

**T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
İŞLETME BİLİM DALI**

**ENERJİ YÖNETİMİ ve MUHASEBESİ: SÜRDÜRÜLEBİLİR
ENERJİ YÖNETİMİ İÇİN FAALİYET TABANLI
MALİYETLEME MODELİ**

Ömer KAVRAR

DOKTORA TEZİ

Danışman

Prof. Dr. Baki YILMAZ

Konya – 2018

Ömer KAVRAR	Enerji Yönetimi ve Muhasebesi: Sürdürülebilir Enerji Yönetimi İçin Faaliyet Tabanlı Maliyetleme Modeli	Doktora Tezi 2018
-------------	--	----------------------





T. C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü



Bilimsel Etik Sayfası

	Adı Soyadı	Ömer KAVRAR
	Numarası	124127001021
Öğrencinin	Ana Bilim / Bilim Dalı	İşletme/ İşletme
	Programı	Tezli Yüksek Lisans <input type="checkbox"/> Doktora <input checked="" type="checkbox"/>
	Tezin Adı	Enerji Yönetimi ve Muhasebesi: Sürdürülebilir Enerji Yönetimi İçin Faaliyet Tabanlı Maliyetleme Modeli

Bu tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini, tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel kurallara uygun olarak atıf yapıldığını bildiririm.

Ömer KAVRAR
Ömer KAVRAR



T. C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü



Doktora Tezi Kabul Formu

Öğrencinin	Adı Soyadı	Ömer KAVRAR		
	Numarası	124127001021		
	Ana Bilim / Bilim Dalı	İşletme/ İşletme		
	Programı	Tezli Yüksek Lisans <input type="checkbox"/>	Doktora <input checked="" type="checkbox"/>	
	Tez Danışmanı	Prof. Dr. Baki YILMAZ		
Tezin Adı	Enerji Yönetimi ve Muhasebesi: Sürdürülebilir Enerji Yönetimi için Faaliyet Tabanlı Maliyetleme Modeli			

Yukarıda adı geçen öğrenci tarafından hazırlanan “Enerji Yönetimi ve Muhasebesi: Sürdürülebilir Enerji Yönetimi için Faaliyet Tabanlı Maliyetleme Modeli” başlıklı bu çalışma 12/10/2018 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunarak, jürimiz tarafından doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Ünvanı, Adı Soyadı

Danışman ve Üyeler

İmza

Prof. Dr. Baki YILMAZ

Danışman

S. Akın

Dr. Öğr. Üyesi Savaş ERDOĞAN

Üye

Savaş Erdoğan

Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Erem ŞAHİN

Üye

İbrahim Erem Şahin

Doç. Dr. Ender GÜLER

Üye

Ender Güler

Doç. Dr. Hüseyin ÇETİN

Üye

Hüseyin Çetin

ÖNSÖZ

Doktora çalışmamda ve bu tezin hazırlanmasında eğitici ve yönlendirici desteklerinden dolayı değerli danışmanım Prof. Dr. Baki YILMAZ'a yakın ilgi ve hoşgörüsü için teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamda kıymetli fikir ve katkılarını esirgemeyen tez izleme komitesi üyeleri Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Erem ŞAHİN'e, Dr. Öğr. Üyesi Savaş ERDOĞAN'a, değerli jüri üyeleri Doç. Dr. Ender GÜLER'e ve Doç. Dr. Hüseyin ÇETİN'e, eğitim hayatım boyunca değerli görüşleriyle bana yardımcı ve yol gösterici olan değerli hocam, abim Dr. Öğr. Üyesi Ali Osman ER'e ve üzerimde emeği bulunan tüm hocalarıma bu vesileyle şükranlarımı sunarım. Ayrıca çalışmanın uygulama bölümünde işletmesinin tüm imkânlarını seferber eden Kadir Bey'e, kıymetli vaktini ayıran yönetim kurulu üyesi Mehmet Emin Bey'e ve araştırmamda katkıları bulunan diğer çalışanlara teşekkür ederim.

Bu yaşıma kadar bana en iyi imkanları sağlamaya çalışan, emeklerinin karşılığını hiçbir zaman ödeyemeyeceğim babam Muzaffer KAVRAR'a, sevgili annem Emel KAVRAR'a ve maddi manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen tüm aile fertlerime teşekkürü bir borç bilirim.

Doktora tezimi, bana olan inancı, sonsuz desteği ve fedakârlığıyla her zaman yanımda olan sevgili eşim Müzeyyen KAVRAR'a ve çalışmam sırasında zaman zaman kendisini ihmal etmek zorunda kaldığım, enerji kaynağım biricik kızım Melike KAVRAR'a ithaf ediyorum.

Ömer KAVRAR

Konya, 2018



T. C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü



Öğrencinin	Adı Soyadı	Ömer KAVRAR		
	Numarası	124127001021		
	Ana Bilim / Bilim Dalı	İşletme/ İşletme		
	Programı	Tezli Yüksek Lisans	<input type="checkbox"/>	Doktora <input checked="" type="checkbox"/>
	Tez Danışmanı	Prof. Dr. Baki YILMAZ		
	Tezin Adı	Enerji Yönetimi ve Muhasebesi: Sürdürülebilir Enerji Yönetimi için Faaliyet Tabanlı Maliyetleme Modeli		

ÖZET

Medeniyet geliştikçe artan enerji ihtiyacı, azalan doğal kaynaklar ve küresel iklim değişikliği tehdidi gibi nedenlerden dolayı, enerjinin verimli, akılcı ve sürdürülebilir bir şekilde kullanılmanın önemi belirginleşmiştir. Enerji yönetimi bu yükümlülüklere bir cevap olarak yeni fikirlerin ve bilginin üretildiği dinamik bir süreç haline gelmektedir. Son yirmi yılda enerji yönetimi sanayi sektörüne sunduğu destekleyici işlevleriyle önemli ölçüde gelişmiştir.

Enerji işletmeler için stratejik öneme sahip bir kaynaktır ve finansal sonuçları itibariyle yöneticilerin gündeminde önemini giderek arttırmaktadır. Bu noktada enerji maliyetleri gibi bir işletmede meydana gelen finansal nitelikli olaylar muhasebe bilgi sisteminin alanına girer. Enerji muhasebesi, yöneticilere sağladığı enerji verileriyle karar vermede belirsizliği azalttığı ölçüde değerlidir.

Bu çalışmanın amacı artan enerji ihtiyacı, azalan doğal kaynaklar ve küresel iklim değişikliği gibi tehditlere odaklanan enerji yönetiminde, muhasebe bilgi sisteminin oynadığı kritik rolü, sürdürülebilirliğe ve karar alma sürecine sağladığı katkıyı ortaya koymaktır. Bu çerçevede bir üretim işletmesinin enerji akışı, faaliyet tabanlı maliyetleme modeli ve enerji performansı ölçüm teknikleri ile analiz edilmiştir.

Çalışmamızın teorik ve uygulama bölümlerinden elde edilen bulgular özetlenmiş ve yorumlanmıştır. Çalışmanın sonunda bu önemli alanda gelecekteki araştırmalara bir kaynak olabilecek çeşitli öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Enerji Yönetimi, Enerji Muhasebesi, Sürdürülebilirlik, Faaliyet Tabanlı Maliyetleme Modeli.



T. C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü



Öğrencinin	Adı Soyadı	Ömer KAVRAR		
	Numarası	124127001021		
	Ana Bilim / Bilim Dalı	İşletme/ İşletme		
	Programı	Tezli Yüksek Lisans	<input type="checkbox"/>	Doktora <input checked="" type="checkbox"/>
	Tez Danışmanı	Prof. Dr. Baki YILMAZ		
	Tezin Adı	Enerji Yönetimi ve Muhasebesi: Sürdürülebilir Enerji Yönetimi için Faaliyet Tabanlı Maliyetleme Modeli		

SUMMARY

As civilization evolves the significance of using energy efficiently, rationally and sustainably has become evident, for reasons such as increased energy needs, diminishing natural resources and the threat of global climate change. As an answer to these obligations, energy management becomes a dynamic process in which new ideas and knowledge are generated. Over the past two decades, energy management has progressed considerably through its supporting functions in the industrial sector.

Energy is a resource with strategic priorities for businesses and increases its magnitude on the management agenda due to its financial consequences. At this point, financial events that take place in an enterprise like energy costs fall under the scope of the accounting information system. Energy accounting is as valuable as the energy data it provides for managers to reduce the uncertainty when making decisions.

The aim of this study is to reveal the critical role played by the accounting information system, its contribution to sustainability and decision-making processes in energy management, which focuses on threats such as increasing energy needs, depleting natural resources and global climate change. In this context, the energy flows of a manufacturing enterprise were investigated through activity based costing model and energy performance measurement techniques.

The findings obtained from the theoretical and practical sections of our study are summarized and interpreted. The study concludes with suggestions that would provide a resource for future researches in this important area.

Key Words: Energy Management, Energy Accounting, Sustainability, Activity Based Costing Model, Energy Performance Analysis.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
Bilimsel Etik Sayfası	ii
Tez Kabul Formu	iii
Önsöz	iv
Özet	v
Summary	vi
Kısaltmalar ve Simgeler Sayfası	xii
Tablolar Listesi	xiv
Şekiller Listesi	xvi
Giriş	1

BİRİNCİ BÖLÜM

Enerjinin Kavramsal Çerçevesi ve Enerji Ekonomisi

1.1. Enerji Kavramı	7
1.2. Enerji Türleri	8
1.2.1. Potansiyel Enerji	8
1.2.2. Kinetik Enerji	9
1.3. Enerji Birimleri	9
1.4. Enerji Kaynakları	11
1.4.1. Birincil Enerji Kaynakları	13
1.4.1.1. Yenilenemez (Fosil) Enerji Kaynakları	15
1.4.1.1.1. Kömür	16
1.4.1.1.2. Petrol	16
1.4.1.1.3. Doğal Gaz	19
1.4.1.1.4. Uranyum	20
1.4.1.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları	20
1.4.1.2.1. Güneş Enerjisi	22
1.4.1.2.2. Rüzgar Enerjisi	22
1.4.1.2.3. Hidroelektrik Enerji	23
1.4.1.2.4. Jeotermal Enerji	23
1.4.1.2.5. Okyanus/Dalga Enerjisi	24
1.4.1.2.6. Biokütle Enerjisi	24
1.4.2. İkincil Enerji Kaynakları	25

1.4.2.1.1. Elektrik.....	25
1.4.2.1.2. Hidrojen.....	26
1.5. Dünyada Enerjinin Genel Durumu	27
1.5.1. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi.....	33
1.5.2. Kyoto Protokolü.....	34
1.5.3. Paris Anlaşması.....	35
1.6. Türkiye’de Enerjinin Genel Durumu	35
1.6.1. Türkiye’deki Başlıca Enerji Türleri	37
1.6.1.1. Türkiye’nin Petrol ve Doğal Gaz Görünümü	37
1.6.1.2. Türkiye’de Kömür’ün Genel Durumu	39
1.6.1.3. Türkiye’nin Elektrik Durumuna Genel Bakış.....	40
1.6.2. Türkiye’nin Enerji Politikaları.....	42
1.7. Enerji Ekonomisi.....	45
1.7.1. Enerji Talebi.....	48
1.7.1.1. Enerji Talebinin Fiyat ve Gelir Esnekliği	52
1.7.1.2. Enerji Talebini Etkileyen Faktörler	54
1.7.1.2.1. Demografik Etkiler.....	54
1.7.1.2.2. Ekonomik Büyüme	56
1.7.1.2.3. Enerji Fiyatları	56
1.7.1.2.4. Teknolojik Gelişmeler.....	57
1.7.1.3. Geri Tepme Etkisi (Rebound Etkisi)	58
1.7.2. Enerji Arzı.....	59
1.7.2.1. Enerji Fiyatına Göre Arz Esnekliği	62
1.7.2.2. Enerji Arzını Etkileyen Faktörler	63
1.7.2.2.1. Çevresel Etkiler.....	63
1.7.2.2.2. Zaman Etkisi	64
1.7.2.2.3. Hükümet Politikaları	65
1.7.2.2.4. Teknoloji Kısıtlamaları	66
1.7.2.2.5. İnsan Gücü ve Sermaye Kısıtlamaları.....	66
1.7.2.2.6. Coğrafi Konum	67
1.7.2.3. Enerji Arz Güvenliği.....	67
1.7.3. Bir Rekabetçi Piyasa Modeli Örneği: Kömür Arz Ve Talebi,	70
1.7.3.1. Kömür Enerji Arz ve Talebi	71
1.7.3.2. Kömürün Denge Fiyat ve Miktar Analizi	75
1.7.3.3. Rekabetçi Kömür Piyasalarında Vergi Uygulaması	78

1.7.4. Oligopol Piyasa Modeli Örneği: Petrol Endüstrisi	79
---	----

İKİNCİ BÖLÜM

Enerji Yönetimi Ve Sürdürülebilirlik

2.1. Enerji Yönetiminin Tanımı	82
2.2. Enerji Yönetiminin Amaçları	84
2.3. Enerji Yönetiminin Tarihsel Gelişimi	86
2.4. Enerji Yönetiminin Önemi	91
2.4.1. Mikro Ölçekte İşlevleri	93
2.4.2. Makro Ölçekte İşlevleri	96
2.4.3. Çevresel Etkiler	100
2.4.3.1. Küresel Isınma (Sera Gazı Etkisi)	102
2.4.3.2. Ozon Tabakasındaki İncelme	104
2.4.3.3. Asit Yağmurları	105
2.5. Enerji Yönetimi Sistemi	107
2.5.1. Enerji Yönetimi Standartları	109
2.5.1.1. ANSI / MSE 2000: 2008	111
2.5.1.2. EN 16001: 2009	111
2.5.1.3. ISO 50001 Enerji Yönetimi Standardı	112
2.5.2. Sektörlere Göre Enerji Yönetimi	114
2.5.2.1. Binalarda Enerji Yönetimi	115
2.5.2.2. Ulaştırımda Enerji Yönetimi	117
2.5.2.3. Sanayide Enerji Yönetimi	119
2.6. Enerji Yönetimi Uygulamaları	121
2.6.1. Enerji Yönetim Sistemi Uygulanmasında Karar Verme Süreci	122
2.6.1.1. Enerji Yönetimi Uygulanma Kararının Önündeki Engelleri	123
2.6.1.2. Enerji Yönetimini Destekleyici Faktörler (İtici Güçler)	126
2.6.2. Enerji Yönetimi Programının Tasarlanması	128
2.6.2.1. Başlatma ve Planlama Aşaması	129
2.6.2.2. Denetim ve Analiz Aşaması	132
2.6.2.3. Uygulama ve Sürekli Değerlendirme Aşaması	135
2.7. Sürdürülebilirlik	136
2.7.1. Sürdürülebilir Enerji	139
2.7.2. Sürdürülebilir Enerji Yönetimi	143

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

Enerji Muhasebesi Ve Faaliyet Tabanlı Maliyetleme Sistemi

3.1. Literatür Taraması.....	150
3.2. Enerji Muhasebesi.....	152
3.2.1. Enerji Muhasebesinin Tanımı	155
3.2.2. Enerji Muhasebesinin Amaçları.....	157
3.2.3. Enerji Muhasebesinin Önemi.....	160
3.2.4. Enerji Maliyetleri	162
3.2.5. Enerji Muhasebecisi	167
3.2.6. Enerji Muhasebesinin Aşamaları	168
3.2.6.1. Plan Geliştirme Aşamaları.....	171
3.2.6.2. Enerji Kullanımını Ölçme ve İzleme	173
3.2.6.3. Kaydetme	176
3.2.6.4. Performans Ölçümü	179
3.2.6.4.1. Enerji Kullanım Endeksi (Energy Utilization Index, EUİ).....	180
3.2.6.4.2. Enerji Maliyet Endeksi (Energy Cost Index, ECI).....	180
3.2.6.4.3. Tek Seferde Verimlilik Ölçümü.....	181
3.2.6.5. Muhasebeleştirme ve Raporlama.....	184
3.2.6.5.1. Harcamalar ve Giderlerin Aktifleştirilmesi.....	185
3.2.6.5.2. Finansal Açıklamalar	185
3.2.7. Enerji Muhasebesinde Yaşanan Problemler	188
3.3. Faaliyet Tabanlı Maliyetleme Sistemi	190
3.3.1. Maliyetin Tanımı ve Maliyet Objeleri	193
3.3.2. Maliyet Biriktirme Sistemine Duyulan İhtiyaç	194
3.3.3. FTM’de Kullanılan Kavramların Açıklanması	195
3.3.4. FTM ile Geleneksel Maliyetleme Yönteminin Karşılaştırılması.....	197
3.3.5. Faaliyet Tabanlı Maliyetleme Sisteminin Tasarlanması.....	202
3.3.5.1. Faaliyetlerin Tanımlanması	203
3.3.5.2. Maliyetlerin Faaliyet Havuzlarına Yüklenmesi	204
3.3.5.3. Faaliyet Sürücülerinin Belirlenmesi	205
3.3.5.4. Maliyetleri Ürünlere veya Hizmetlere Dağıtılması	208
3.3.6. Faaliyet Hiyerarşisi	209
3.3.7. Faaliyet Tabanlı Maliyetlemenin Faydaları ve Dezavantajları	210
3.3.8. Zamana Dayalı Faaliyet Tabanlı Maliyetleme.....	213

3.3.9. Faaliyet Tabanlı Yönetim	214
3.3.10. Enerji Muhasebesi Açısından FTM'nin Önemi	215

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

Sürdürülebilir Enerji Yönetimi İçin Faaliyet Tabanlı Maliyetleme Modeli

4.1. Araştırmanın Amacı ve Önemi	221
4.2. Araştırmanın Kapsamı	223
4.3. Araştırmanın Yöntemi.....	223
4.3.1. Araştırmanın Tekniği	224
4.3.2. Örneklem.....	225
4.3.3. Araştırmaya İlişkin Sınırlamalar	226
4.3.4. Varsayımlar	226
4.4. Araştırmanın Uygulanması	227
4.4.1. İşletme Hakkında Genel Bilgiler	227
4.4.2. İş Akışı ve Enerji Maliyeti Hakkında Genel Bilgiler.....	228
4.4.3. Enerji Maliyetlerinin Belirlenmesinde Faaliyet Tabanlı Maliyetleme Uygulama Örneği	230
4.4.3.1. Kaynakların ve Faaliyetlerin Belirlenmesi	231
4.4.3.2. Kaynak Maliyetlerinin Faaliyet Havuzlarına Yüklenmesi	233
4.4.3.3. Faaliyet Sürücülerinin Belirlenmesi	240
4.4.3.4. Faaliyet Maliyetlerinin Maliyet Merkezine Dağıtılması	242
4.5. Geleneksel Maliyetleme Yöntemi ile Karşılaştırılması	243
4.6. Enerji Performansı Ölçümleri	245
4.6.1. Enerji Kullanım Endeksi (Energy Utilization Index, EUI).....	245
4.6.2. Enerji Maliyeti Endeksi (Energy Cost Index, ECI)	248
4.6.3. Tek Seferde Verimlilik Ölçümü (One-Shot Productivity Measures) ...	249
4.7. Araştırmanın Bulguları	251
Sonuç ve Öneriler	252
Kaynakça	260
Ekler.....	274
Özgeçmiş	284

KISALTMALAR VE SİMGELER SAYFASI

AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
BKZ	Bakımız
BM	Birleşmiş Milletler
BTU	British Thermal Unit
DTÖ	Dünya Ticaret Örgütü
ECI	Energy Cost Index (Enerji Maliyet Endeksi)
EIA	Energy Information Administration
EİE	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
ETKB	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
EUI	Energy Utilization Index (Enerji Kullanım Endeksi)
FMBS	Finansal Muhasebe Bilgi Sistemi
FMH	Faaliyet Maliyet Havuzu
FTM	Faaliyet Tabanlı Maliyetleme
FTY	Faaliyet Tabanlı Yönetim
GAAP	Genel Kabul Görmüş Muhasebe İlkeleri
GKGMİ	Genel Kabul Görmüş Muhasebe İlkeleri
GSMH	Gayri Safi Milli Hasıla
GSYİH	Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
GÜG	Genel Üretim Gideri
GW	Giga Watt
GWH	Gigawattsaat
H	Hacim
HES	Hidro Elektrik Santral
IEA	International Energy Agency (Uluslar arası Enerji Ajansı)
İDÇS	İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
J	Joule
KW	Kilowatt = 10 ³ watt
KWH	Kilowattsaat
LPG	Liquid Petroleum Gas (Sıvılaştırılmış Petrol Gazı)

MS	Makine Saati
MTEP	Milyon Ton Eşdeğer Petrol
MTOP	Milyon Ton Eşdeğeri Petrol
MW	Mega Watt
NON-OECD	Ekonomik ve İşbirliği Teşkilatı Dışı
OECD	Ekonomik ve İşbirliği Teşkilatı
OPEC	Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü
ÖET	Özgül Enerji Tüketimi
PE	Potansiyel Enerji
TDMS	Tekdüzen Muhasebe Sistemi
TEP	Ton Eşdeğer Petrol
TET	Toplam Enerji Tüketimi
TH	Toplam Hacim
TKİ	Türkiye Kömürü İşletmeleri Kurumu Genel Müdürlüğü
TL	Türk Lirası
TMK	Trilyon Metre Küp
TMMOB	Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
TMS	Toplam Makine Saati
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
TY	Tarih Yok
VB	Ve Benzeri
VD	Ve Diğerleri
YÇS	Yıllık Çalışma Saatleri
ZDFTM	Zamana Dayalı Faaliyet Tabanlı Maliyetleme

