Review On Exergetic Analysis and Assessment of Renewable Energy Resources for a Sustainable Future" **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, 2008, s.591-663
- [36] REDHA, Adel Mohammed, DİNÇER, İbrahim, GADALLA, Mohamed ; "Thermodynamic performance assessment of wind energy systems: An application", **Energy**, 2011, s.4002-4010.
- [37] ENERCON, Energy for the World, Rüzgâr Enerji Sistemleri, www.enercon.de/en-en/ 2014.
- [38] YILMAZ, Sezai, DENİZ, Emrah; "Çalışma Akışkanı Olarak R-134a ve R-404a Kullanılan Çift Fazlı Güneş Enerjili Sıcak Su Üretme Sisteminin Tasarımı ve Deneysel Olarak İncelenmesi" **VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi**, Poster Bildirisi, s.1027-1033.
- [39] E.C.A. Güneş Enerji Sistemleri, E.C.A. Güneş Kolektörleri, 2013, s.5
- [40] COŞKUN, C., OKTAY, Z., DİNÇER, İ; "Performance evaluation of a power plant", **Applied Thermal Engineering**, 2011, s.4074-4082.
- [41]BARIŞ, Kemal, KÜÇÜKALİ, Serhat;"Availibility of renewable energy sources in Turkey: Current situation, potential, government policies and the EU perspective" ;**Energy Policy**,2012, s.377-391.
- [42] DİNÇER, İbrahim; "**The Role of Exergy in Energy Policy Making**", Energy Policy, cilt no 30, 2002, s. 137-149.
- [43] "T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2013 Yılı Bütçe Sunumu Raporu"; **ETKB Strateji GeliştirmeBaşkanlığı**, 2012, s.14.

- [44] Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı, www.mgm.gov.tr, 2014.
- [45] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, www.eie.gov.tr, 2014.
- [46] Türkiye İstatistik Kurumu , www.tuik.gov.tr, 2014.

ÖZGEÇMİŞ

27.08.1990 tarihinde İstanbul'da doğup, ortaokulu Bahçeşehir Süleyman Demirel İ.Ö.O'da, lise eğitimimi Avcılar Okyanus Koleji'nde, lisans eğitimimi ve İş Sağlığı-Güvenliği yüksek lisansımı İstanbul Aydın Üniversitesi'nde tamamladım.