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1-1: Enerji Birimleri Ve Yakıtların Enerji İçeriği	11
Tablo 1-2: Hammaddesi Petrol Olan Ürünler	17
Tablo 1-3: Dünya Birincil Enerji Tüketiminde Türkiye'nin Yeri (Milyon TEP).....	36
Tablo 1-4: Ham Petrol ve Doğal Gaz Üretimi	38
Tablo 1-5: Ham Petrol ve Doğal Gaz Tüketim	39
Tablo 1-6: 2016 Yılı Kamuya Ait Kömür Rezervi ve Üretim Bilgileri.....	40
Tablo 1-7: 2015-2019 Dönemi Stratejik Planı: Stratejik Temalar ve Amaçlar	44
Tablo 1-8: ABD Kömür Piyasasında 21 Üretici Şirket ve Pazar Payları	71
Tablo 2-1: Enerji Yönetiminin Safhaları	90
Tablo 2-2: Enerji Yönetiminin Mikro ve Makro Ölçekte İşlevleri.....	92
Tablo 2-3: Enerji Yönetiminde Engelleyici Faktörlerin Gruplandırılması.....	125
Tablo 2-4: Enerji Yönetiminde Destekleyici Faktörlerin Gruplandırılması.....	127
Tablo 2-5: Enerji Yönetim Programı'nın Planlanması	129
Tablo 2-6: Enerji Yöneticisi Unvanları	131
Tablo 2-7: Daha Yüksek Enerji Maliyetine Sorunlarına Neden Olan Örnekler.....	133
Tablo 3-1: Enerji Muhasebesinin Amaç ve Hedefleri	159
Tablo 3-2: Enerji Muhasebecisinin Sorumlulukları.....	167
Tablo 3-3: Enerji Muhasebesinin Aşamaları	169
Tablo 3-4: Finansal ve Enerji Muhasebesi Seviyeleri	170
Tablo 3-5: Örnek Enerji Muhasebesi Çalışma Sayfası	178
Tablo 3-6: Enerji Verimlilik Göstergelerinin Avantajları ve Dezavantajları	183
Tablo 3-7: Enerji Harcamalarının ve Giderlerinin Aktifleştirilmesi	185
Tablo 3-8: Finansal Tablolara Eklenebilecek Enerjinin Finansal Etkileri.....	186
Tablo 3-9: GAAP ve Faaliyete Dayalı Ürün Maliyetlerinin Karşılaştırılması	198
Tablo 3-10: Maliyet Sürücü Örnekleri.....	206
Tablo 3-11: Faaliyet Oranlarının Hesaplanması	207
Tablo 3-12: Genel Gider Maliyetlerinin Ürünlere Dağıtılması	208
Tablo 3-13: Faaliyet Hiyerarşisi	210
Tablo 3-14: Basitleştirilmiş Enerji Akışı Modeli	216
Tablo 4-1: İşletmenin 2017 Yılı için Enerji Tüketimleri ve Maliyetleri	234
Tablo 4-2: İşletmenin Aydınlatma için Enerji Tüketimi ve Maliyeti	235

Tablo 4-3: İşletmenin Fan Motorları için Enerji Tüketimi ve Maliyeti.....	237
Tablo 4-4: Üretim Makinelerinin Enerji Kaynak Maliyetinin Hesaplanması	238
Tablo 4-5: Yıllık Kömür Tüketimi Hesaplaması	239
Tablo 4-6: Enerji Maliyetlerinin Faaliyet Maliyeti Havuzlarına Tahsisi	240
Tablo 4-7: İkinci Aşama Faaliyet Maliyet Sürücüleri	241
Tablo 4-8: İkinci Aşama maliyet Sürücüleri Bilgileri	241
Tablo 4-9: Faaliyet Maliyetlerinin Maliyet Objelerine Dağıtılması	242
Tablo 4-10: Geleneksel Yönteme Göre Firmanın Enerji Maliyet Tahsisi.....	243
Tablo 4-11: Maliyet Tahsisi Karşılaştırma Sonuçları	244
Tablo 4-12: İşletme Birimlerinin Enerji Kullanım Endeksi	247
Tablo 4-13: İşletme Birimlerinin Enerji Maliyet Endeksi	249

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1-1: Dünya Enerji Kaynakları.....	13
Şekil 1-2: 2005-2015 Arası Dünya’da Birincil Enerji Tüketiminin Karşılaştırması .	14
Şekil 1-3: Türlerine Göre Fosil Yakıt Rezervlerinin Kalan Ömürleri	15
Şekil 1-4: Yakıt Türüne Göre Dünya Pazarında Enerji Kullanımı	18
Şekil 1-5: Dünya Genelinde Doğalgaz Rezervi, Üretimi Ve Tüketimi	19
Şekil 1-6: Yenilenebilir Enerji Tüketimi (Katrilyon BTU)	21
Şekil 1-7: Yakıt Tipine Göre Dünya Net Elektrik Üretimi, (Trilyon Kilovat).....	26
Şekil 1-8: Nüfus, GSYİH Büyüme Oranı ve Birincil Enerji Talebi Projeksiyonları.	27
Şekil 1-9: Ülke Gruplarına Göre Dünya Enerji Tüketimi, (Katrilyon Btu).....	28
Şekil 1-10: Türlerine Göre Fosil Enerji Kaynakları	29
Şekil 1-11: Kişi Başına Enerji Tüketimi Ve Yıllık Gelir Karşılaştırılması	30
Şekil 1-12: 2016 Yılı Türkiye Elektrik Enerjisi Üretiminde Kaynaklarının Payları .	41
Şekil 1-13: Son 7 Yılda Elektrik Üretimi ve Tüketimi.....	41
Şekil 1-14: Sektörlere Göre 2016 Yılı Türkiye Elektrik Enerjisi Tüketimi	42
Şekil 1-15: Enerji Ekonomisinin Bağlantıları.....	47
Şekil 1-16: Bütçe Kısıtı.....	49
Şekil 1-17: Fayda Maksimizasyonu.....	50
Şekil 1-18: Bireysel Enerji Talebi Eğrisi	51
Şekil 1-19: Küresel Nüfusu Gelişimi.....	55
Şekil 1-20: Arz ve Talep Dengesi.....	69
Şekil 1-21: Kömür talebi.....	72
Şekil 1-22: Tamamlayıcı Malın Fiyatındaki Artışın Talep Eğrisine Etkisi	73
Şekil 1-23: Kömür Arzı Eğrisindeki Değişim	74
Şekil 1-24: Arz ve Talep Dengesi.....	76
Şekil 1-25: Kömür Talebindeki Artışın Etkisi	77
Şekil 1-26: Kömür Fiyatlarına Uygulanan Hükümet Vergisi	78
Şekil 2-1: Hubbert’in İlk Uyarı Çağrısı	88
Şekil 2-2: Dünya Enerji Tüketimi: Dünü, Bugünü ve Geleceği	89
Şekil 2-3: Enerji Verimliliği Tedbirlerinin Makroekonomik Etkileri	96
Şekil 2-4: 1973 ve 2015 Yılı Dünya Birincil Enerji Arzı Kaynak Dağılımları	98
Şekil 2-5: Dünya Enerji Tüketimi.....	100

Şekil 2-6: İnsan Girişimlerinde 1750'den 2000 Yılına Kadar Olan Değişim	102
Şekil 2-7: Karbondioksit Yoğunluğunun Yıllar İçinde Değişimi	103
Şekil 2-8: Ozon Hasarının Orman Ağaçlarına Olan Etkisi (2000)	105
Şekil 2-9: Asit Yağmurları.....	106
Şekil 2-10: ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi.....	113
Şekil 2-11: Dünya’da Sektörlere Göre Enerji Tüketimi	114
Şekil 2-12: Avrupa Birliği'nde Sektörel Sera Gazı Emisyonu (2007)	118
Şekil 2-13: Dünya Sanayi Sektöründe Enerji Tüketimi.....	119
Şekil 2-14: İmalat Sektöründe Enerji Kullanımı	120
Şekil 2-15: Enerji Yönetimi Programı	130
Şekil 2-16: Enerji Maliyetleri – Geçmiş ve Gelecek	134
Şekil 2-17: Sürdürülebilirliğin Üç Temel Unsuru	137
Şekil-2-18: 2016 Dünyadaki Enerji Tüketiminin Bölgesel Dağılımı	141
Şekil 2-19: Enerji Kaynakları Kullanımı, Çevresel Etki ve Sürdürülebilirlik	142
Şekil 3-1: Enerji Dengesi Tablolarının Tipik Yapısı	160
Şekil 3-2: Plastik İşleme İçin Genel Bir Maliyet Dökümü.....	164
Şekil 3-3: Muhasebenin Enerji Yönetimindeki Yeri	171
Şekil 3-4: Enerji Verimliliği Ölçümü	182
Şekil 3-5: Yönetim, Finansal ve Maliyet Muhasebesi İlişkileri	192
Şekil 3-6: Maliyet Yükleme, Takibi ve Dağıtım Arasındaki İlişki	196
Şekil 3-7: Geleneksel ve Faaliyet Tabanlı Sistemler için Maliyet Tahsis Süreci	200
Şekil 3-8: Faaliyet Tabanlı Maliyetlerde Genel Gider Kullanımı	202
Şekil 3-9: Faaliyet Havuzlarına Maliyetlerin Yüklenmesi	205
Şekil 3-10: Faaliyet Tabanlı Maliyetleme Modeli	207
Şekil 4-1: Ürün Grupları	229
Şekil 4-2: Enerji Kaynak Maliyet Kategorisi	231
Şekil 4-3: Maliyet Havuzları.....	232
Şekil 4-4: Firmanın Enerji Maliyet Tahsisi	233
Şekil 4-5: Bazı Enerji Kullanım Endeksi Oranları	246
Şekil 4-6: İşletme Birimlerinin Btu Cinsinden Yıllık Enerji Tüketimleri	247
Şekil 4-7: İşletmenin Dört Yıllık Enerji Kullanım Endeksi	250

GİRİŞ

Dünya bankası verilerine göre günümüzde bir milyardan fazla insan elektriksiz yaşamaktadır. Diğer taraftan üç milyar insan odun, kömür, gübre gibi kirletici yakıtlarla evlerini ısıtmaya ve yemeklerini pişirmeye devam etmektedir. Bu da yılda 4,3 milyon kişinin hayatına kaybetmesine sebep olan iç ve dış hava kirliliğine neden olmaktadır. Enerjiye olan erişimdeki gelişmeler bu hızda devam ederse, 2030 yılında dünyanın elektrik kullanım oranı sadece %92'ye ulaşacak ve bu da birçok insanı karanlıkta bırakılmaları, ekonomik ve sosyal fırsatlardan geri kalmaları anlamına gelmektedir.

Enerjinin geleceği insanlık için kritik öneme sahiptir ve çok geç kalmadan harekete geçmek, enerjinin bugünkü durumunu iyi anlamaktan geçer. Bu kapsamda fosil kaynakların tüketimdeki payı, yenilenebilir kaynaklara olan ihtiyaç, nüfus ve milli gelirdeki büyümenin dünya enerji talebini nasıl etkilediği incelenmesi gerekmektedir. Fosil kaynaklı enerjinin çevreye maliyeti hakkında artan farkındalık ülkeleri, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, Kyoto Protokolü ve Paris Anlaşması gibi toplantılarda mevcut ve gelecekteki stratejilerin odağı olan küresel enerji politikalarının görüşmek üzere bir araya getirmiştir.

2017 yılı itibariyle 850 milyar dolarlık gayri safi yurtiçi hasıla (GSYİH) ve 80 milyonluk bir nüfusa sahip Türkiye, dünyanın 17'nci en büyük ekonomisidir. Son yıllarda Türkiye'deki hızlı nüfus artışı ve ekonomik büyüme enerji talebinde önemli ölçüde artışa neden olmuştur. Türkiye, enerji ihtiyacını karşılamak için fosil yakıtlara bağımlı bir görünüm arz etmektedir. Türkiye ekonomik büyümeye katkıda bulunacak, istikrarı ve refahı sağlayacak şekilde enerjiyi sürdürülebilir, yeterli, güvenilir ve rekabete açık fiyatlardan sağlama stratejileri alternatif enerji kaynakları üzerindeki çalışmalarla desteklenmesi gelecekteki yaşanabilecek enerji sorunlarına çözüm önerileri olarak sunulmaktadır.

Enerji sistemlerinin, bileşenlerinin ve enerji akışlarının finansörü konumunda olan ekonominin, sosyal kalkınmayı ve refahı arttırmak için çeşitli bilgi ve araçlara ihtiyacı vardır. Enerji ekonomisi, enerji arzı ve talebi ile ilgili faaliyetlere odaklanan ekonominin bir alt disiplini olarak bu amaca hizmet eder. İktisat teorisi açısından enerji

arzı ve talebi analizi veya hesaplamasında kullanılan prensipler diğer mal ve hizmetlerin arz ve talebinde kullanılan iktisat prensiplerinden farklı değildir. Ancak, analiz edilen enerji piyasalarının kendine özgü karakteristik özellikleri ve dikkat gerektiren ölçüm problemleri bulunmaktadır. Sürdürülebilirliğin üç temel unsuru olan sosyal, ekonomik ve çevresel ilişkiler ile enerji arzı ve talebi arasındaki denge her zamankinden çok daha ön plana çıkmış durumdadır ve enerji ihracatçısı ekonomiler için dahi küresel ısınma, enerji verimliliği ve yönetimi stratejik gündem maddeleri haline gelmiştir.

Enerji yönetimi kavramı insanlık tarihi için yeni değil, yüzyıllar boyunca insan hayatının önemli bir parçası olagelmıştır. Medeniyet geliştikçe artan enerji ihtiyacı, azalan doğal kaynaklar ve küresel iklim değişikliği tehdidi gibi nedenlerden dolayı, herkesin enerjiyi verimli ve akılcı bir şekilde kullanılmasının önemi belirginleşmiştir. Enerji tasarrufu, daha az enerji hizmeti kullanarak enerji tüketimini azaltmak iken enerji verimliliği sabit bir hizmet için daha az enerji kullanmak anlamına gelmektedir. Enerji yönetiminin ise kapsamı daha geniş olup enerjinin etkin ve akılcı kullanımı ile performansı etkilemeden tüketimini, çevreye bıraktığı olumsuz etkileri azaltmaya odaklanmaktadır. Enerji yönetiminin amaçları arasında kullanıcıların ihtiyaç duydukları enerjiye kesintisiz erişim sağlarken kaynakların korunması, çevresel etkilerinin azaltılması ve maliyet tasarrufu konuları yer almaktadır.

Son yirmi yılda enerji yönetimi sanayi firmalarındaki destekleyici işlevleriyle önemli ölçüde gelişmiştir. Geçmişte, enerji fiyatlarının düşük ve çok değişken olmadığı dönemlerde enerji maliyetleri, toplam üretim maliyetlerinin sadece küçük bir bölümünü oluşturuyordu. İşletmelerin kurumsal yöneticileri için enerji, üretim sürecinde çok düşük hatta hiç önemi olmayan bir girdi faktörüydü. Bundan dolayı, enerji maliyetleri çoğu zaman yöneticileri doğrudan sorumlu olduğu bir maliyet kategorisi olarak değil de bir genel gider olarak ele alınmıştır. Son zamanlarda artan enerji fiyatları, özellikle enerji yoğun şirketlerin finansal tablolarında önemli bir maliyet kalemi olarak yer almaktadır.

Zaman ve yine enerji yönetimi göstermiştir ki gelişmiş enerji verimliliği ile enerji tüketimi ve enerji maliyetleri büyük ölçüde azalabilmektedir. Tasarruf edilen bu

enerji başka bir yerde kullanılabilir böylelikle enerji yönetimi daha önce bahsi geçmeyen bir kaynak olmuş olur. Aslında enerji yönetimi sayesinde elde ettiğimiz enerji en ekonomik yeni enerji kaynağı olduğunu her zaman kanıtlamıştır. Buna rağmen firmaların enerji yönetimi uygulama oranları teknolojik, ekonomik, örgütsel ve benzeri engellerden dolayı günümüzde olması gerekenin çok altında kalmaktadır.

Büyümekte olan çevresel sorunlara cevap vermek amacıyla bireylerin, işletmelerin ve ülkelerin farkındalığının ve sorumluluğunun geliştirilmesi ile birlikte, sürdürülebilir kalkınma kavramı, enerji kullanımı ve tüketim de dahil olmak üzere çevre sorunlarına başarılı çözümler için seçenekler aramak üzere tanımlanmıştır. Enerji sürdürülebilirliği tanımı, enerji güvenliği, enerjiye erişimde eşitlik ve çevresel sürdürülebilirlik olmak üzere üç ana boyuta dayanmaktadır. Sadece temel ilkelere saygı ile enerji istikrarı ve uzun vadeli enerji sürdürülebilirliği sağlanabilir

Çoğumuz için muhasebe parayla ilişkili olan bir kavramdır ve enerji ile ilişkisi doğrudan algılanamaz. Enerji işletmeler için stratejik öneme sahip bir girdidir ve bu girdinin finansal sonuçları yöneticilerin gündeminde önemini giderek arttırmaktadır. Bu noktada enerji maliyetleri gibi bir işletmede meydana gelen finansal nitelikli olaylar muhasebe bilgi sisteminin alanına girer ve sağladığı bilgiler karar vermede belirsizliği azalttığı ölçüde değerlidir. En etkili enerji verimliliği çalışmaları doğrudan muhasebe biriminden gelebilir.

Enerji faturalarındaki azalmalar her kesimden bireyi memnun eden bir durumdur ve enerjinin maliyetlerini kontrol altına almayı gerektirir Enerji muhasebesi, işletme yönetimine karar alma, planlama, yönetim ve kontrol için enerji tüketimi ve maliyetleri ile ilgili bilgi ve belgelerin toplanması, kaydetme, sınıflandırma, raporlama ve yorumlama fonksiyonlarını yerine getiren muhasebe dalıdır.

Otomasyona dayalı modern imalat sanayide maliyet bilgilerine duyulan ihtiyacın çeşitliliği ve seviyesi de artmıştır. Faaliyet tabanlı maliyetleme (FTM) endirekt üretim maliyetlerinin ürünlere dağıtımını iyileştirmek ve bu maliyetlerin yönetimine yardımcı olmak için maliyet biriktirme sistemini kullanan bir yöntemdir. Genel olarak, FTM bir şirketteki tüm kaynak maliyetlerini şirketteki faaliyetlere tahsis eder. Bununla birlikte FTM sistemi enerji maliyetleri gibi şirket genelinde belirli bir kaynak maliyetinin

dağılımını belirlemek için de kullanılabilir. Bir enerji maliyet tahsisi sistemi ile yönetim, hangi faaliyetlerin ve ürünlerin veya maliyet merkezlerinin en fazla enerji harcadığını ve en yüksek enerji maliyetine neden olduğunu belirleyebilir. Bu bilgi olası enerji israfının nerelerden kaynaklandığını tanımlamayı kolaylaştırabilir. Yönetim, dikkatini büyük enerji kullanımı alanlarına odaklayabilir ve üretim birimlerini yeniden tasarlamının israfı azaltıp azaltmayacağını ve enerji verimliliğine katkısını değerlendirebilir.

Bu çalışmanın amacı artan enerji ihtiyacı, azalan doğal kaynaklar ve küresel iklim değişikliği gibi tehditlere odaklanan enerji yönetiminde, muhasebe bilgi sisteminin oynadığı kritik rolü, sürdürülebilirliğe ve karar alma sürecine sağladığı katkıyı ortaya koymaktır. Bu amaç doğrultusunda “Muhasebe bilgi sistemi enerji yönetimine ne şekilde fayda sağlar?” sorusu çalışmanın temel araştırma sorusu olarak cevaplandırılmaya çalışılacaktır.

Çalışmanın ilk kısmında teori ve metodolojiyi kapsayan ilk üç bölümde kavramsal çerçeve ortaya konulmuştur. Bu alt yapının oluşturulmasında elektronik ve basılı kitaplar, raporlar, makaleler, vb. kaynaklardan yararlanılmıştır. Çalışmanın ikinci kısmı teorik bilgilere destek sağlamak için bir imalat işletmesi yapılan faaliyet tabanlı maliyetleme ve enerji performans ölçümü uygulamalarından oluşturmaktadır. Bu uygulamada maliyet ve yönetim muhasebesi alanında en yaygın araştırma yöntemlerinden biri olan olay incelemesi ve görüşme yöntemleri kullanılmıştır.

Enerji yönetimi ve muhasebesi konusu hakkında ülkemizde yapılan çalışmalar incelenmiş ve daha sonra uluslararası alanda yapılan çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Yabancı literatürde yer alan çok sayıda bilimsel çalışmanın enerji muhasebesi konusu için destekleyici bir arka plan sağlamaktadır. Yerli literatüre baktığımızda enerji yönetimi ve muhasebesi hakkında kitapların, hakemli dergilerin, bilimsel makalelerin sınırlı olduğu görülmektedir. Bilgimiz dahilinde bu çalışma ülkemizde enerji maliyetlerini faaliyet tabanlı maliyetleme modeli ile analiz eden ve enerji yönetimine sağlayacağı katkıları teorik ve uygulamalı olarak ortaya koyan ilk çalışmadır. Bu çalışmanın işletmelerin enerji yönetimi uygulamalarını daha fazla kaynak ışığında hayata geçirmelerine katkı sağlaması beklenmektedir.

Yukarıdaki açıklamalar doğrultusunda bu çalışma dört bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın ilk bölümünde enerjinin kavramsal çerçevesi açıklanmış, Türkiye ve dünya genelinde enerjinin durumu incelenmiş ve iktisadi bir bakış açısıyla enerji arzı ve talebi kavramları ele alınmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde enerji yönetimi ve sürdürülebilirlik ile ilişkisi üzerinde durulmuştur. İşletmeler için önemli bir girdi olan enerjinin meydana getirdiği finansal nitelikli olayları açıklamaya çalışan enerji muhasebesi konusu çalışmamızın üçüncü bölümünü oluşturmaktadır. Bölümün devamında ayrıntılı maliyet verileri sağlayan modern bir yaklaşım olan faaliyet tabanlı maliyetleme modeli açıklanmış ve modelin enerji maliyetlerini belirlemede işlevleri üzerinde durulmuştur. Çalışmanın son bölümü önceki bölümlerde teorik çerçevesi açıklanan enerji yönetimi ve muhasebesi konularını desteklemek amacıyla bir üretim işletmesinde enerji maliyetlerinin FTM yöntemine göre analizini ortaya koymaya yönelik bir uygulamayı içermektedir.

Çalışmamızın teorik ve uygulama boyutundan elde edilen bulgular sonuç ve öneriler bölümünde özetlenmiş ve yorumlanmıştır. Elde edilen sonuçlar ışığında ilgili çevrelerce enerji yönetimi ve muhasebesi konusunda farkındalığın arttırılması ve gelecekte çalışmalara bir kaynak oluşturması için çeşitli öneriler geliştirmeye çalışılmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

Enerjinin Kavramsal Çerçevesi ve Enerji Ekonomisi

Bu bölümde enerjinin kavramsal çerçevesini ele alırken insanoğlunun var oluşundan itibaren başlayan enerji ihtiyacının önemine ve enerji teriminin nerden hayatımıza girdiğine değinilecektir. Genellikle potansiyel ve kinetik olmak üzere iki ana grupta ayrılan enerji türleri kısaca açıklanacaktır. Enerji üniteleri, birimler ve birbirleri arasında dönüşümleri açıklanacaktır. Değişik formlarda karşımıza çıkan enerji kaynaklarının en çok kabul gören birincil ve ikincil kaynaklar sınıflandırması ele alınacak ve alt başlıklarında kaynağın elde edilmiş biçimine göre tasniflenen yenilenebilir – yenilenemez enerji kaynakları analiz edilecektir.

Enerjinin geleceği insanlık için kritik öneme sahiptir ve çok geç kalmadan harekete geçmek için enerjinin bugünkü durumunu iyi anlamak gerekir. Bu kapsamda fosil kaynakların tüketimdeki payı, yenilenebilir kaynaklara olan ihtiyaç, nüfus ve milli gelirdeki büyümenin dünya enerji talebini nasıl etkilediği incelenecektir. Fosil kaynaklı enerjinin çevreye maliyeti hakkında artan farkındalık ülkeleri, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, Kyoto Protokolü ve Paris Anlaşması gibi toplantılarda bir araya getirmiştir. Bu birleşmelerde genel olarak mevcut ve gelecekteki stratejileri belirleyen küresel enerji politikalarının odağı üzerinde durulmuştur.

Türkiye'nin en önemli kalkınma önceliklerinden biri enerji hamleleridir. Gelişmekte olan bir ülke konumundaki Türkiye, yüksek enerji ihtiyacı ile tüketimde dünyada ilk yirmi ülke arasında yerini almıştır. Bu kısımda Türkiye'nin başlıca enerji kaynaklarının arzı ve talebi incelenecek ardından önemli bir coğrafi konuma sahip olan Türkiye'nin enerji arzı güvenliğini sağlama noktasındaki politikaları ele alınacaktır.

Enerji sistemlerinin, bileşenlerinin ve enerji akışlarının finansörü konumunda olan ekonominin, sosyal kalkınmayı ve refahı arttırmak için çeşitli bilgi ve araçlara ihtiyacı vardır. Enerji ekonomisi, enerji arzı ve talebi ile ilgili faaliyetlere odaklanan ekonominin bir alt disiplini olarak bu amaca hizmet eder. Son bölümde insanlık tarihi boyunca artan enerji arz ve talebi iktisadi bir bakış açısıyla ele alınacaktır. İktisat

teorisi açısından enerji arzı ve talebi analizi veya hesaplamasında kullanılan prensipler diğer mal ve hizmetlerin arz ve talebinde kullanılan iktisat prensiplerinden farklı değildir. Ancak, analiz edilen enerji piyasalarının kendine özgü karakteristik özellikleri ve dikkat gerektiren ölçüm problemleri bulunmaktadır. Bölümün sonunda tam rekabetçi bir piyasa modeli örneği olarak kömür arz ve talebi sayısal örneklerle anlatılmaya çalışılacaktır.

Çalışmamızın odak noktasını oluşturan enerjinin kavramsal çerçevesinin ele alındığı bu bölümde ayrıntılı bir içerik oluşturmaya gayret edilmiştir. Bunun bir nedeni enerji konusuna aşina olmayan kesimlere yönelik geniş kapsamlı bir referans sağlamaktır. Aslında enerji konusu, hakkında bilgisi olan ilgililer için bile zaman zaman kafa karışıklılığına sebep olabilecek çok çeşitli kavramları kapsamaktadır. Diğer taraftan çalışmamızın ana konusu olan enerji yönetimi ve muhasebesi içeriği nedeniyle çok disiplinli bir konudur ve iyi anlaşılabilmesi için birçok bilim dalından yararlanması gerekir. Bunlar arasında hukuk, iktisat, mühendislik, fizik, dış politika ve işletme bilim dalları yer almaktadır.

1.1. Enerji Kavramı

İnsanlığın varoluşundan itibaren başlayan enerji kullanımı bugün günlük yaşantımızda gördüğümüz birçok şeyin işlevini devam ettirebilmesi için vazgeçilmez bir girdidir. Gelişmiş veya gelişmekte olan tüm ekonomilerin enerjiye olan ihtiyacı stratejik potansiyeli itibariyle kritik bir öneme sahiptir. Enerjinin kıymetinin belirlenmesinde iktisadi bir yaklaşımla az ya da çok bulunması ve ona olan ihtiyaç rol oynamaktadır (Yalçın, 2006: 42). Sürekli artan dünya nüfusu ve buna paralel olarak artan enerji tüketimi için enerjiye olan ihtiyaç, doğada sınırlı olan enerjinin önemini giderek arttırmaktadır.

Eski Yunanca'da "bir şey yapmak veya olmak" anlamında kullanılan "energia" sözcüğünden türeyen "enerji" kavramı, ilk modern fizikçiler tarafından *iş yapma kapasitesi veya kabiliyeti* olarak tanımlanmıştır (Ghosh ve Prelas, 2009: 1; Übelacker, 2005: 4). Bir durum fonksiyonu olarak vurgulanan enerji, fiziksel bir sistemin yapabileceği iş miktarı veya ısı transferi miktarını belirler (Kaya ve Öztürk, 2014: 1). Burada bir işin tanımı, canlı cansız herhangi bir maddenin bir noktadan bir başka

noktaya hareketi ya da fiziksel, kimyasal olarak bir şekilden başka bir şekle dönüşmesi olarak ele alınmaktadır ve enerji kullanımını gerektirir (Kükreler'den aktaran Tutar ve Eren, 2011: 2). Enerjinin ölçümü doğrudan yapılamamakta, bir nesnenin fiziksel konumunu değiştirmek için yapılması gereken iş aracılığıyla veya enerjinin türüne göre değişik hesaplamalar yoluyla bulunabilmektedir (Çağıl, 2012: 1).

Enerjinin başka biçimlere dönüşebildiğinin keşfedilmesiyle insanlığın yaşamı daha da kolaylaşmaya ve modern medeniyetin temelleri atılmaya başlanmıştır (Aydın, 2014: 21). Modern insanın hayat kalitesini artıran, ekonomik ve sosyal gelişmeye katkı sağlayan enerji, hem temel hem de karmaşık ihtiyaçların karşılanması konusunda hayati öneme sahiptir (Alemdaroğlu, 2008: 9). İnsanlar ve yaşam için bu denli önemli olan enerji, ekonomiden sosyolojiye, fizikten çevre bilimine, politikadan sağlığa kadar değişik alanların önemli bir parametresi durumundadır (Kavcıoğlu, 2015: 5). Dünya bankası verilerine göre dünyada yaşayan insanların yaklaşık dörtte biri elektrik enerjisinden faydalanamamaktadır (The World Bank, 2018). Bu veriden yola çıkarak, iletişim ve ulaşım gibi, “*enerji kullanımı neden çağa uygun hale gelmedi, bu soruna eğilmede neden geç kalındı?*” sorusu akla gelmektedir. Bu soruya bir cevap olarak: “*Enerjinin bilimsel tanımı oldukça geç olarak (1807) yapıldığı*” belirtilmektedir (Mutlu, 2014: 16-17). Kısa bir süre sonra, Enerjinin Korunumu Yasası 1837 yılında literatürdeki yerini almıştır. Evrende sınırlı olan enerji rezervlerini korumanın önemi üzerindeki farkındalık geç fark edilmiş olsa da, gelişen teknolojiyle birlikte ortaya çıkan geleneksel olmayan kaynaklardaki yenilikler bu konuda gelecek nesillere karşı olan sorumluluğumuzu yerine getirebilme noktasında umut vadetmektedir.

1.2. Enerji Türleri

Dünyamızda enerji hareket, ışık, ısı, kimyasal gibi birçok farklı türlerde bulunmaktadır. Ancak, enerji türleri fiziksel iş yapabilme kabiliyetlerine bağlı olarak Potansiyel ve Kinetik Enerji olarak iki grupta toplanabilir. Bir ivme meydana geldiğinde bu iki enerji biçimi yer değiştirebilmektedir.

1.2.1. Potansiyel Enerji

Depolanmış enerji olarak ta bilinen potansiyel enerji, yeryüzünde bir nesnenin bulunduğu yer, yükseklik, ağırlığına ve yerçekimine bağlıdır (Aydın, 2014: 23). Çeşitli

potansiyel enerji kaynakları arasında nükleer enerji, kimyasal enerji, yerçekimi enerjisi, ısı enerjisi sayılabilir. Örnek olarak bir barajın arkasındaki suyun yerçekimsel enerjisi, saat zembereği veya pil potansiyel enerjiye sahiptir.

Zeminden 100 m yükseklikten düşen bir kilogram su ile üretilen enerji, potansiyel enerjinin bir örneğidir ve aşağıdaki gibi hesaplanabilir (Al-Shemmeri, 2011: 3):

Potansiyel enerji = yerçekimine bağlı kütle \times ivme \times referans noktası

$$PE = 1 \times 9.81 \times 100 = 981 \text{ Joule / kg}$$

1.2.2. Kinetik Enerji

Kinetik enerji atomların, moleküllerin, elektronların, dalgaların ve cisimlerin hareket etmesi sonucu açığa çıkan enerjidir (Aydın, 2014: 24). Öteleme kinetik enerjisi ve dönem kinetik enerjisi cismin hareketine göre belirlenen türlerdir. Radyan enerjisi, hareket enerjisi, termal veya ısı enerjisi ve ses enerjisi örnek olarak gösterilebilir.

2 m/s'lik bir hızla akan bir nehirdeki suyun sahip olduğu kinetik enerji (Al-Shemmeri, 2011: 3):

$$\text{Kinetik enerji} = 1/2 \text{ kütle} \times \text{hız karesi} = 1/2 \times 1 \times (2)^2 = 2 \text{ J/kg}$$

Kütlenin düştüğü süre içinde, potansiyel enerjisinin azaldığı, kinetik enerjisinin arttığını görebiliriz. Bununla birlikte, her iki enerji formunun toplamı düşüş sırasında sabit kalmalıdır. Fizikçiler ve mühendisler, bu istikrarı, sistemin enerjisinin toplam miktarının her zaman aynı olması gerektiğini belirten “enerjinin korunumu yasası”nda ifade ederler (Beggs, 2002: 4-5).

1.3. Enerji Birimleri

Herhangi bir fiziksel büyüklük boyutları ile belirlenmektedir. Boyutlar ise birimlerle ölçülmektedir. Enerjiyle ilgili kullanılan birimler ile bunlar arasındaki çevirme katsayıları, yaygın olarak 1960 yılında kabul edilmiş “uluslararası birimler sistemi”nden alınmaktadır. Bazı nedenlerden dolayı enerji için 'KWh', 'terms', 'joules', 'calories', 'tep' vs. gibi aşina olmadığımız bir dizi üniteler ve birimler gelişmiştir.

Kullanımda daha yaygın olan bazı üniteleri ve bunların diğerine nasıl dönüştüğünü bilmek geçerli karşılaştırmalar yapmak için gereklidir.

Kilovat Saat (kWh)

Kilovat-saat (kWh), elektrik tedarik endüstrisinde ve daha az bir ölçüde gaz tedarik endüstrisinde yaygın olarak kullanılan bir enerji birimidir. 1 kW güç değerine sahip bir cihazın çalışması ile 1 saat içinde tüketilen enerji miktarını ifade eder. Bu nedenle:

$$1 \text{ kWh} = 3,6 \times 10^6 \text{ joule} = 3412 \text{ Btu} = 10^3 \text{ watt}$$

İngiliz Isı Birimi (British Thermal Unit; Btu)

İngiliz ısı birimi (Btu) eski emperyal enerji birimidir. Suyun sıcaklığını 1 Fahrenheit derece yükseltmek için gerekli olan enerjidir. ABD ve İngiltere’de kullanılmaktadır.

$$1 \text{ Btu} = 1.055 \times 10^3 \text{ joule}$$

Therme

Gaz üretim endüstrisinde kullanılan bir birimdir.

$$1 \text{ therme} = 100.000 \text{ Btu}$$

$$1 \text{ therme} = 1.055 \times 10^8 \text{ joule}$$

TEP (Ton eşdeğer petrol; Tonne of oil equivalent: Toe)

1 ton petrol karşılığı enerjidir. Petrol endüstrisinde ve farklı birimlere sahip enerji kullanıldığında tek tür enerji dönüşümü gerektiğinde kullanılan bir birimdir.

$$1 \text{ tep} = 4,5 \times 10^{10} \text{ joule}$$

Varil

Varil petrol endüstrisinde kullanılan başka bir enerji birimidir. 1 tep 7,5 varile eşdeğerdir

$$1 \text{ varil} = 6 \times 10^9 \text{ joule}$$

Kalori

Gıda endüstrisinde kalori en yaygın kullanılan enerji birimidir. 1 gram suyun sıcaklığını 1°C yükseltmek için gerekli ısı enerjisi miktarıdır.

$$1 \text{ kalori} = 4.2 \times 10^3 \text{ joule}$$

En yaygın yakıtlardan bazılarında ve bazı enerji birimi dönüşümlerinde bulunan ortalama enerjinin kısa bir listesi aşağıda Tablo 1-1'de gösterilmektedir.

Tablo 1-1: Enerji Birimleri Ve Yakıtların Enerji İçeriği

Birimler	Dönüşümler
1 KWh	3412 Btu
1 M ³ Doğal Gaz	1000 Btu
1 Ccf Doğal Gaz	100 ft ³ doğalgaz
1 Mcf Doğalgaz	1000 ft ³ doğalgaz
1 Therme	100,000 Btu
1 Varil Ham Petrol	5,100,000 Btu
1 Ton Kömür	25.000.000 Btu
1 Galon Benzin	125.000 Btu
1 Galon 2. Kalite Benzin	140.000 Btu
1 Galon Lp Gaz	95,000 Btu
1 Kordon Odun	30.000.000 Btu
1 Mbtu	1000 Btu
1 Mmbtu	10 ⁶ Btu
1 Quad	10 ¹⁵ Btu
1 Mw	10 ⁶ watt

1.4. Enerji Kaynakları

Enerji yoktan var edilemeyeceği gibi vardan da yok edilemeyeceği ancak bir şekilden başka bir biçime dönebileceği ve evrendeki enerjinin miktarının aynı kalacağı termodinamiğin temel kanunlarından (Aydın, 2014: 22). Örneğin, araç yakıtları için petrolün benzine (kimyasal enerjinin termal enerjiye) dönüştürülmesi veya evde ütü yaparken kullanılan elektrik enerjisinin ısı enerjisi biçimine dönüşerek kullanılmasıdır.

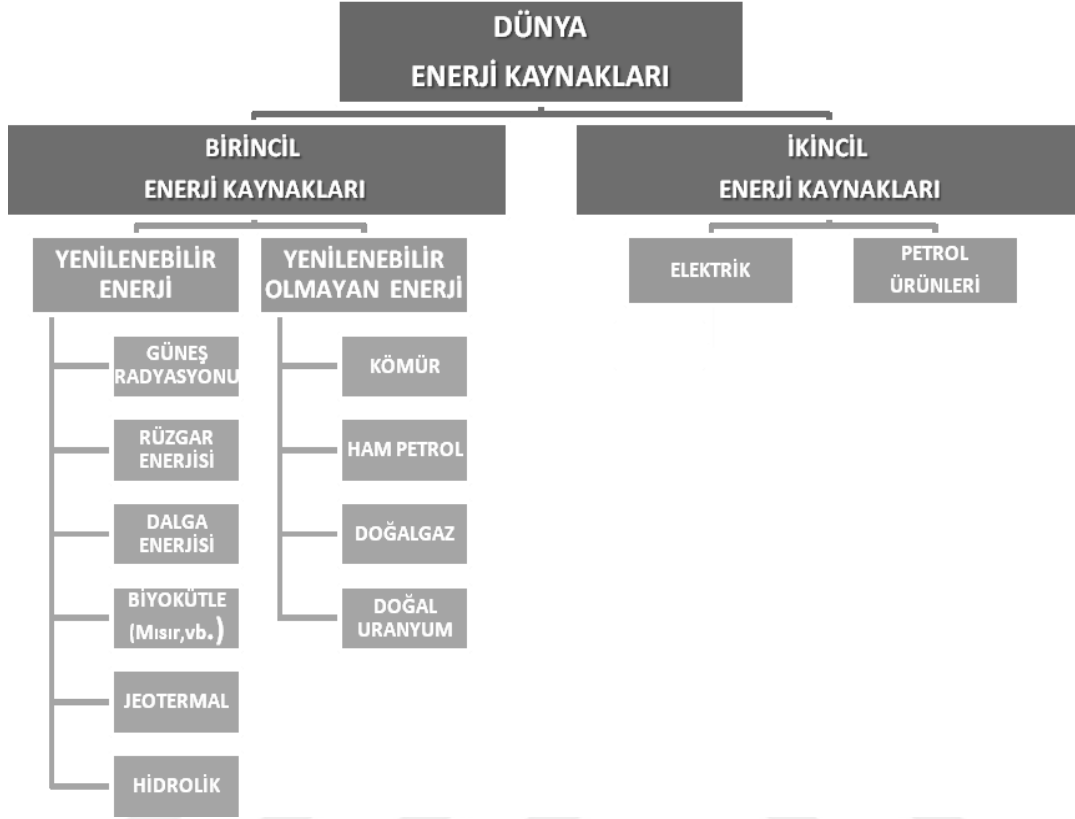
Çeşitli yollarla enerji üretilmesini sağlayan kaynaklara enerji kaynakları denir. Değişik formlarda karşımıza çıkan enerji kaynakları elde edilme biçimleri, kullanım yeri ve amaçlarına göre bazı unsurlar dikkate alınarak farklı şekilde sınıflandırılmaları

söz konusudur. Ticari-ticari olmayan, geleneksel-alternatif, organik-inorganik, yeraltı-yerüstü, katı-sıvı bunlardan bazılarıdır.

Bu çalışmada enerji kaynakları dönüşüme uğrayıp uğramadıklarına göre *Birincil Enerji ve İkincil Enerji* olarak ele alınacaktır. Ham petrol, kömür ve doğal gaz gibi herhangi bir dönüşümden geçmeden olduğu gibi tüketilen enerji kaynakları birincil enerji olarak tanımlanmaktadır. Rüzgâr, doğalgaz, petrol gibi fosil yakıtlardan çeşitli dönüşüm yöntemleriyle ısı, elektrik, hidrojen ya da akaryakıt gibi tüketime daha elverişli hale çevrilen enerjiye de ikincil enerji denilmektedir. Birincil enerji kullanılan kaynakların elde ediliş biçimine göre yenilenebilir enerji ve yenilenemez (tükenebilir, fosil) enerji kaynakları olarak iki başlıkta sınıflandırılmaktadır.

Yenilenebilir enerji, kısa sürede yerine konulan ve doğa tarafından takviye edilebilen enerjidir. Dünya genelinde enerjinin çoğu yenilenemez enerji kaynaklarından sağlamaktadır. Petrol, doğal gaz ve kömür gibi fosil kaynaklı tükenir enerjiler kısa zaman aralığında yaratılamayan enerji olarak tanımlanır. Bu tür enerjiler, yaşamları milyonlarca yıl önce sona ermiş bitki ve hayvan kalıntılarının yerkürenin içinden gelen ısı ve bu kalıntıların üzerinde bulunan kayaçlardan kaynaklanan basınç altında oluşmuş fosillerinden kaynaklanmaktadır (Satman, 2006: 47). Yenilenemeyen enerji kaynaklarının küresel ısınmaya ve çevresel kirlenmeye olan etkileri büyük sorunlara yol açmaktayken, yenilenebilir enerji kaynaklarının bu tür etkileri çok azdır veya yoktur. Bu yüzden günümüzde kullanımını artarak devam etmesine rağmen maliyetini yüksek olması yaygın kullanımını engelleyen en büyük etkidir.

Şekil 1-1: Dünya Enerji Kaynakları



Kaynak: (IEA'den aktaran Kavcıoğlu, 2015: 7)

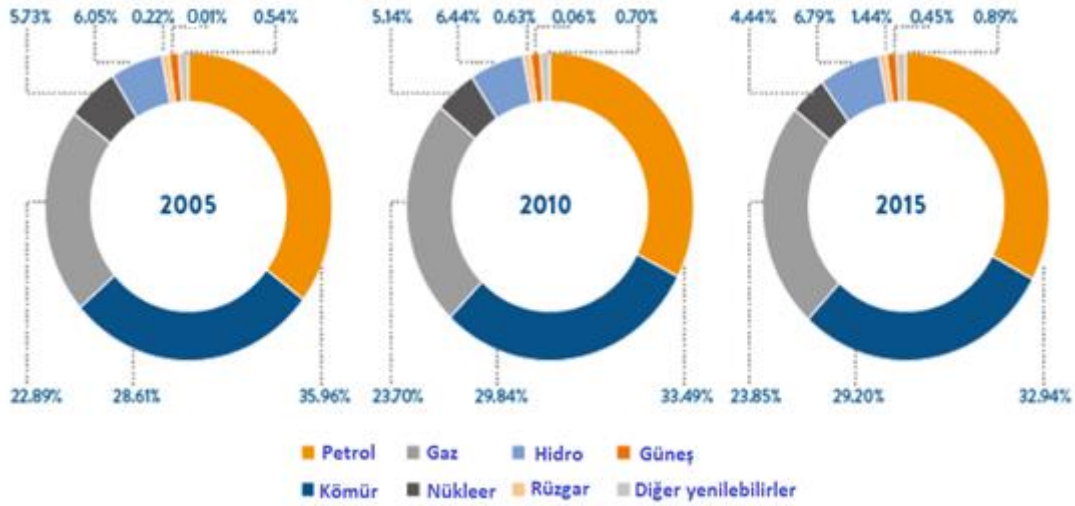
Günümüzde enerji sektöründe uygulanan teknolojilerin ve kaynakların çeşitlenmesi birçok fırsat yaratmaktadır, ancak genişleyen karmaşıklık beraberinde bazı zorlukları da getirmektedir. Enerji konusunda tutarlı veriler ve olgular hükümetler, uluslararası kuruluşlar ve şirketler gibi ilgili paydaşların stratejik karar verme süreçlerinin dayanağını oluşturmaktadır. (World Energy Council, 2016: 1). Günümüzde sürekli dalgalanan mevcut enerji verilerinin doğru ve tutarlı olması enerji arzı güvenliği ve çevresel etkileri gibi stratejik konularda alınacak kararlar açısından daha önemli hale gelmektedir.

1.4.1. Birincil Enerji Kaynakları

Birincil enerji doğada bulunan, insan tarafından tasarlanmış dönüştürme veya değiştirme sürecine tabi tutulmayan bir enerji biçimidir. Kömür, petrol ve doğal gaz gibi ham yakıtlarda veya bir sisteme girdi olarak alınan diğer enerji türlerinde bulunan enerjidir. Birincil enerji yenilenemez veya yenilenebilir enerji olarak ikiye ayrılır.

Birincil enerji kaynaklarının dünyadaki genel tüketimi hakkında bir fikir vermesi açısından Şekil 1-1'i inceleyebiliriz.

Şekil 1-2: 2005-2015 Arası Dünya'da Birincil Enerji Tüketiminin Karşılaştırması



Kaynak: (World Energy Council, 2016: 4)

Yakın tarihimizdeki birincil enerji kaynaklarındaki tüketim farklılıklarının karşılaştırmalı olarak verildiği şekilde yenilenebilir ve yenilemez enerjilerin genel durumu ortaya konmaktadır. Buna göre petrol tüketimi son on beş yılda yüzde 35,96'dan yüzde 32,94 seviyesine gerilediği diğer taraftan güneş enerjisi tüketiminin binde 1 oranından binde 45 seviyesine doğru arttığı görülmektedir. Bu iyi bir gelişme gibi görülse de son zamanlarda üzerinde durulan yenilenebilir enerji kaynaklarının üretimi ve tüketimi noktasında hala istenilen seviyelerin çok gerisinde olduğu görülmektedir.

Dünyanın toplam enerji talebi yılda yüzde 1 oranında artacağı varsayılırsa, toplam enerji talebinin yaklaşık yarısına ulaşmak için yenilenebilir enerjileri üretme süresi yaklaşık 30 yıl olacaktır. Geri kalan yarısı geleneksel fosil yakıtlar, nükleer veya hidroelektrik ile tedarik edilmesi gerekmektedir (Nersesian, 2016: 8). Basit bir hesaplama ortaya çıkan bu rakamlar yenilenebilir enerji kaynaklarının güncel durumu noktasında bir fikir vermektedir. Buradan, yenilenebilir kaynak tedarikinde atılması gereken daha çok adım olduğu ancak çok fazla zamanımız olmadığı anlamına gelmektedir. Yine de insanoğlu petrol uğruna savaşıırken harcadığı kaynakları, enerji altyapısını iyileştirmek için kullanabilirse bu konuda daha fazla katkı sağlamış olur.

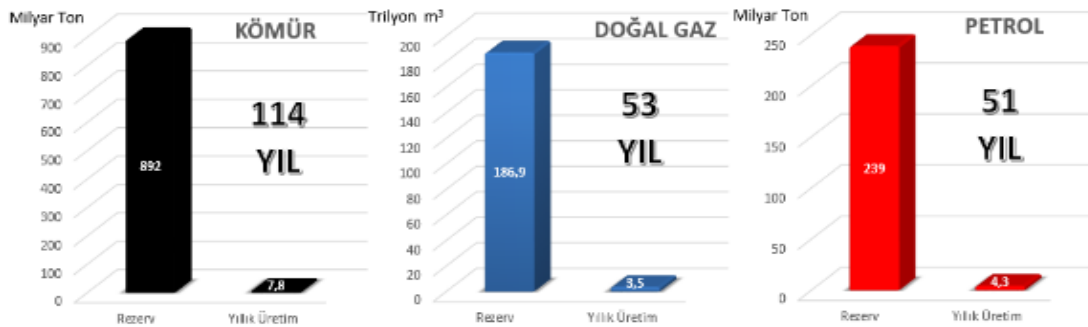
1.4.1.1. Yenilenemez (Fosil) Enerji Kaynakları

Yenilenemeyen bir enerji kaynağı, sürekli olarak değiştirilmeyen veya yalnızca çok yavaş değiştirilen ancak tamamen doğal süreçlere bağımlı bir kaynak olarak tanımlanabilir. Yenilenemez olarak kabul edilen fosil yakıtlar, sürekli olarak bitki ve hayvansal maddelerin çürümesi ile üretilebilir ancak üretim hızı o kadar yavaştır ki önümüzdeki yüz milyon yıl içinde değiştirilmeyecektir. Bu nedenle tekrar sağlanması mümkün olmayan "kullanılmış" olarak kabul edilmelidir (Ghosh ve Prelas, 2009: 2). Fosil kaynaklı enerji doğada sıvı, katı ve gaz halinde mevcut olan fosil kaynakların içerisinde bulunan enerjinin yanmasıyla elektrik, ısı vs. dönüşümüyle elde edilen enerjidir ve termik enerji olarak ta anılır. Bu enerji türüne örnek olarak petrol, doğalgaz, linyit, taş kömürü, uranyum gibi kaynakları sayabiliriz (Alemdaroğlu, 2008: 13).

Endüstri çağının başlangıcından bu yana fosil yakıtlar, endüstriyel süreçlerde hareketlilik ve ısıtma amaçlı enerji kaynağı olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Sanayileşmenin ilk günlerinde, artan enerji ihtiyacını karşılamak için odun ve diğer biokütle kaynakları yetersiz kalmıştır. Bu nedenle kömür, linyit ve daha sonra petrol ve doğalgaz için bir sanayi geliştirilmiştir. Günümüzde toplam birincil enerjinin yaklaşık %80'i fosil karbonun yanmasıyla üretilmektedir (Düren, 2017: 11).

Fosil yakıt rezervleri her geçen gün azalmakta olup özellikle petrol ve doğal gaz rezervleri kritik seviyelere yaklaşmaktadır. Şekil 1-2'de 2017 yılı itibariyle dünya kömür, doğal gaz ve petrol rezervlerinin durumu ve yıllık tüketim miktarları verilmiştir.

Şekil 1-3: Türlerine Göre Fosil Yakıt Rezervlerinin Kalan Ömürleri



Kaynak: (ETKB, 2017)

Dünyadaki toplam petrol rezervleri 1,7 trilyon varil civarında olup bu miktar, yaklaşık 51 yıllık tüketimi karşılamaktadır. Dünya doğal gaz rezervi 2015 yılı sonunda 187 trilyon m³ olarak belirlenmiş olup bu miktar küresel üretimi 53 yıl gibi bir süre boyunca karşılamak için yeterlidir. Dünya kömür rezervleri küresel üretimi 114 yıl boyunca karşılamaya yeterli olup tüm yakıtlar arasında en yüksek rezerv üretim oranına sahiptir. Amerika en fazla yerel rezerve sahip ülke olup, arkasından Rusya ve Çin gelmektedir (ETKB, 2017: 5).

Bundan sonraki bölümde dünya genelinde birincil enerji kaynaklarının oluşumu, kullanım alanları ve rezervleri ayrı ayrı ele alınacaktır.

1.4.1.1.1. Kömür

Kömür, katmanlı tortul çökellerin arasında bulunan katı, koyu renkli ve karbon bakımından zengin kayadır. Dünyanın çoğu bölgesinde bulunan kömüre, Yer Küre'nin yüzeye yakın bölümlerinde ya da çeşitli derinliklerde rastlanır. Kömür çok miktarda organik kökenli maddenin kısmi ayrışması ve kimyasal dönüşüme uğraması sonucunda oluşan birçok madde içerir. Bu oluşum sürecine kömürleşme denir (Wikipedia, 2018).

Kömür dünyanın birçok ülkesinde en çok kullanılan birincil enerji kaynağıdır. Kömürün ana kullanımı elektrik üretimine yöneliktir. Bununla birlikte, kömür kullanımında asit yağmuru ve karbondioksit emisyonlarına neden olan gaz salınımından dolayı küresel ısınmaya olan etkisi büyüktür. (Ghosh ve Prelas, 2009: 159).

Kömür, birincil enerji tüketiminin %30'unu kapsayan ikinci en önemli enerji kaynağıdır. Taşkömürü ve linyit (kahverengi kömür), bu yakıtla küresel olarak üretilen gücün %40'ını oluşturan temel enerji kaynaklarıdır (World Energy Council, 2016).

1.4.1.1.2. Petrol

Petrol, başlıca hidrojen ve karbondan oluşan ve içerisinde az miktarda nitrojen, oksijen ve kükürt bulunan çok karmaşık bir bileşimdir. Normal şartlarda gaz, sıvı ve katı halde bulunabilir. Gaz halindeki petrol, imal edilmiş gazdan ayırt etmek için genelde doğal gaz olarak adlandırılır. Ham petrol ve doğal gazın ana bileşenleri

hidrojen ve karbon olduğu için bunlar "Hidrokarbon" olarak da isimlendirilirler (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2017).

Petrol, küresel enerji tüketiminin %32,9'unu oluşturan dünyanın en önde gelen yakıtıdır. Petrolün yaklaşık %63'ü ulaştırma sektöründe tüketilmektedir. (World Energy Council, 2016). Petrolün ana tüketimi ulaştırma sektöründe olsa da, Tablo-1-2'den de görülebileceği gibi petrol çeşitli tüketici ürünlerinin temel hammaddesidir (Ghosh ve Prelas, 2009: 383).

Tablo 1-2: Hammaddesi Petrol Olan Ürünler

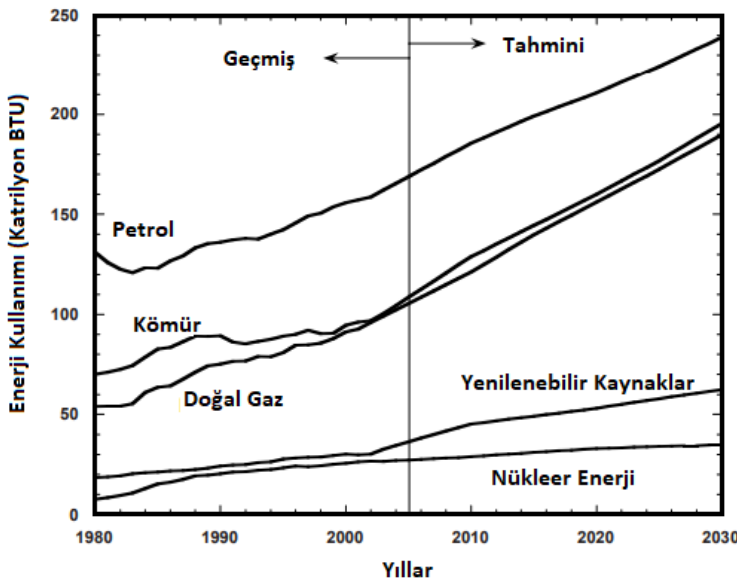
Ticari Ürünler			
Mürekkep	Buz Kovaları	Çöp Torbaları	Sıyırıcı
Bulaşık Yıkama Sıvıları	Kalafat	Boyalar	Kontak Lensler
Telefonlar	Can Yelekleri	Külotlu Çorap	Şampuan
Oyuncaklar	Bahçe Hortumları	Hortumu	Balıkçılık Çubukları
Böcek Öldürücüler	Güneş Gözlükler Soğuk	Yağ Filtreleri	TV Dolapları
Antiseptikler	Kremalar	Döşeme	Salata Tabaklar
İzolasyon	Antihistaminikler	Kasetleri	Tenteler
Deodorant	Pantolonlar	Ev Boya	Güvenlik Camı
Lastikleri	Yapma Dişler	Amonyak	VCR Kasetler
Linolyum	Diş Macunu	Saç Kremi	Film Şeridi
Kazak	Golf Topları Kortizon	Takımları	Hoparlörler
Buzdolabı	Yapay Uzuvar Paraşütler	Gözlükler	Kredi Kartları
Zemin Mumu	Musluklar İçin Contalar	Buz Sandığı	Su Boruları
Plastik Ağaç	Takım Rafları	Gübreler	Balıkçı Botları
Roller-Skate	Tenis Raketi Ayakkabı	Tuvalet Koltukları	Duş Perdeleri
El Losyonu	Cilası	Diş Fırçaları	Perdeler Deterjanlar
Gıda Koruyucu Maddeler	Ruj	Tel İzolasyon	Lastik Çimento
Şeffaf Banyolar	Parfüm	Fan Kemerleri	Jöle
Tek Kullanılmış Bebek Bezleri	Halılar	Kalp Kapakları	Duş Kapılar
Spor Otomobil Karosu	Sabunluklar	Aspirin	Buharlaştırıcılar
Elektrikli Battaniyeler	Plaj Şemsiyeleri Macun	Bandajlar	Katlanır Kapılar
Otomobil Akümülatörleri	Saç Boyası	Gitar Telleri	İşitme Cihazları
Sentetik Kauçuk	Bardaklar	Bagaj	Kalıcı Basın Giysileri
Vitaminli Kapsüller	İplik	Suni Çim	Boya Fırçaları
Çalkalama	Golf Çantaları	Bilyalı Kalemler	Bebekler
Alkol	Kayak	Tıraş Kremi	Balıkçılık Yemleri
Buz Küpü Tepsisi	Ayakkabı	Sabunluklar	Motosiklet Kaskları
Böcek Defedici	Çatı Su Geçirmez	Kameralar	Çadırlar

Kaynak: (Ghosh ve Prelas, 2009: 384)

Tablodan da görülebildiği üzere petrol insanoğlunun yaşamının her alanında yer almaktadır. Petrol, birçok ürün için hammadde birçok araç için yakıt olmasının dışında stratejik bir güç unsuru olarak savaşlara neden olan önemli bir kaynaktır (Öztürk ve Karbuz, 2006: 5).

Petrol, Şekil 1-4'te görülebileceği gibi 2030 yılına kadar dünya çapında en baskın enerji kaynağı olmaya devam edeceği beklenmektedir.

Şekil 1-4: Yakıt Türüne Göre Dünya Pazarında Enerji Kullanımı



Kaynak: (Ghosh ve Prelas, 2009: 3)

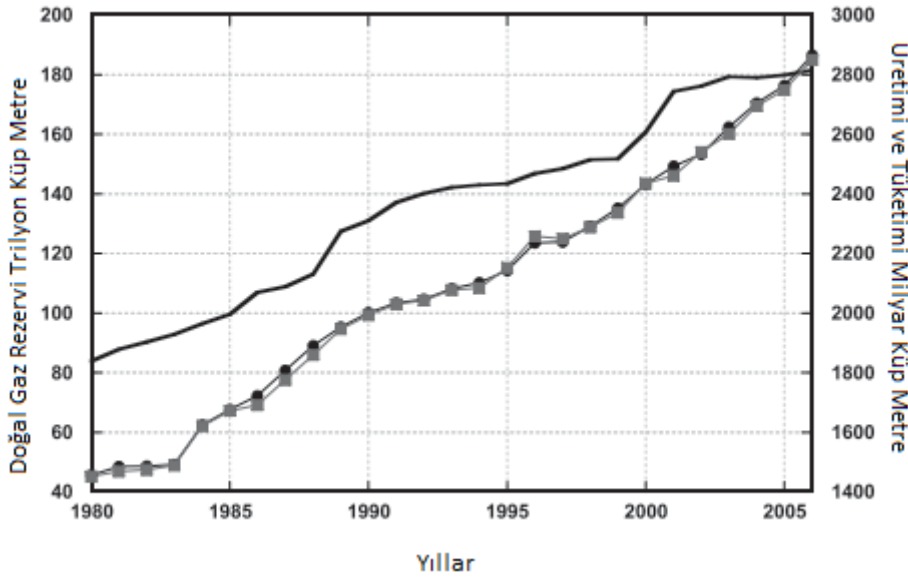
2016 yılında küresel olarak bulunmuş petrol rezervleri, 15 milyar varillik bir artış ile 1707 milyar varile yükseldi ve bu 2016 yılında 50,6 yıllık global üretim hedefini karşılamak için yeterlidir. Artış büyük oranda Irak'tan (10 milyar varil) ve Rusya'dan (7 milyar varil) oluşmaktadır. Bazı ülkelerde ve bölgelerde küçük düşüşler (<1 milyar varil) görülmüştür. OPEC ülkeleri şu anda kanıtlanmış rezervlerin % 71,5'ine sahiptir (British Petrol, 2017: 13). Uluslararası Enerji Görünümü, 2008 tahminleri dünya petrol ve diğer sıvı fosil kaynakların kullanımı, 2005'te günde 83,6 milyon varilden 2015 yılına kadar 95,7 milyon varile ve 2030 yılında günde 112,5 milyon varile yükselecektir. Dünya bu talebi karşılamak için yeterli petrol rezervine sahiptir.

1.4.1.1.3. Doğal Gaz

Bir petrol türevi olan doğal gaz: yanıcı, havadan hafif, renksiz ve kokusuz bir gazdır. Basta metan (CH_4) ve etan (C_2H_6) olmak üzere çeşitli hidrokarbonlardan oluşur. Yer altında, genellikle petrol ile birlikte veya gaz rezervuarlarında bulunur. Kaynağından çıkarıldığı haliyle herhangi bir işleminden geçirilmeksizin kullanılabilen doğal gaz, boru hatları ile veya sıvılaştırılarak tankerlerle taşınır (ETKB, 2018).

Doğal gazın konut, ticari ve sanayi sektörleri başta olmak üzere birçok kullanım alanı vardır ve çoğu enerji üretimi sektöründe kullanılabilir (Ghosh ve Prelas, 2009: 281). Doğal gaz birincil enerji kaynakları arasında payı artması beklenen tek fosil yakıttır ve dünyanın daha temiz, daha ekonomik ve güvenli bir enerji geleceğine geçişinde önemli bir rol oynama potansiyeline sahiptir. Bu, küresel birincil enerjinin % 24'ünü yansıtan üç numaralı yakıttır ve elektrik üretimindeki ikinci enerji kaynağıdır ve % 22'lik bir payı temsil etmektedir.(World Energy Council, 2016).

Şekil 1-5: Dünya Geneline Doğalgaz Rezervi, Üretimi Ve Tüketimi



Kaynak: (Ghosh ve Prelas, 2009)

2016'da küresel olarak kanıtlanmış gaz rezervleri, 1,2 trilyon metreküp (tmk) veya % 0,6'lık artarak 186,6 tmk'ye kadar yükseldi. Petrolde olduğu gibi bu artış, 50 yılın üzerindeki (52,5 yıl) ihtiyacı karşılamak için yeterlidir. Büyümeye ana katkı Myanmar (+0,7 tmk) ve Çin (0,06 tmk) den gelmiştir. Bölgelere göre kanıtlanmış en

büyük rezervler Orta Doğu'da (79,4 tmk ile küresel toplamın %42,5'ini) ülkelere göre en büyük rezervleri elinde tutan ülke (33,5 tmk ile toplamın % 18'i). İran'dır (British Petrol, 2017: 27).

1.4.1.1.4. Uranyum

Uranyum doğada hiçbir zaman serbest olarak bulunmaz. Çeşitli elementlerle birleşerek uranyum minerallerini meydana getirir. Yerkabuğunda yüzlerce uranyum minerali vardır; ancak bunların büyük çoğunluğu ekonomik boyutta uranyum içermezler. İşletilebilir miktarda uranyum içerenler; otünit, pitchblende (uraninit), kofinit ve torbernit'tir (ETKB, t.y.).

Uranyum madeninin zenginleştirilme çalışması ile atom çekirdeğinin parçalanması sonucu nükleer enerji elde edilmektedir. Nükleer santrallerde atom çekirdeğinin parçalanması sonucu meydana gelen ısı enerjisi önce mekanik enerjiye, arkasından elektrik enerjisine çevrilerek ekonomik alanlarda kullanıma sunulur (Alemdaroğlu, 2008: 18).

Global uranyum üretimi, başta dünyanın en büyük üreticisi olan Kazakistan'ın artan üretimine paralel olarak 2004 ile 2013 yılları arasında %40 oranında artmıştır. Aralık 2015 itibariyle toplam 64 GW kapasiteli 65 nükleer reaktör inşaatı devam etmektedir. İnşa halindeki ünitelerin üçte ikisi (40 adet) dört ülkede bulunuyor: Çin, Hindistan, Rusya ve Güney Kore. Halen geliştirilmekte olan 45'den fazla Küçük Modüler Reaktör tasarımı ve yapım aşamasındaki dört reaktör bulunmaktadır (World Energy Council, 2016).

1.4.1.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilenebilir enerji, yerel çevrede oluşan, doğal olarak tekrarlayan ve kalıcı enerji akışlarından elde edilen enerjidir (Twidell ve Weir, 2015: 3). Yenilenebilir enerji, doğal yollarla sürekli olarak mevcut olan veya kısa sürede sürekli olarak üretilen herhangi bir enerji kaynağı olarak düşünülür. Bu süre günlük olarak veya birkaç gün veya birkaç yıl içinde olabilir. Yenilenebilir enerji kaynakları direkt olarak güneşten (termal, fotokimyasal ve fotoelektrik gibi), dolaylı olarak güneşten (rüzgar, hidroelektrik ve biyokütle içinde depolanan fotosentetik enerji gibi) veya diğer doğa

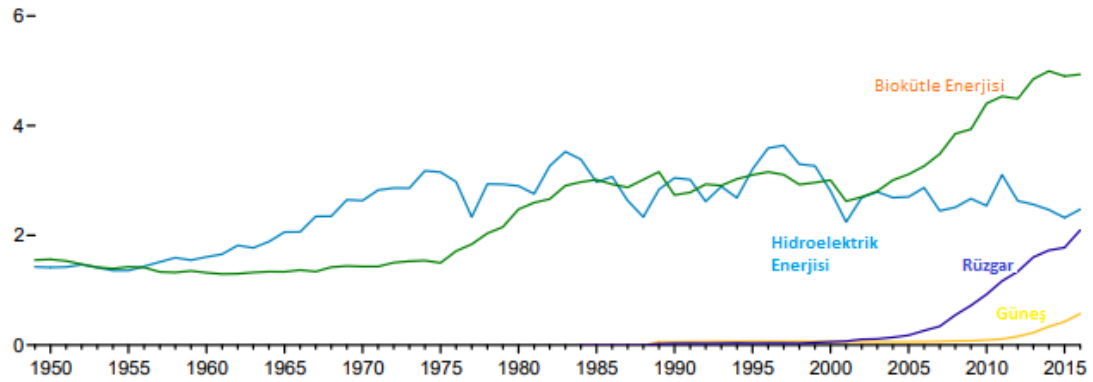
olaylarından (örn. jeotermal ve gelgit enerjisi olarak) türetilmektedir. En yaygın yenilenebilir enerji kaynakları şunlar (Ghosh ve Prelas, 2009: 2):

- Güneş enerjisi
- Rüzgar enerjisi
- Hidroelektrik enerji
- Jeotermal enerji
- Okyanus/dalga enerjisi
- Biokütle enerjisi

Yenilenebilir enerjiler, ABD Enerji Enformasyon İdaresi projeksiyonlarına göre dünyanın en hızlı büyüyen enerji kaynağıdır. Yenilenebilir enerji tüketimi 2012-2040 yılları arasında yılda ortalama %2,6 artmaktadır. Nükleer güç, dünyanın ikinci en hızlı büyüyen enerji kaynağıdır ve tüketim bu dönemde %2,3 artacağı öngörülmektedir (E.I.A., 2018: 162).

Yenilenebilir enerji kaynaklarını incelemeye geçmeden önce ana kaynakların genel kullanım durumları Şekil 1-6'da verilmiştir.

Şekil 1-6: Yenilenebilir Enerji Tüketimi (Katrilyon BTU)



Kaynak: (E.I.A., 2018: 162)

Gelişen teknoloji ve üretim teknikleri ile birlikte, 1970'lerde 2 katrilyon Btu'nun altında tüketilen Biokütle enerjisi kullanımını 2015 yılında iki kattan fazla artmıştır. Dalgalı bir seyir izleyen Hidroelektrik enerjisi tüketimi 1950'li yıllardan bu yana yıllık 2 katrilyon BTU civarında seyretmiştir. Tabloda dikkat çeken bir artışta 2005 yılında

hemen sonra rüzgar enerjisi tüketimi ve 2010 yılından bu yana ise güneş enerjisi tüketiminde yaşanmıştır.

1.4.1.2.1. Güneş Enerjisi

Güneş dünyanın yüzeyinde meydana gelen biyolojik ve diğer tüm işlemler için birincil enerji girdisidir. En geniş anlamda, günümüz toplumunda rüzgar, biokütle ve fosil yakıtlar da dahil olmak üzere kullanılan enerji kaynaklarının birçoğu güneş enerjisine sahipken, elektromanyetik enerjiyi doğrudan güneşten yararlı enerjiye çeviren bir teknoloji sınıfı bulunmaktadır. Bu teknolojinin iki ana kategorisi: güneş fotovoltaikleri ve güneş termikleri (Kantenbacher, 2010: 70-72):

Güneş fotovoltaik (FV) teknolojileri, yarı iletken elektronları uyarmak ve doğrudan doğruya elektrik üretmek için güneş ışığı kullanarak fotoelektrik etkiyi kullanır. Günümüzde mevcut olan üç ana kategori FV teknolojisi vardır: silikon kristal, ince film ve üçüncü nesil.

Güneş termal teknolojileri, termal enerji üretmek için güneş ışığını kullanır. Bu ısı daha sonra doğrudan veya dolaylı elektrik üretmek için kullanılır.

Güneş enerjisinin temel kullanımı hava ve suyun ısıtılması içindir. Bu da örneğin, soğuk ve ılıman iklimli evlerde genellikle konfor için sıcak havaya ihtiyaç duyar ve tüm ülkelerde sıcak su kişisel bakım ve giysilerin yıkanması için kullanılabilir. İş dünyasında, endüstride ve tarımda da benzer ihtiyaçlar için güneş enerjisi kullanılmaktadır (Twidell ve Weir, 2015: 77).

1.4.1.2.2. Rüzgar Enerjisi

Rüzgar türbinleri, hareket eden havanın kinetik enerjisini mekanik enerjiye çevirir ve elektrik enerjisi üreten bir jeneratörü çalıştırır. Konvansiyonel türbinler yatay-eksenli bir tasarıma sahiptir; burada iki veya üç rotor kanadı bir kulenin üstüne monte edilir ve uçak pervanelerine benzeyen bir şekilde dizilir. Rüzgarın içine yönlendirildiğinde, havanın bıçaklar boyunca hareketi, bir elektrik jeneratörüne bağlı bir shaft döndürerek kaldırma gücü üretir. Geleneksel türbin tasarımından elde edilen rüzgar enerjisi, iki faktörün bir fonksiyonudur: süpürme alanı ve rüzgar hızı. Türbinin rotor alanı (bıçak uzunluğu ile belirlenir) ikiye katlandığında, güç çıkışı dört kat artar.

Gelen rüzgar hızının iki katına çıkması, güç çıkışında sekiz kat artış anlamına gelir (Kantenbacher, 2010: 67).

1.4.1.2.3. Hidroelektrik Enerji

Hidroelektrik terimi elektrik üretmek için akan suyun kullanılması anlamına gelir. Tarihsel olarak hidroelektrik, hububat öğütülmesi veya su pompalaması için de kullanılmıştır. (Twidell ve Weir, 2015: 204).

Yenilenebilir enerji sistemlerinin birleştirilerek kullanılması anlamına gelen hibrid sistemler performans iyileştirme potansiyeline sahiptir. Örneğin hidroelektrik sistemler rüzgar çiftlikleri için enerji depolama üniteleri olarak hizmet edebilir veya geceleri türbinlerin fazla üretimi ile yokuş yukarı pompalanan su gün boyunca kullanılmaktadır. Bu hibrid sistemler henüz önemli bir dağıtım sağlamazlar, ancak bireysel yenilenebilir sistemlerin kısıtlamalarını aşmak için umut vadetmektedir. (Kantenbacher, 2010: 80).

1.4.1.2.4. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji sistemleri, depolanan termal enerjiyi direk olarak veya elektrik üretimi için hammadde olarak kullanmak için yeraltı ısı rezervuarlarından elde eder. Hidrotermal kaynaklar, mağaraların yüzeyden yeterince yakınına geldiğinde, buharları yerden su rezervuarlarına aktarır ve buhar veya yüksek basınçlı sıcak su üretir. Hidrotermal kaynaklar magmanın yüzeye yakın olduğu, buhar veya sıcak suyun görüldüğü yerlerde mevcuttur. Hidrotermal kaynaklar yeterince sıcak ve yüzeye yakın olduğunda, bir kuyu delmek ve buhar veya sıcak suyu ya bir türbine doğrudan bir güç girişi olarak ya da ikincil bir akışkanla buhar üretmek için bir ısı kaynağı olarak kullanmak mantıklı olabilir. (Kantenbacher, 2010: 73-74).

Aşağıda listelenen termodinamik kalitenin düşürülmesi amacıyla coğrafi mevcudiyetlerinin artması sırasındaki jeotermal enerjinin üç temel kullanımı vardır (Twidell ve Weir, 2015: 498).

Elektrik üretimi: Birkaç yerde jeotermal ısı, yüksek basınçlı su ve / veya buharın doğal bir akışı olan 150°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda bulunur; bu nedenle türbinlerden elektrik üretimi için potansiyele sahiptir.

Sıcak su kaynağı: Daha birçok yerde jeotermal ısı ~ 50 ila 70 ° C arasında bulunur; örneğin Roma İmparatorluğu'ndaki 'tıbbi' hamamlar için ve bugün sebze mahsulleri ve yumuşak meyveler için sera ısıtması için.

Isı pompaları: Çevre sıcaklığındaki yüzeydeki zeminden (genellikle yaklaşık 3 m derinliğe kadar) veya nehirlerden ve göllerden gelen ısı, binalara artan sıcaklıkta ısı sağlayan elektrikli ısı pompalarına girdi olarak kullanılır.

1.4.1.2.5. Okyanus/Dalga Enerjisi

Okyanuslarda, büyük, düzenli dalgalanmalar ve su akışı bulunur. Marina akıntılarının üç potansiyel kaynağı vardır: okyanus, gelgit ve nehir. Dalgalar dördüncü hidrolik güç kaynağı olarak ele alınır. Bir bütün olarak marina enerjisi endüstriyel gelişmenin ilk aşamasındadır ve bu enerjiyi yakalamak için kapsamlı bir dizi kavram ve tasarım bulunmasına rağmen, özellikle ticari seviyede dağıtım veya standartlaştırma yolunda nispeten az bir gelişme olmuştur. (Kantenbacher, 2010: 78).

Dalgalarla faydalı güç üretme imkânı uzun yıllar boyunca var olagelmıştır ve belki de en erken patenti 1799'da ve 1909'da Kaliforniya'da liman aydınlatması olmuştur. Modern ilgi 1970'lerden başlayarak yavaş yavaş 2000'den itibaren ticari kullanım için geliştirilen cihazların sayısı ile temiz, sürdürülebilir ve yenilenebilir enerji için uygun fiyat tarifeleri ile dağıtım şebekelerine bağlanmıştır (Twidell ve Weir, 2015: 410).

1.4.1.2.6. Biokütle Enerjisi

Atıklar ve kalıntılar da dahil olmak üzere bitki ve hayvanların materyalleri biokütle olarak adlandırılır. Doğal metabolik süreçlerde oksijenle reaksiyona giren ve özellikle 400 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda iş ve elektrik üretmek için ısı yayılımı sağlayan yanma özelliğiyle organik karbon bazlı bir materyaldir. Başlangıç materyali, biyoyakıt üretmek üzere kimyasal ve biyolojik işlemlerle, diğer bir deyişle nakil için daha uygun bir forma, özellikle sıvı yakıtlara işlenmiş biokütle ile dönüştürülebilir. Biyoyakıt örnekleri arasında metan gazı, sıvı etanol, metil esterler, yağlar ve katı kömür bulunur. Biyoenerji terimi hem biokütle hem de biyoyakıtları tanımlamak için kullanılır. (Twidell ve Weir, 2015: 326). Biokütle kaynakları, güneş enerjisinin bitki örtüsü veya diğer biyolojik materyal olarak organik bir biçimde depolandığı yerlerde

bulunur. Biopower teknolojileri, elektrik üretmek için biokütle kullanmaktadır. Konvansiyonel santrallerde eş zamanlı biokütle, aynı anda biopower kullanımını ölçeklendirebilir ve fosil yakıt yakma sisteminin çevresel etkilerini hafifletebilir. (Kantenbacher, 2010: 76).

1.4.2. İkincil Enerji Kaynakları

Doğada bulunan, kömür, doğalgaz, petrol ve uranyum gibi mevcut enerji kaynakları çoğu doğrudan kullanılamaz. Bu kaynaklar, kullanımdan önce ısı veya elektrik gibi yararlı bir forma dönüştürülmelidir. İkincil enerji, enerji dönüştürme süreçleri yoluyla birincil enerji kaynaklarından dönüştürülen daha uygun kullanıma sahip enerji biçimlerini ifade eder. İkincil enerji kaynakları, enerji taşıyıcıları olarak da adlandırılır, çünkü enerjiyi bir yerden başka bir yere kullanışlı bir biçimde hareket ettirirler. En tanınmış iki enerji taşıyıcısı elektrik ve hidrojenidir. Birçok enerji ihtiyacı için, birincil enerji kaynaklarından ziyade elektrik veya hidrojenin kullanılması daha kolaydır (Kaeding, 2011).

Örneğin, kömür mekan ısıtması için veya buhar üretmek için ısı elde etmede yakılmalıdır. Benzer şekilde, benzin veya dizel elde etmek için ham petrol öncelikle rafine edilmelidir. Otomobillerde, benzin veya dizel önce otomobilleri hareket ettirmek için mekanik enerjiye dönüştürülen ısıyı üretmek için yakılır. Hava genellikle ısı taşıyıcısı olarak kullanılır. Isı enerjisinin mekanik ya da diğer enerji biçimlerine dönüştürülmesi bir dizi termodinamik süreçle yönetilir (Ghosh ve Prelas, 2009: 89).

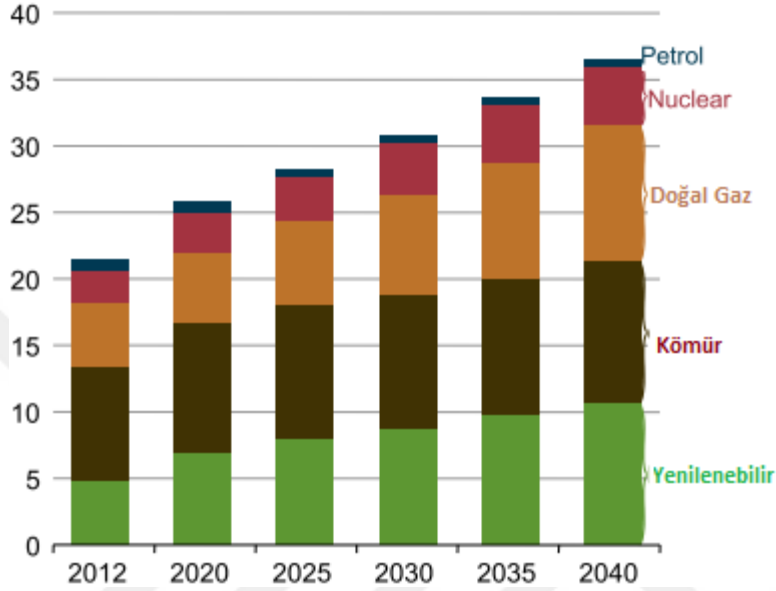
1.4.2.1.1. Elektrik

Fiziksel anlamda sadece bir enerji taşıyıcısı olmaktan öte elektrik, bilgi alışverişinden ulaşıma kadar her türlü işlemi mümkün kılmaktadır. Ekonomik üretim ve tüketimdeki verimliliği ve kullanım noktasındaki temizliğinin ayrı ayrı önemi büyüktür ve sıralamada hiçbirisi diğerinden aşağıda değildir (GEA, 2012: 389).

Elektriği üretmek için kullanılan birincil yakıtların dünya çapındaki karışımı son on yılda değişiklik göstermiştir. Kömür, elektrik üretiminde en çok kullanılan yakıt olmaya devam etmektedir, fakat diğer nesil yakıtlara kayda değer kaymalar olmuştur. Nükleer enerjiden elde edilen nesiller 1970'lerden 1980'lere kadar hızla artmış ve 1980'lerden sonra doğal gazla çalışan nesiller önemli ölçüde artmıştır. Üretim için

petrol kullanımı, 1970'lerin sonlarından sonra düşüş gösterdi; petrol fiyatlarındaki keskin artışlar enerji üreticilerini petrol yerine diğer enerji kaynaklarını kullanmaya yöneltmiştir (E.I.A., 2016: 83).

Şekil 1-7: Yakıt Tipine Göre Dünya Net Elektrik Üretimi, (Trilyon Kilovat)



Kaynak: (E.I.A., 2016: 83)

Yapılan çalışmalarda, fiyatı artmasına karşın talebi de artan ve dolayısıyla üretim sürecinde vazgeçilmez bir girdi özelliğine sahip olan elektrik enerjisine yönelik kaynakların çeşitlendirilmesi ve alternatif enerji kaynaklarına ağırlık verilmesi gerekliliği ortaya konmuştur (Kılınç, 2014: 143).

1.4.2.1.2. Hidrojen

Bir gaz olan hidrojen kendiliğinden yeryüzünde bulunmaz. Hidrojen gazı yalnızca diğer elementlerle birlikte bileşik formda yerkabuğunda bol miktarda bulunur. Hidrojen, herhangi bir ortak yakıttaki ağırlığa göre en yüksek enerji içeriğine sahiptir (benzinden yaklaşık üç kat daha fazla) fakat hacimce en düşük enerji içeriğine sahiptir (benzinden yaklaşık dört kat daha düşüktür).

Hidrojen elektrik gibi bir enerji taşıyıcısıdır ve başka bir maddeden üretilmesi gerektiğinden ikincil bir enerji kaynağıdır. Hidrojen çeşitli kaynaklardan (su, fosil yakıtlar veya biyokütle) üretilir ve diğer kimyasal işlemlerin bir yan ürünüdür.

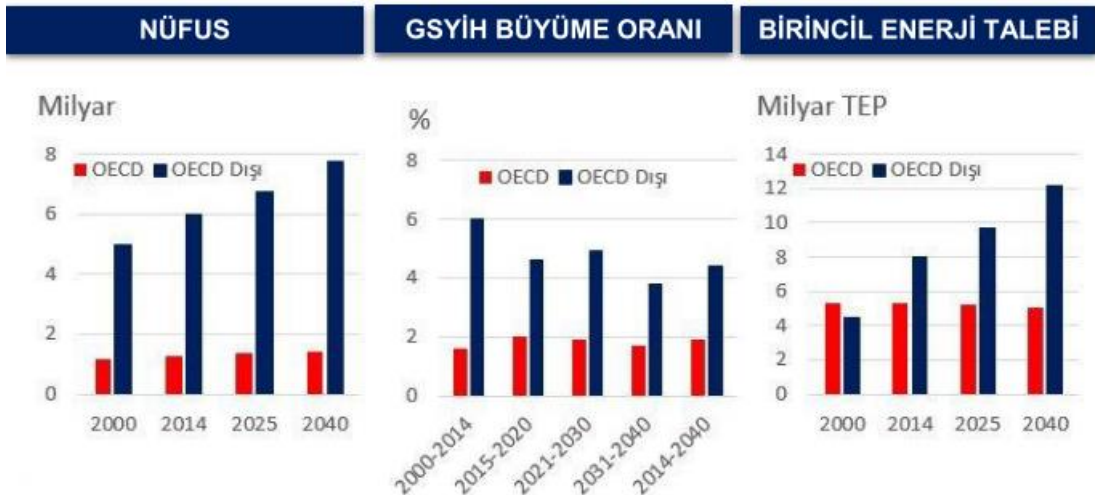
Hidrojen şimdilerde yakıt için yaygın olarak kullanılmıyor, ancak gelecekte daha fazla kullanım potansiyeline sahiptir (E.I.A., 2017b).

1.5. Dünyada Enerjinin Genel Durumu

Hali hazırda oluşturduğumuz enerji geleceği, daha önce olduğu gibi devam ederse sürdürülemez bir görünüm arz etmektedir. Önümüzdeki yirmi beş yıl içinde dünya ekonomisinin ihtiyaçlarını karşılayacak enerji arzı, düşük yatırım, çevresel felaket veya ani arz kesintilerinden kaynaklanan arızalara karşı çok savunmasız kalacaktır (IEA, 2006: 3). Yirmi birinci yüzyılda enerji belki de toplumların yapısını etkileyebilecek en önemli faktörlerden birisi olma konumundadır. Enerjinin durumu ve maliyeti, çevresel etkilerinden ülkeler arası ilişkilere, yaşam kalitemizden ülke ekonomisindeki yansımalarına kadar farklı boyutlarda yadsınamaz bir etkiye sahip olduğu açıktır. Bu kapsamda enerjinin gelecekteki durumuyla ilgili hepimizin üzerine düşen görevler ve sorumluluklar bulunmaktadır.

Dünyamızda görülen nüfus ve gelir artışı, birincil enerji tüketiminin artmasına neden olan başlıca etkenlerdir. Popülasyonda yaşanan toplam artış, şehirleşme ve endüstrileşme sürecindeki gelişmekte olan (OECD dışı) ülkelerin, dünya enerji talebi artışında önemli rol oynayacağı tahmin edilmektedir (ETKB, 2017: 3).

Şekil 1-8: Nüfus, GSYİH Büyüme Oranı ve Birincil Enerji Talebi Projeksiyonları



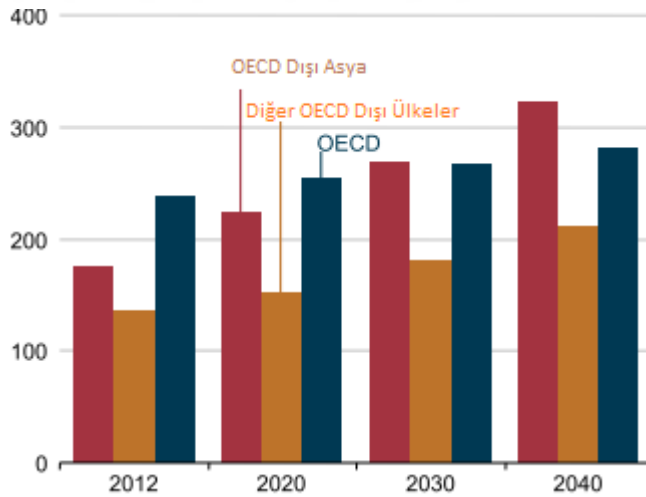
Kaynak: (ETKB, 2017: 3)

Fosil olmayan yakıtların tüketimi fosil yakıtların tüketiminden daha hızlı bir şekilde artması beklense de, fosil yakıtlar halen 2040 yılında enerji kullanımının

%78'ini oluşturmaktadır. Doğal gaz görünüşte en hızlı büyüyen fosil yakıttır. Küresel doğal gaz tüketimi yılda %1,9 oranında artmaktadır. Sıvı yakıtlar (çoğunlukla petrol esaslı) dünya enerji tüketiminin en büyük kaynağı olmasına rağmen, dünya pazarında enerji tüketimindeki sıvı payları 2012'de %33 iken 2040'ta %30'a düşmektedir. Uzun vadede petrol fiyatlarının yükselmesi bu azalmanın nedenlerinden birisidir ve birçok enerji kullanıcılarını daha enerji verimli teknolojileri benimsemelerine ve mümkün olduğunda sıvı yakıtlardan uzaklaşmalarına neden olmaktadır. Dünyanın en yavaş büyüekte olan enerji kaynağı olan kömür, yılda %0,6 oranında artmakta ve 2030 yılına kadar doğal gazın üzerine çıkacağı ön görülmektedir (E.I.A., 2016: 1).

Enerji tahminleri, tüketim alışkanlıklarımızdan yola çıkarak nüfus ve ekonomik büyüme gibi faktörleri göz önünde bulundurarak ileride ihtiyacımız olan enerji miktarını göstermektedir. Ancak bu rakamlar bize bugün ne kadar enerji kullanmamız gerektiğini söylemez. Bu konuda farkındalığı arttırmak için sahip olmaya çalıştığımız yüksek yaşam kalitesi ile enerji tüketimimiz arasındaki ilişkiyi gözden geçirmemiz gerekmektedir.

Şekil 1-9: Ülke Gruplarına Göre Dünya Enerji Tüketimi, (Katrilyon Btu)

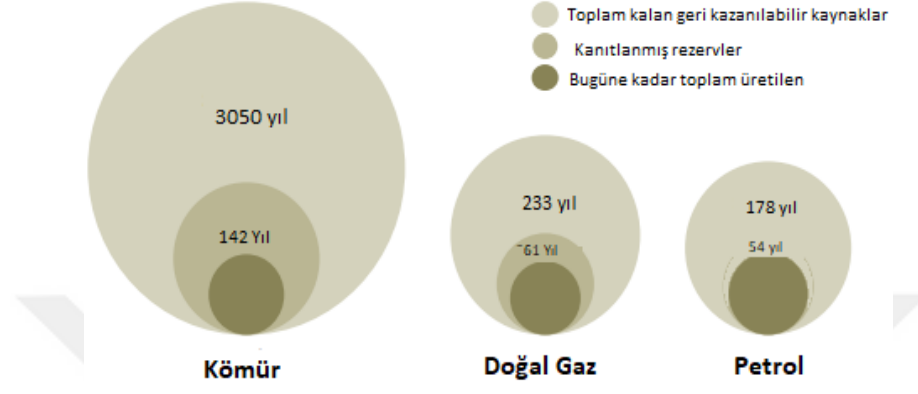


Kaynak: (E.I.A., 2016: 1)

Enerji talebinde öngörülen büyüme kaynakların kullanım ömrü ile veya daha ötesinde bir zaman ile sınırlı değildir. Bununla birlikte, onları kullanmak için gereken yatırım ölçeği büyüktür ve ekonomik görünüm etrafındaki belirsizlik, yatırım ortamı ve hüküm sürmekte olan jeopolitik koşullar gibi enerji kaynaklarının geliştirilme hızını belirleyen birçok faktör bulunmaktadır. Son yıllarda yaşanan petrol fiyatlarındaki artış,

kanıtlanmış petrol rezervlerinin bugünkü 54 yıllık üretime denk düşen 1,700 milyar varil civarında bir ömre sahip olduğu Şekil 1-10'da gösterilmektedir (E.I.A., 2013: 71-72).

Şekil 1-10: Türlerine Göre Fosil Enerji Kaynakları



Kaynak: (E.I.A., 2013: 72)

Geleceğe daha güvenli bakabilmek açısından sınırlı enerji kaynaklarına olan bağımlılığımızı hızlı bir şekilde azaltmamız gerekmektedir. Bu noktada, daha fazla sayıda değişik kaynaklarından elde edilen enerji seçenekleri anlamına gelen, enerji arzı çeşitlendirmesi günümüz politika yapıcılarının birincil derecede öncelik vermeleri gereken konulardan biridir.

Dünya genelinde kişi başına düşen milli gelir artışlarının bir sonucu olarak enerji tüketimi artıyor. Bu, dünya nüfusundaki ve her şeyden önce gelişmekte olan ülkelerdeki refahın meşru bir şekilde artmasından kaynaklanmaktadır. Enerji yoğunluğu enerjinin GSYİH'ya oranı olarak nicelleştirilebilir (örneğin kWh / \$). İklim korumasının hedeflerine ulaşmak için mümkün olan en düşük enerji yoğunluğuna sahip olmak adına mümkün olduğunca verimli olabilmesi için enerjinin dönüştürülmesi ve kullanılması gerekir. Dolayısıyla, enerji verimliliği kavramı da enerji yoğunluğunun karşılığı olarak kullanılabilir (Crastan, 2014: 8).

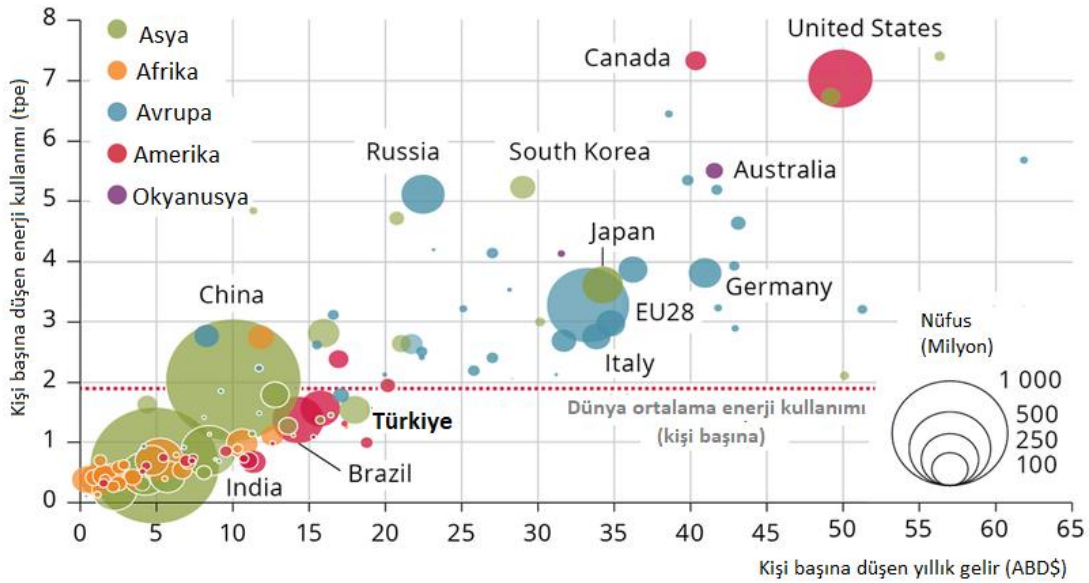
Enerji tüketimi ülkelerin gelişmişliği ile doğrudan bağlantılı bir konudur. Bir ülkenin enerji tüketimi ne kadar fazla ise o ülkenin gelişmişlik seviyesinin de o kadar fazla olduğu söylenebilir. Dünya üzerindeki enerjinin (TMMOB, 2015: 7);

- % 75 ini gelişmiş ülkeler (nüfusun ise %20si)

- Kalan %25'ini ise az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler kullanmaktadır.

Şekil 1-11'de ABD yukarıda yer alırken, Türkiye dünya ortalamasında yer alan bir ülke konumundadır ve yukarı doğru bir ivme söz konusudur. Son yıllarda enerjiyi bol miktarda tüketmek yerine verimli bir şekilde tüketilmesine doğru dönüşümün önemi giderek artmaktadır.

Şekil 1-11: Kişi Başına Enerji Tüketimi Ve Yıllık Gelir Karşılaştırılması



Kaynak: Dünya enerji bankası verilerinden uyarlanmıştır

Genel olarak, daha fazla enerji tüketen ülkelerin kişi başına düşen GSYİH'ya oranlarının daha yüksek olduğunu görüyoruz. Bu durumda ilginç bir soru olarak daha fazla enerji tüketimi kişi başı geliri artırıyor mu, yoksa gelir artışı daha fazla enerji tüketimine mi neden oluyor? Mantıksal olarak, her ikisine de kendine göre argümanları vardır. Bir yandan, daha fazla enerji, daha fazla gelir elde etmeye yönelik daha fazla üretim anlamına gelebilir. Öte yandan, daha fazla gelir, insanların daha fazla elektrik talep etmesini ve kullanmasını sağlayabilir.

Ortalama bir Amerikalı, bir Bangladeşli'den 50 kat daha fazla ve bir Nijeryalı'dan 100 kat daha fazla enerji tüketir. Bu durum az gelişmiş ülkelerde daha fazla enerji tüketmek istenilmediğinden değil, sadece mevcut olmadığından kaynaklanmaktadır (Emblemsvåg, 2016: 185). Gelişmekte olan ülkelerin enerjiye olan talebi gelişmiş ülkelere göre daha fazladır. Ancak, ekonomik güçleri iyi durumda olan

gelişmiş ülkeler, enerji dünyasındaki konumlarını koruma ve enerji arzı güvenliğini sağlama kaygılarıyla gelişmekte olan ülkeler üzerinden globalleşme, yenedünya düzeni, medeniyetler çatışması gibi argümanlarla çıkar sağlamaya çalışmaktadırlar (Bayraç, 2015: 121).

Enerji piyasaları için 60 yıldan fazla bir süredir yıllık istatistiki veriler yayınlayan British Petrol'ün 2017 Temmuz raporunda dünyadaki genel enerji durumu aşağıda özetlenmiştir (British Petrol, 2017: 2).

- Dünya birincil enerji tüketimi 2016 yılında %1 artmıştır. Bu oran 2015'te %0,9 ve 2014 yılında %1 olarak gerçekleşmişti. Son 10 yılın ortalaması olan %1,8 ile karşılaştırılırsa, 2016 yılında dünya birincil enerji tüketim oranı ortalamanın altında gerçekleşmiştir.

- Enerji tüketiminden kaynaklanan karbondioksit emisyonu 2016'da sadece %0,1 oranında artmıştır. 2014-16 döneminde ortalama emisyon artışı, 1981-83'ten bu yana üç yıllık dönemde en düşük seviyede olmuştur.

- Küresel petrol tüketimi 2016 yılında ortalama 1,6 milyon varil (Mv / gün) veya %1,6'lık bir artış göstererek son 10 yıldaki ortalama %1,2'lik artışın üstünde gerçekleşmiştir. Çin (400.000 varil/gün) ve Hindistan (330.000 v/g) küresel petrol tüketiminde en büyük artışları sağlamıştır.

- Buna karşın küresel petrol üretimi 0,4 Mv/g artarak 2013'ten bu yana kaydedilen en yavaş büyüme olmuştur.

- Dünya doğal gaz tüketimi 63 milyar metreküp veya %1,5 oranında artarken, 10 yıllık ortalama olan %2,3'den yavaş gerçekleşmiştir.

- Global doğal gaz üretimi sadece 21 milyar metreküp veya oransal olarak %0,3 artmıştır. Kuzey Amerika'da azalan üretim (-21 milyon m³), Avustralya'dan (19 milyon m³) ve İran'dan (13 milyon m³) gelen güçlü büyüme ile kısmen telafi edilmiştir.

- Küresel kömür tüketimi 53 milyon ton petrol eşdeğeri (mtpe) ya da %1,7'lik bir düşüş göstermiştir.

- Dünya kömür üretimi, 231 mtpe (%6,2) lik bir düşüş ile rekor seviyedeki en büyük düşüş gerçekleşmiştir. Çin'in üretimi %7,9 ya da 140 mtpe ve ABD üretimi %19 veya 85 mtpe düşmüştür.

- Yenilenebilir enerji (hidro hariç), 2016 yılında %14,1 oranında büyüyerek 10 yıllık ortalamanın altında kalmıştır ancak en büyük artış (53 mtpe) olarak kayıtlara geçmiştir.

- Rüzgar, yenilenebilir enerjilerin büyümesinin yarısından fazlasını sağlamıştır; güneş enerjisi toplamın yalnızca %18'ini oluşturmasına rağmen neredeyse üçte birine katkıda bulunmuştur.

- Küresel nükleer enerji üretimi 2016'da %1.3 (9.3 mtpe) artmıştır. Çin, net büyümeye %24.5 (9.6 mtpe) oranında katkı yaparak, 2004'ten bu yana dünyanın en büyük artış yaşanan ülkesi olmuştur.

- Hidroelektrik enerji üretimi 2016 yılında % 2.8 (27.1 mtpe) arttı. Çin (10.9 mtpe) ve ABD (3.5 mtpe) en büyük artışları sağlarken Venezuela'da en büyük gerileme (-3.2 mtoe) yaşanmıştır.

Genel olarak, dünya enerji kaynaklarındaki olası bir sorun veya iletim hatlarında bir duraklama global ekonomi üzerinde olumsuz etkilere neden olacağı açıktır. Enerji arzı güvenliğini sağlamlaştırmak için (Bayraç, 2015: 119):

- Enerji sağlama portföy ve şekillerini çeşitlendirmek
- Verimli enerji tüketimine yönelmek
- Enerji yönetim sistemlerinde etkinliği arttırmaları gerekmektedir.

Son yirmi yıldaki olaylar, mevcut ve gelecekteki stratejilerin, enerji hizmetlerine güvenli, ekonomik, çevresel açıdan sürdürülebilir ve sosyal açıdan eşitlikçi erişime yönelik olması gerektiği şeklindeki küresel enerji politikasının odağını değiştirmiştir (Goldthau, 2013: 50). İklim değişikliğinin ayırt edici özelliği, büyük sera gazı yayıcıları dünyanın belirli bölgelerinde yoğunlaşmış olmasına rağmen, sonuçlarının tüm dünyayı etkilemesi açısından küresel olmasıdır. Enerji sisteminin çevresel etkilerinin sadece iklim değişikliğinden çok daha fazla olduğunu vurgulamak gerekir.

İklim değişikliği ile mücadele etmek için küresel boyutta iklim politikasına yön veren başlıca iki uluslararası anlaşma bulunmaktadır. Bunlar 1992'de Rio de Janeiro'da düzenlenen Dünya Zirvesinde imzaya açılan ve 1994 yılında yürürlüğe girmiş olan Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) ve 1997 yılında imzaya açılan ancak 2005 yılında yürürlüğe giren Kyoto Protokolü'dür

(Bayraç vd., 2018: 50). 2020 sonrası iklim değişikliği rejiminin çerçevesini oluşturan Paris Anlaşması, 2015 yılında Paris'te düzenlenen BMİDÇS 21. Taraflar Konferansı'nda kabul edilmiştir. Anlaşma, 4 Kasım 2016 itibariyle yürürlüğe girmiştir.

1.5.1. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi

BMİDÇS iklim değişikliği sorununa karşı küresel tepkinin temelini oluşturmak üzere geliştirilecek politikanın uzun dönemli amacını ve buna ulaşmaya yönelik ilke ve prosedürleri belirlemiştir (Bayraç vd., 2018: 50). 1992 yılında Rio de Janeiro'da düzenlenen BMİDÇS, aralarında ülkemizin de bulunduğu 196 ülkenin yanı sıra, Avrupa Birliği'nin de taraf olduğu uluslararası alanda atılan ilk ve en önemli adım olmakla birlikte yaptırım gücü zayıftır. Bir çerçeve sözleşme olarak BMİDÇS, genel ilkeler, eylem stratejileri ve ülkelerin yükümlülüklerini belirlemektedir.

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesinin 2. Maddesinde belirtildiği gibi, uluslararası iklim değişikliği politikasının nihai hedefi insan müdahalesi ile iklim sistemi üzerinde bir tehlike oluşturmaktan kaçınmaktır. Bu hedef, potansiyel olarak tehlikeli olan iklim değişikliği etkilerinin ve sera gazı konsantrasyonlarını veya küresel ortalama sıcaklık artışlarını sınırlayabilecek azaltma stratejilerinin geniş bir dizi analizini yapmaya motive etmiştir (GEA, 2012: 1267).

Haziran 2012'de gerçekleşen Sürdürülebilir Kalkınma Konferansı Rio+20, Rio Dünya Zirvesi'nden bu yana geçen yirmi yıla işaret etmiştir. Rio+20 toplantısında, enerjinin birincisi olan öncelikli dikkat gerektiren kritik konuları tespit edildi. Buna paralel olarak, BM Genel Sekreteri Ban Ki-Moon, 2012 yılını Herkesi için Uluslararası Sürdürülebilir Enerji yılı ilan etmiş ve 2030 yılına kadar birbirine bağlı üç hedef belirlemiştir:

- Modern enerji hizmetlerine evrensel erişim,
- Enerji verimliliğinde iyileşme oranını iki katına çıkarmak ve
- Küresel enerji karışımı içinde yenilenebilir enerjinin payını iki katına çıkarmak

1.5.2. Kyoto Protokolü

Birleşik Devletler, Birleşmiş Milletler'in İklim Değişikliği Konvansiyonu olarak da bilinen İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesini 4 Aralık 1992'de onayladı. Antlaşma doğrudan iklim değişikliği ile mücadele eden ilk uluslararası bağlayıcı yasal araçtır. Amaç atmosferde insanların küresel iklim değişikliği üzerindeki etkilerini engelleyecek sera gazlarını dengelemektir. Emisyonların, dikkate alınan gazlara bağlı olarak 1990 veya 1995'te bulunan seviyelere indirilmesi ve sınırlandırılması amaçlanmıştır. (Turner ve Doty, 2007: 544).

Kyoto Protokolü şu anda yeryüzündeki 160 ülkeyi ve sera gazı salınımının %55'inden fazlasını kapsamaktadır. Kyoto Protokolü ile devreye girecek önlemler, pahalı yatırımlar gerektirmektedir. Sözleşmeye göre (Wikipedia, 2016);

- Atmosfere salınan sera gazı miktarı %5'e çekilecek,
- Endüstriden, motorlu taşıtlardan, ısıtmadan kaynaklanan sera gazı miktarını azaltmaya yönelik mevzuat yeniden düzenlenecek,
- Daha az enerji ile ısınma, daha az enerji tüketen araçlarla uzun yol alma, daha az enerji tüketen teknoloji sistemlerini endüstriye yerleştirme sağlanacak, ulaşımda, çöp depolamada çevrecilik temel ilke olacak,
- Atmosfere bırakılan metan ve karbon dioksit oranının düşürülmesi için alternatif enerji kaynaklarına yönelinecek,
- Fosil yakıtlar yerine örneğin bio dizel yakıt kullanılacak,
- Çimento, demir-çelik ve kireç fabrikaları gibi yüksek enerji tüketen işletmelerde atık işlemleri yeniden düzenlenecek,
- Termik santrallerde daha az karbon çıkartan sistemler, teknolojiler devreye sokulacak,
- Güneş enerjisinin önü açılacak, nükleer enerjide karbon sıfır olduğu için dünyada bu enerji ön plana çıkarılacak,
- Fazla yakıt tüketen ve fazla karbon üreten daha fazla vergi alınacaktır.

Türkiye, Kyoto protokolüne 26 Ağustos 2009 tarihinde dahil olmuştur. Türkiye’de sera gazı emisyonları 17 Mayıs 2014 tarihli, 290003 sayılı, Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Hakkında Yönetmelik ile düzenlenmektedir. Yönetmeliğin amacı belirli EK-1’te yer alan faaliyetlerden kaynaklanan emisyonların izlenmesi, ölçülmesi ve doğrulanmasına dair usul ve esasları belirlemektir (Bayraç vd., 2018: 61).

1.5.3. Paris Anlaşması

2020 sonrası iklim değişikliği rejiminin çerçevesini oluşturan Paris Anlaşması, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi’nde 21. Taraflar Konferansı’nda kabul edilmiştir. Şubat 2018 itibariyle 195 UNFCCC üyesi anlaşmayı imzaladı ve 175 üye taraf oldu.

Anlaşma, küresel sıcaklığın bu yüzyıla kıyasla sanayileşme öncesi seviyelerin 2 derece altındaki sıcaklıklarda kalmasını ve sıcaklık artışını 1,5 dereceye kadar sınırlandırmaya yönelik çabaları sürdürerek küresel iklim değişikliği tehdidine yanıt vermeyi amaçlıyor.

Paris Anlaşması’nın, BMİDÇŞ ile karşılaştırıldığında en ayırt edici özelliği, tüm ülkelerin katkılarına dayanacak bir sistem öngörülmüş olmasıdır. Anlaşma, iklim değişikliğiyle mücadelede gelişmiş/gelişmekte olan ülke sınıflandırmasına ve tüm ülkelerin “ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar ve göreceli kabiliyetler” ilkesi bağlamında sorumluluk üstlenmesi anlayışına dayandırılmıştır. Gelişmiş/gelişmekte olan ülke sınıflandırmasının yapılabilmesi için bir kıstas belirlenmemiş; herhangi bir farklılaştırmaya da gidilmemiştir (MFA, 2018a).

Türkiye, Paris anlaşmasını 22 Nisan 2016 tarihinde New York’ta düzenlenen Yüksek Düzeyli İmza Töreni’nde 175 ülke temsilcisiyle birlikte imzalamıştır. Paris anlaşmasının bir özelliği kabulünden 1 yıl geçmeden yürürlüğe giren ilk küresel anlaşma olmasıdır (Bayraç vd., 2018: 64)

1.6. Türkiye’de Enerjinin Genel Durumu

Enerji, Türkiye'nin en önemli kalkınma önceliklerinden biridir. Enerji kullanımı, diğer gelişmekte olan ülkelere olduğu gibi Türkiye'de de ekonomik, sosyal gelişme ve yaşam kalitesinin iyileştirilmesi için gereklidir (Balat, 2010: 1999). 850 milyar

dolarlık (2017'de) gayri safi yurtiçi hasıla (GSYİH) ve 80 milyonluk bir nüfusa sahip Türkiye, dünyanın 17'nci en büyük ekonomisidir. Türkiye'deki hızlı nüfus artışı ve ekonomik büyüme son yıllarda enerji talebinde hızlı artışlara neden olmuştur. Türkiye, enerji ihtiyacını karşılamak için toplam birincil enerji tüketiminin önemli bir çoğunluğunu oluşturan petrol, doğal gaz ve kömür başta olmak üzere fosil yakıtlara bağımlı bir görünüm arz etmektedir. Türkiye'nin birincil enerji tüketimi dünya sıralamasında on dokuzuncu sırada bulunmaktadır (Tablo 1-3).

Tablo 1-3: Dünya Birincil Enerji Tüketiminde Türkiye'nin Yeri (Milyon TEP)

ÜLKE	2013	2014	2015	Dünya Toplamındaki Payı (%)	Sıra
Çin	2.903,9	2.970,3	3.014,0	22,9%	1
ABD	2.271,7	2.300,5	2.280,6	17,3%	2
Hindistan	626,0	666,2	700,5	5,3%	3
Rusya	688,0	689,8	666,8	5,1%	4
Japonya	465,8	453,9	448,5	3,4%	5
Kanada	335,0	335,5	329,9	2,5%	6
Almanya	325,8	311,9	320,6	2,4%	7
Brezilya	290,0	297,6	292,8	2,2%	8
Güney Kore	270,9	273,1	276,9	2,1%	9
İran	247,6	260,8	267,2	2,0%	10
Suudi Arabistan	237,4	252,4	264,0	2,0%	11
Fransa	247,4	237,5	239,0	1,8%	12
Endonezya	175,0	188,3	195,6	1,5%	13
Birleşik Krallık	201,4	188,9	191,2	1,5%	14
Meksika	188,9	190,0	185,0	1,4%	15
İtalya	155,7	146,8	151,7	1,2%	16
İspanya	134,2	132,1	134,4	1,0%	17
Avustralya	130,7	129,9	131,4	1,0%	18
Türkiye	120,3	123,9	126,9	1,0%	19
Tayland	120,3	123,4	124,9	0,9%	20
Güney Afrika	124,6	128,0	124,2	0,9%	21
Tayvan	109,9	111,4	110,7	0,8%	22
BAE	97,2	99,0	103,9	0,8%	23
Polonya	96,0	92,4	95,0	0,7%	24
Ukrayna	114,7	101,0	85,1	0,6%	25
TOPLAM	12.873,1	13.020,6	13.147,3	100,0%	

* (1 Ocak 2017 itibarıyla en güncel verilerdir.)

Kaynak: (ETKB, 2017: 6)

Türkiye, son 15 yıllık dönemde enerji talep artışının İktisadi İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı (OECD) ülkeleri içerisinde en hızlı gerçekleştiği ülke olma konumuna gelmiştir. Hızla artan enerji talebi neticesinde Türkiye'nin, başta petrol ve doğal gaz olmak üzere, enerji ithalatına bağımlılığı artmaktadır. Ülkemizin hâlihazırda toplam enerji talebinin ancak yaklaşık %26'sı yerli kaynaklardan karşılanabilmektedir (MFA, 2018b).

Enerji üretimi konusunda Türkiye, coğrafi konumu ve yeraltı kaynakları itibarıyla jeostratejik öneme sahiptir. 1970'li yıllarda başlayan enerji krizlerinden

sonra Türkiye'nin yerli enerji kaynaklarına yönelmesi ve dünyadaki gelişmeleri takip etme süreci hız kazanmıştır.

Dünya enerji talebi sıralamasında gelişmekte olan Türkiye'nin yeri ihtiyacı olan enerjinin büyüklüğü hakkında bir fikir vermekle beraber bu talebi karşılamak için barındırdığı kaynaklar ile ithal edilen enerji türlerinin durumu önem arz etmektedir. Bundan sonraki bölümde Türkiye'nin toplam enerji arzındaki payları ve gösterdikleri önem bakımından bazı enerji türleri ayrıntılı bir şekilde incelenecektir.

1.6.1. Türkiye'deki Başlıca Enerji Türleri

Türkiye'de tüketilen birincil enerjinin %39'u petrol, %27'si doğalgaz, %27'si kömür ve % 13'ü yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmaktadır. Enerji tüketiminde ithalatın payı %70 düzeyindedir ve dışa bağımlı bir görünüm sergilemektedir (Bayraç, 2015: 133).

Türkiye yeraltı kaynakları itibariyle enerji fakiri bir ülkedir. Bunun temel sebebi yeraltında bulunan tabakalardaki kırılmalar neticesinde havzaların küçük bölümlere ayrılmış olmasıdır. Örneğin Arabistan'da bulunan bir petrol rezervi 20 km genişliğinde ve uzunluğu 180 km'lik tek bir havza olabilmektedir. Bir kuyu bulunduğu bunun işletilmesi için ciddi bir yatırım maliyeti gerekmektedir. Rezervin verimliliği bu masrafi karşılamayacak seviyede yetersiz ise bu yatırımdan vazgeçilmektedir (Türkel, 2016). Türkiye jeolojik konumu itibariyle Afrika'nın, Arap yarım adasını sıkıştırması ve Arap yarımadasının da Türkiye'yi sıkıştırması sonucu bu kırılmalar meydana gelmektedir. Bu yüzden Türkiye'de bütüncül bir petrol veya doğalgaz rezervine rastlamamız pek mümkün değildir. Türkiye'de çok az (%8) olmakla birlikte petrol üretimi daha düz ve kaynaklara yakın bir alan olan Suriye sınırında yapılmaktadır.

1.6.1.1. Türkiye'nin Petrol ve Doğal Gaz Görünümü

Günümüz dünya ekonomilerinde enerjinin yeri ve en çok kullanıldığı kaynak olarak da petrol önemini devam ettirmekte, bütün teknolojik çalışmalara rağmen petrole dayalı ekonomi etkisini devam ettirmektedir (Alemdaroğlu, 2007: 33). Türkiye ihtiyacı olan petrolün ancak % 8,3'ünü yurt içinde üretebilmektedir. Gerek ham petrol, gerekse petrol ürünü olarak yapılan toplam petrol ithalatının toplam ithalat içindeki payı ise yaklaşık %7 olarak almaktadır (Aydın, 2014: 486).

Türkiye'nin ham petrol üretimi yıllar içinde sabit bir görünüm arz ederken doğal gaz üretimi miktarında çeşitli dalgalanmalar söz konusudur (ETKB, 2017).

Tablo 1-4: Ham Petrol ve Doğal Gaz Üretimi

YIL	HAM PETROL ÜRETİMİ (milyon varil)	TPAO HAM PETROL ÜRETİMİ (milyon varil)	DOĞAL GAZ ÜRETİMİ (milyon m ³)	TPAO DOĞAL GAZ ÜRETİMİ (milyon m ³)
2002	17,0	11,7	378,4	268,0
2003	16,6	11,1	560,6	352,1
2004	15,9	10,5	707,0	432,8
2005	15,9	10,7	896,4	566,9
2006	15,1	10,4	906,6	412,6
2007	14,8	10,3	893,1	421,5
2008	15,0	10,3	1.014,5	495,6
2009	16,7	12,4	729,4	277,3
2010	17,3	11,6	726,0	260,7
2011	16,4	11,2	793,4	317,7
2012	16,2	11,6	664,4	339,7
2013	16,6	12,3	561,5	307,6
2014	17,1	12,1	502,1	251,8
2015	17,5	11,5	398,7	165,7
2016	17,9	12,2	381,6	248,1

Kaynak: (ETKB, 2017: 37)

2016 yılında 17,9 milyon varil ham petrol üretimine karşılık 27,6 milyon tonluk bir tüketim gerçekleşmiştir. Diğer taraftan doğal gaz için tüketim miktarı 381,6 milyon m³ olurken, Türkiye'nin doğal gaz tüketimi 46,1 milyar m³ olmuştur.

Tablo 1-5: Ham Petrol ve Doğal Gaz Tüketim

YIL	HAM PETROL TÜKETİMİ (milyon ton)	DOĞAL GAZ TÜKETİMİ (milyon m ³)
2002	26,1	17.065
2003	29,5	21.384
2004	30,6	22.505
2005	29,3	27.467
2006	29,9	31.128
2007	27,7	34.600
2008	27,0	36.100
2009	22,3	34.400
2010	23,8	36.900
2011	25,0	43.800
2012	22,1	45.242
2013	20,8	45.270
2014	19,8	48.717
2015	27,2	47.999
2016	27,6	46.146

Kaynak: (ETKB, 2017: 38)

1.6.1.2. Türkiye’de Kömür’ün Genel Durumu

Kömür rezervi bakımından zengin olan Türkiye’nin elektrik üretiminde kullanım payının yeterli düzeyde olmadığı görülmektedir. Yüksek nakliye maliyetleri, ithal kömürü pahalı yapması dolayısıyla, yerli üretime son yıllarda öncelik verilmeye başlanmıştır (Çağıl, 2012: 35). Enerji arzı güvenliği bakımından ülkelerin öncelikle sahip olduğu kaynaklara yatırım yapmasının önemi ve gereği Türkiye’nin zengin kömür rezervlerini daha iyi yönetebilmesini zorunlu kılmaktadır.

Türkiye’de taşkömürü, linyit ve asfaltit olmak üzere üç çeşit kömür çıkarılmaktadır. Türkiye’nin farklı bölgelerinde bulunan kömür rezervlerinin ağırlıklı çıkarıldığı bölgeler aşağıdaki gibidir (Alemdaroğlu, 2008: 58-59):

- Taşkömürü rezervi Batı Karadeniz Bölgemizde (Zonguldak Havzası’nda),
- Asfaltit, Güney Doğu Bölgesinde 80 milyon ton civarında bulunduğu tahmin edilmektedir.

- Linyit ülkenin birçok noktasında çıkarılmaktadır.

2016 yılında Türkiye’de linyit ve taşkömürü üretim ve rezervleri işletildikleri kamu kurumu itibariyle aşağıdaki tabloda yer almaktadır.

Tablo 1-6: 2016 Yılı Kamuya Ait Kömür Rezervi ve Üretim Bilgileri

	KURUM	REZERV (milyon ton)	ÜRETİM (milyon ton)
LİNYİT	TKİ	3.646	13,7
	EÜAŞ	8.502	13,3
	MTA	564	-
	TOPLAM	12.712	27,0
TAŞKÖMÜRÜ	TTK	1.297	1,5

Kaynak: (ETKB, 2017: 41)

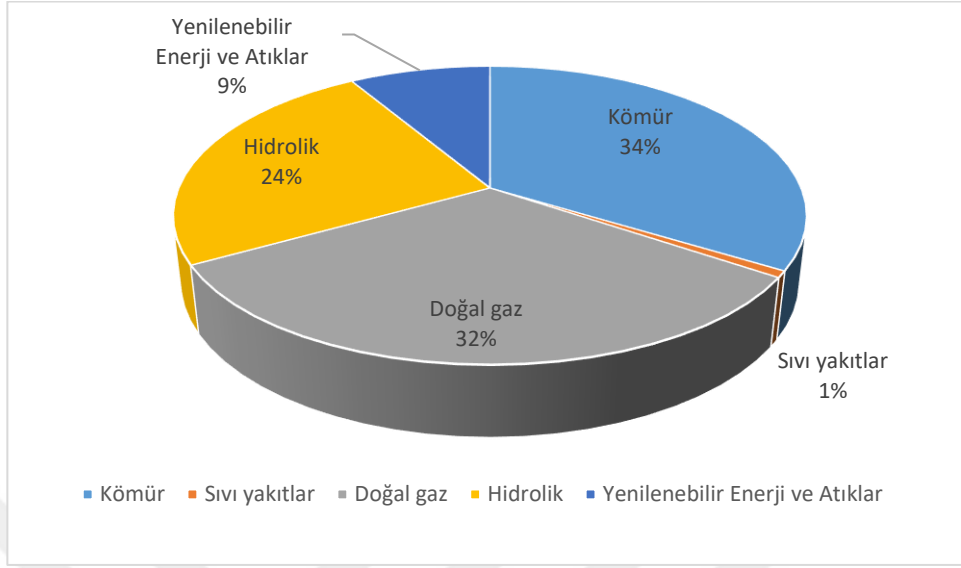
Taş kömürü özellikle demir-çelik sektörü ve termik santrallerde görülen geniş bir kullanım alanına sahip olmasına karşın Türkiye düşük kaliteli linyit kaynağı bakımından daha zengindir (Dogan, 2010: 43). İhtiyacı karşılayacak taş kömürü kaynağının yetersiz olması enerji sektörünü üretim ve yatırım bakımından sıkıntıya sokmaktadır.

1.6.1.3. Türkiye’nin Elektrik Durumuna Genel Bakış

Günümüzde modern enerji formlarına erişim ya da daha güvenli, temiz, ekonomik enerji hatları esasen modern ekonomiyi tanımlar. Elektrik, bu anlamda, modern ekonominin ihtiyaçları ile uyumlu olduğu için kilit öneme sahiptir (GEA, 2012: 389). Elektrik bilgi işlem teknolojilerinden taşımacılığa kadar her türlü işlemi için kullanılır. Ekonomik olması, üretim ve tüketimdeki verimliliği ve en önemlisi kullanım noktasında temizliği ile en başarılı enerji formudur.

Gelişen teknoloji ile birlikte her türlü ekonomik faaliyetin ana girdisi olan elektrik enerjisinin kullanım payı sürekli artmaktadır. Artan elektrik enerjisi ihtiyacını karşılamak üzere kullanılan kaynaklar çoğunlukla fosil kaynaklı olmaktadır. Türkiye’de elektrik enerjisi üretiminde kömür ve doğalgazın payı 2016 yılı itibariyle yaklaşık %67 civarındadır.

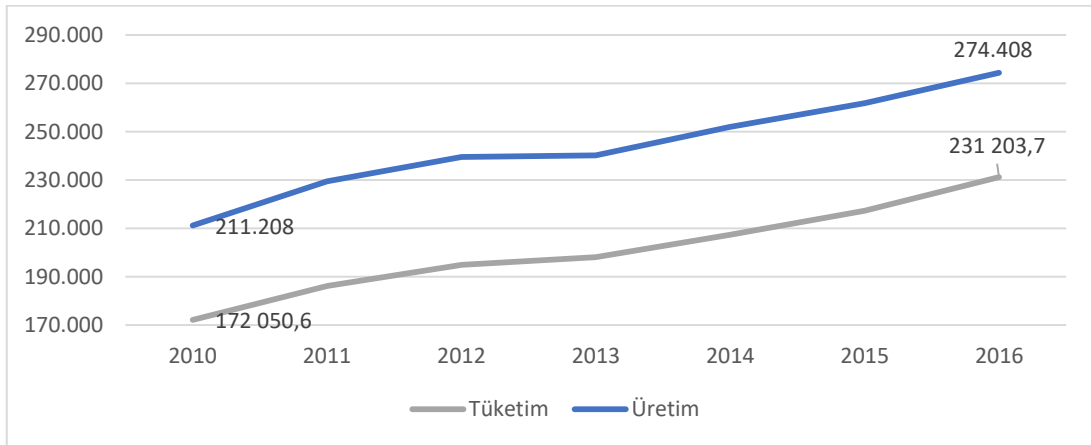
Şekil 1-12: 2016 Yılı Türkiye Elektrik Enerjisi Üretiminde Kaynaklarının Payları



Kaynak: Ek 1-1'deki TÜİK verilerinden uyarlanmıştır

Elektrik üretimi ve tüketimi, hayat standardını yansıttığından en önemli göstergelerinden birisi haline gelmektedir. (Kavcıoğlu, 2015: 36). 2010 yılından bu yana Türkiye'de elektrik enerjisi üretimi ve tüketiminde hızla artan bir ivme söz konusudur. Son 7 yılda hem üretim hem de tüketim yaklaşık 60 bin GWh'lik bir artış göstermiştir.

Şekil 1-13: Son 7 Yılda Elektrik Üretimi ve Tüketimi

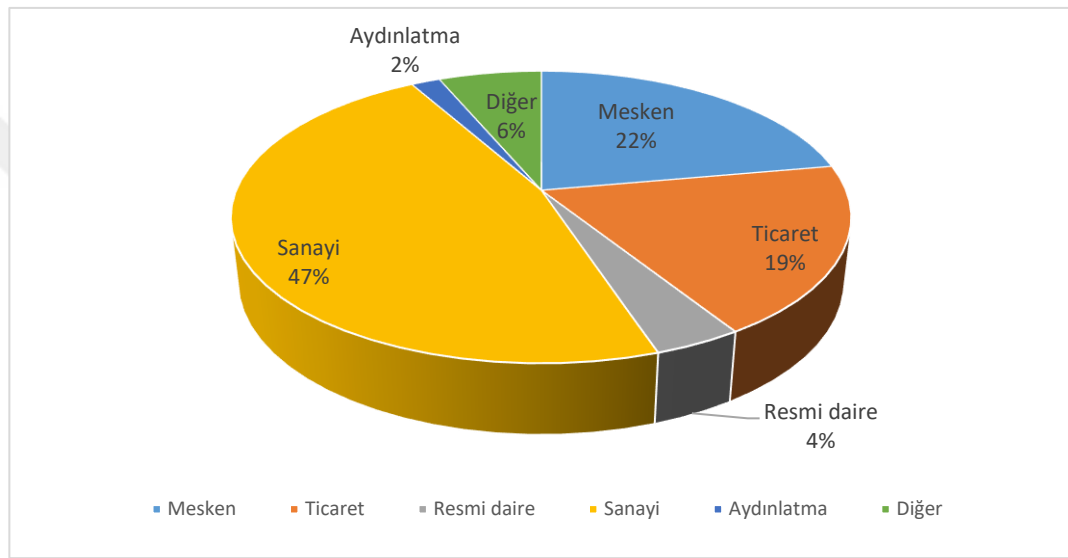


Kaynak: Ek 1-1 ve Ek 1-2'teki TÜİK verilerinden uyarlanmıştır

Tüm sektörler için önemli bir girdi niteliğinde olan enerjinin kullanım payı başta imalat ve ulaştırma sektörleri olmak üzere; hizmetten inşaat sektörüne, madencilikten turizm sektörüne kadar tüm sanayi sektörü için büyüktür. Bu noktada enerji sektörünün

stratejik önemi Türkiye’de ekonomik kalkınmanın sektörler bazında dağılımını etkilediği söylenebilir (Kavcıoğlu, 2015: 42). Türkiye’nin enerji tüketiminde kentleşme, yaşam standartlarının artması ve sanayileşmenin payı önemli rol oynamaktadır. 2016 yılında enerji kullanımı incelendiğinde %47’lik bir oranla Sanayi sektörü başı çekmektedir. Bunu %22 ile mesken kullanımı takip etmektedir (Şekil 1-14).

Şekil 1-14: Sektörlere Göre 2016 Yılı Türkiye Elektrik Enerjisi Tüketimi



Kaynak: Ek-2’deki TÜİK verilerinden uyarlanmıştır

Türkiye Elektrik Enerjisi Talep Projeksiyonu Raporu 2017 yılında, önümüzdeki 20 yıllık dönem için üç senaryo hazırlanmıştır (Senaryo 1 – Düşük Senaryo, Senaryo 2 – Referans Senaryo, Senaryo 3 – Yüksek Senaryo). Buna göre, yıllık ortalama elektrik talebi artış oranı Senaryo 1 için %3,5, Senaryo 2 için %4,2 ve “Senaryo 3” için %5,3 olarak hesaplanmaktadır.

1.6.2. Türkiye’nin Enerji Politikaları

Herkesin politika teriminin ne anlama geldiğini bildiği halde politikayı tanımlamak kolay bir iş değildir. Farklı enerji politikası tanımlamaları yer almasına rağmen enerji politikasını kamu politikalarının toplumsal hedeflere ulaşmak için hazırlanan programlara uygulanmasındaki siyasal kararlardan oluştuğu şekilde tanımlamak mümkündür (Aydın, 2014: 521).

Türkiye'nin coğrafi konumu önemli enerji kaynaklarına (dünyadaki toplam doğalgaz ve petrolün %70'i) yakın olması itibariyle jeostratejik açıdan büyük öneme sahiptir. (ETKB, 2017: 59). Diğer taraftan dünyanın toplam enerji tüketiminin en yüksek olduğu Avrupa ülkelerinin hemen batısında yer alması Türkiye'nin bir köprü konumunda enerji terminali olmasını sağlamaktadır (Alemdaroğlu, 2007: 33). Bu noktada Türkiye'nin enerji politikası hedeflerinin AB hedefleri ile büyük oranda uyumlu olduğu gözlenmektedir (Bayraç, 2015: 134). Bu imkanı avantaja çevirecek enerji diplomasisi tesis etmek ve diğer ülkelerle enerji ilişkilerini karşılıklı fayda yaklaşımıyla geliştirme noktasında politikalar yürütmek, Türkiye'nin içinde bulunduğu enerji darboğazını aşması adına önem arz etmektedir.

Türkiye'nin sahip olduğu kaynakları hiçbiri tek başına, toplam enerji talebine cevap verecek seviyede bulunmamaktadır. Bu sebeple enerji üretiminin ve sürekliliğinin sağlanmasında, kaynaklarının çeşitlendirilmesi gerekmektedir (Akkoyunlu, 2006: 143). Enerjide dışa bağımlı bir görünüm arz eden Türkiye'nin enerji tedarikinde hem kaynak hem de portföy çeşitlendirmesi politika yapıcıları açısından birincil öneme sahip olması gerekmektedir. Özellikle metropol şehirlerde meydana gelen çevre kirliliğinin azaltılmasında büyük rolü olan doğal gaz kullanımında dışa bağımlılık % 50'lerin üzerindedir. Almanya'nın Türkiye ile benzer özellik gösteren doğalgaz ihtiyacını karşılamada uyguladığı %40'ını depolayabilme politikası ülke açısından ciddi bir riski azaltmaktadır (Ertürk, 2006: 118).

Son yıllarda yaşanan ekonomik büyümeyle birlikte endüstrileşmede önemli ilerleme kaydeden Türkiye'nin enerji talebinde bir artış olduğu ve bu artışın ilerleyen yıllarda devam edeceği açıktır. Bu noktada enerji yoğunluğunun azaltılması için enerji yatırımlarına, araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin arttırılmasına ve enerji verimli teknolojilerin istihdam edilmesine ihtiyaç vardır.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın 2015-2019 Dönemi Stratejik Planı'nda 8 adet stratejik tema ve bu temaların gerçekleştirilmesi için belirlenen 16 adet amaç bulunmaktadır (Tablo 1-7).

Tablo 1-7: 2015-2019 Dönemi Stratejik Planı: Stratejik Temalar ve Amaçlar

Stratejik Temalar	Amaçlar
Enerji Arz Güvenliği	<ul style="list-style-type: none"> • Güçlü ve güvenilir enerji altyapısı • Optimum kaynak çeşitliliği • Etkin talep yönetimi
Enerji Verimliliği ve Enerji Tasarrufu	<ul style="list-style-type: none"> • Enerjisini verimli kullanan bir Türkiye • Enerji verimliliğine ve tasarrufuna yönelik gelişmiş kapasite
İyi Yönetişim ve Paydaş Etkileşimi	<ul style="list-style-type: none"> • Kurumsal kapasitesi güçlü bir Bakanlık • Bilgi teknolojilerini etkin kullanan bir Bakanlık • Koordinasyon gücü yüksek bir Bakanlık
Bölgesel ve Uluslararası Etkinlik	<ul style="list-style-type: none"> • Bölgesel enerji piyasalarına entegre bir Türkiye • Uluslararası arenada güçlü bir aktör
Teknoloji, Ar-Ge ve İnovasyon	<ul style="list-style-type: none"> • Enerji ve doğal kaynaklarda yerli teknoloji • Sonuç odaklı bir Ar-Ge yaklaşımı
Yatırım Ortamının İyileştirilmesi	<ul style="list-style-type: none"> • Rekabetçi ve şeffaf piyasalar • İyileştirilmiş yatırım süreçleri
Ham Madde Tedarik Güvenliği	<ul style="list-style-type: none"> • Enerji dışı ham madde tedarik güvenliği
Verimli ve Etkin Ham Madde Kullanımı	<ul style="list-style-type: none"> • Enerji dışı doğal ham maddeleri verimli ve etkin kullanmak

Kaynak: (E.T.K.B., 2016: 50)

Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırımların yapılması ve geliştirilmesiyle ilgili gerekli çalışmaların yapılması konusu Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı’nda yer almaktadır. Türkiye’nin güneş enerjisi potansiyeli Avrupa Ülkeleri ile karşılaştırıldığında oldukça yüksektir. Birim metrekare başına ortalama 1500 kW saatli güneş enerjisi üretimi gerekli altyapının yapılmasıyla mümkündür. Genç tektonik kuşak içinde yer alan Türkiye’nin jeotermal potansiyelinin yüksek olması beklenir. Diğer taraftan henüz değerlendirilmesi araştırmaya tabi olan dünya Toryum rezervinin %54’ü Türkiye’de yer almaktadır. Son olarak, atıl konumda olan hidroelektrik üretme kapasitemizin yüzde yetmiş henüz kullanılamamaktadır (Akkoyunlu, 2006: 132-141) Belirlenmiş olan stratejik temalar ve amaçlara

doğrultusunda Türkiye'nin bu potansiyelleri iyi değerlendirip ilgili alanlarda iyileştirmeye yönelik adımlar atması gerekmektedir.

5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu kapsamında 2007 yılında Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği' yayınlanmıştır. Enerjinin yaklaşık %85'inin tüketildiği en büyük iyileştirme potansiyeline sahip bina sektöründe enerji yoğunluğunu azaltmak için uygulanan programları içermektedir. Uygun olmayan binalara idari para cezaları veya ruhsat verilmemesi gibi yaptırımların bulunduğu yasal düzenleme sayesinde Türkiye'nin toplam yıllık enerji ihtiyacında %10'luk bir azalma olması beklenmektedir.

Mersin'in Akkuyu bölgesinde yapımı için temelleri 2 Nisan 2018'de atılan Nükleer güç santrali bu konuda atılan önemli adımlardan biridir. Yapımı 7 yıl sürmesi planlanan Nükleer güç santrali her biri 1200 megavat gücünde 4 reaktörden oluşacak olup, işletme ömrünün 60 yıl olacağı ön görülmektedir. Yapımı tamamlanınca Türkiye'nin toplam enerji ihtiyacının %10'unu karşılaması beklenmektedir.

Türkiye ekonomik büyümeye katkıda bulunacak, istikrarı ve refahı sağlayacak şekilde enerjiyi sürdürülebilir, yeterli, güvenilir ve rekabete açık fiyatlardan sağlama hedefi ile hareket etmelidir. Alternatif tüm kaynaklar verimli bir şekilde dikkate alınması esastır (Alemdaroğlu, 2008: 41). Son zamanlarda yapılan çalışmalarda önemli bir enerji kaynağı olarak değerlendirilen hidrojen bakımından Türkiye'nin enerji ihtiyacını karşılama potansiyeli olduğu değerlendirilmektedir (Tutar ve Eren, 2011: 22) Enerji arzı hane halkından ve firmalardan veya dış sektörden gelen diğer faktör girdilerine bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Enerji sektörünün soyutlanmadan, ekonominin diğer bileşenleri ile topyekün ele alınması gerekir. Unutulmamalıdır ki enerjisini sürdürülebilir bir maliyetle ithal eden ve iyi çeşitlendirilmiş arz kaynaklarına bağlı olarak tedarik güvencesi sağlayan bir ülke bağımlıdır ancak savunmasız değildir.

1.7. Enerji Ekonomisi

Enerji ekonomiyeye gerekli olan yakıtı sağlar bu da arzulanan enerji hizmetlerini sunmak için kaynak ve materyal çıkarımından, elektrik üreten teknolojilere, diğer enerji taşıyıcılarına ve son kullanıcı ekipmanlarına kadar gerekli enerji altyapılarının

kurulmasını sağlar. Ekonomi, aynı zamanda, enerji sistemlerinin, bileşenlerinin ve enerji akışlarının finansörüdür. Temel bir soru şudur: Ekonomilerin sorunsuz çalışması ve böylece sosyal kalkınmayı ve refahı artırmak için ne kadar enerjiye ihtiyacı vardır (GEA, 2012: 389). Şu anki elektrik kullanımımızın ve ulaşım yöntemlerinin yaklaşık dörtte üçü fosil yakıtlardan elde edilmektedir ve bu kaynaklar iki yüz yıl içinde kurumuş olacaktır. Fosil yakıtların sonlu doğasını ve mevcut alternatif çözümleri anlamak ve sürdürülebilir bir ekonomiye sahip olmak için bilgi ve araçlara ihtiyaç vardır.

Enerji ekonomisi toplumların yaşamı için zorunlu bir ihtiyaç maddesi olan enerjinin arzı ve talebi ile ilgili birçok faaliyet arasındaki ilişkilere odaklanan ekonominin bir alt disiplini (Aydın, 2014; Tutar ve Eren, 2011: 5; Uçak, 2010: 51). Kaynakların çeşitliliği, kullanan sektörlerin farklılığı, toplum için üretimi, dağıtımını ve kullanımı boyutları ile enerji uğraştığı sorunlar ile uygulanan yöntemler bakımından çeşitlilik arz etmektedir.

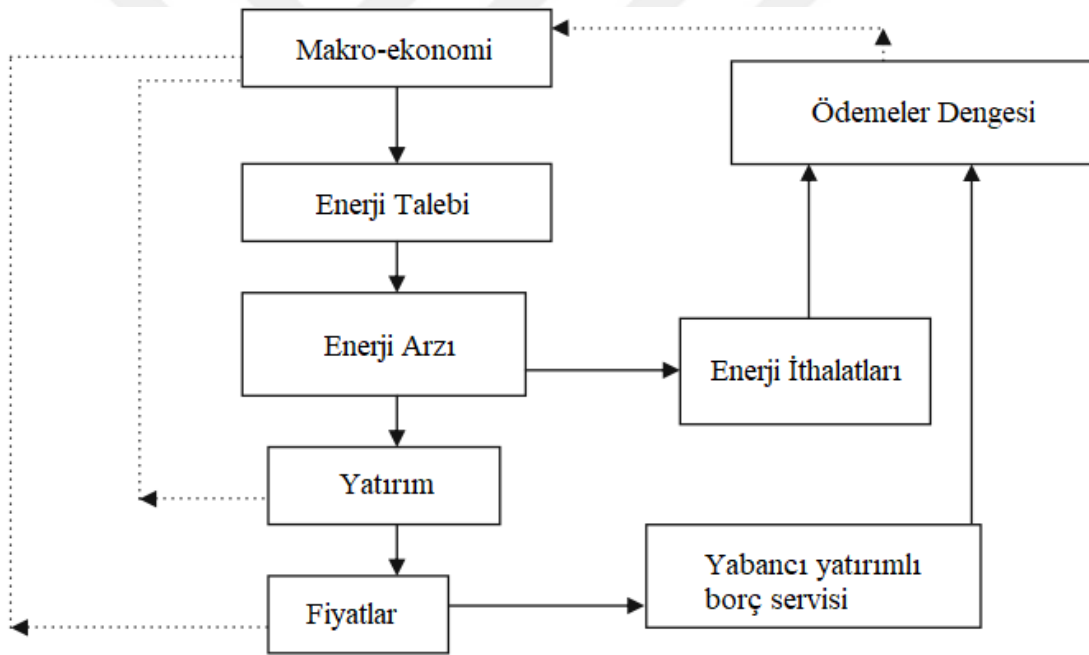
Ekonominin herhangi bir dalında olduğu gibi, enerji ekonomisi de kıt kaynakların ekonomiye tahsis edilmesi konusuyula ilgilidir. Bu nedenle, enerji arz ve talebinin mikro ekonomik hususları ve yapılan yatırım, finansman ve diğer ekonomik bağları ile makroekonomi konuları enerji ekonomisinin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır (Bhattacharyya, 2011: 2). Enerji ekonomisi analizlerinde aşağıdan yukarıya modellerin pratik kullanımı, önemli mikro ekonomik veri gereksinimleriyle karşı karşıyadır (Zweifel vd., 2017: 89). Bu konulara ilişkin ekonomik analizler yaparken, enerji ekonomistleri, enerji seçeneklerinin mikro veya firma düzeyinde değerlendirilmesinden alternatif enerji geleneklerinin ekonomi çapındaki değerlendirmelerine kadar geniş bir yelpazede modelleme ve analitik araçlar kullanırlar (Tyner ve Herath, 2018: 175). Enerji ekonomisi ile ilişkili olan diğer disiplinler arasında ekonometri, finans, çevre ekonomisi, enerji mühendisliği, politika, ekoloji vb. yer almaktadır.

Günümüzde enerji ekonomisi konusunu tartışırken iklim değişikliği ve politikası, sürdürülebilirlik, risk analizi, arz güvenliği, enerji denetimleri ve enerji verimliliği, enerji politikası, enerji yönetimi, enerji hizmetleri uzmanlığı, e-hareketlilik

ve sürdürülebilir ulaşım, yenilenebilir enerjiler üzerinde durulmaktadır (Weber, 2018: 51). Enerji ekonomisinin cevap vermesi gereken hususlar üretiminden tüketimine, çeşidinden maliyetine ve zamanından miktarına kadar geniş bir yelpazeyi içermektedir.

Enerji ekonomik faaliyetler için önemli bir girdi olduğundan, kullanılabilirlik ve fiyatlardaki değişiklikler, ekonomi üzerinde olumsuz etkiler yaratır ve endişe kaynağı olabilir (Bhattacharyya, 2011: 406). Enerji arzı hane halkından ve firmalardan veya dış sektörden gelen diğer faktör girdilerine bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Enerji sektörünün soyutlanmadan, ekonominin diğer bileşenleri ile topyekün ele alınması gerekir.

Şekil 1-15: Enerji Ekonomisinin Bağlantıları



Kaynak: (Munasinghe and Meier'den aktaran Bhattacharyya, 2011: 408)

Yukarıdaki şekilde ekonomi bağlantıları ileri (düz çizgiler) ve geriye doğru (noktalı çizgiler) bağlantılar olarak adlandırılmaktadır. İleriye doğru bağlantı, enerji sektöründeki makroekonomik etkileri yakalarken geri bağlantıları enerji sektörünün ulusal ekonomi üzerindeki etkilerini ortaya koymaktadır.

Enerji ekonomide yaygın ve önemli bir güçtür. Enerji ekonomisi, enerji üretimi ve tüketimi ile ilgili arz, talep, fiyatlandırma, politika ve dışsallıkların tüm yönlerini

kapsayan ekonominin bir alt disiplini. Görüldüğü gibi enerji ekonomisi çok geniş kapsamlı bir konudur ve bu nedenle çalışmamızda enerji talebi ve arzı konuları genel olarak ele alınacaktır.

1.7.1. Enerji Talebi

Enerji talebi insanlık tarihi boyunca artmaktadır ve istikrarlı bir küresel nüfus oluşana kadar hiç kuşkusuz artmaya devam edecektir. İnsanların nispeten yüksek değerlerde enerji sistemlerine makul bir şekilde erişebilmeleri için kullandığımız enerji kaynakları üzerindeki sınırlamaları anlamaları zorunludur (Martínez ve Ebenhack, 2016: 34). İklim krizinden silahlı çatışmaya ve yoksulluğa kadar, dünyanın en acil güçlüklerinin çoğu, yükselen ve çoğu zaman sürdürülemez enerji talebimize bağlı olarak meydana gelmektedir. Bu karşılıklı bağımlılıklar anlaşılmalı ve ele alınmalıdır (Ban Ki-moon'dan aktaran Aldrich vd., 2010: 8). Yaşam kalitesindeki yükselme çalışmaları ve dünya nüfusundaki artışa paralel olarak dünyanın enerji talebi artacaktır. Enerji talebini çok yönlü boyutları ile ele almak, bilgi teknolojilerinin gelişmiş verilerinden yararlanmak ve güçlü bir iletişim içinde olmak artan talebi iyi analiz etmek açısından önemlidir.

Enerji talebinin anlamı kullanıldıkları yere göre değişiklik gösterebilir. Örnek olarak bir kimyager tepkimeleri ölçmek için enerji talebinin yoğunluğunu dikkate alırken politikacılar açısından makroekonomik enerji taleplerine odaklanabilirler. Bir ülkedeki hane halkının ihtiyacı olan toplam enerji miktarına veya sanayi sektörüne sunulan enerji, farklı anlamlarda kullanılan enerji talebine birer örnektir. Terimin kullanıldığı yere göre açıklanarak bahsedilmesi enerji talebi üzerindeki farklı anlaşılmaları giderebilir.

İktisat teorisi açısından enerji talebi analizi veya hesaplamasında kullanılan prensipler diğer mal ve hizmetlerin talebinde kullanılan iktisat prensiplerinden farklı değildir. Bunula birlikte enerji talebinin kendine özgü karakteristik özellikleri ve analiz edilen enerji piyasalarının dikkat gerektiren ölçüm problemleri vardır. Fakat mikroekonomik açıdan enerji talebini ekonomide herhangi bir mala olan talep gibi değerlendirebiliriz (Aydın, 2014: 235).

Tüketici enerji talebinin mikroekonomi temeli, tüketicilerin fayda maksimizasyon ilkelerine dayanır (Bhattacharyya, 2011: 47):

- Tüketiciler tercih gruplarını ve sıralamasını biliyorlar.
- Tercih sıralaması, birtakım fayda fonksiyonlarıyla temsil edilebilir ve
- Tüketici, mümkün olan alternatifler kümesinden her zaman en çok tercih edilen demeti seçeceği konusunda rasyonel davranır.

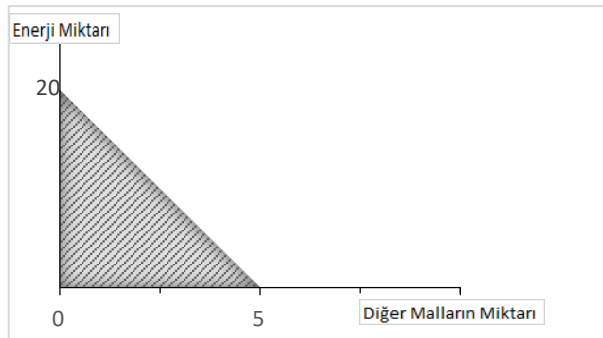
Bir mala olan talep, talep eğrisiyle temsil edilir ve bu eğri tüketilen malın farklı miktarları ile bu miktarları belirleyen faktörler arasındaki ilişkiyi kurar. Malın fiyatındaki herhangi bir değişme eğri üzerinde bir noktadan başka bir noktaya hareketle gösterilir. Fiyat dışında talebi belirleyen faktörlerde herhangi bir değişme olması eğrinin yukarı veya aşağıya kaymasıyla sonuçlanır. Talep eğrisinin matematiksel fonksiyonel olarak gösterimi;

$$x:f(p)$$

şeklinde olup; x, talep edilen miktar ve p ise malın fiyatını gösterir (Aydın, 2014: 238).

Faydasını maksimize etmeye çalışan tüketici varsayımından yola çıkarak önce bütçe kısıtını sonra da kayıtsızlık eğrilerini inceleyerek tüketici talep eğrisini oluşturabiliriz. Bir kişinin enerji (E) ve diğer mal (X) arasında tahsis etmek için 100 TL'si olduğunu varsayalım. Bir birim enerji, 5 liraya, diğer malların bir birimi 20 liraya mal olur.

Şekil 1-16: Bütçe Kısıtı



Buna göre kişi şekil 1-16'daki gölgeli alan ile gösterildiği gibi, 20 birim enerji veya 5 birimlik diğer malları veya bu malların bir kombinasyonunu satın alabilir.

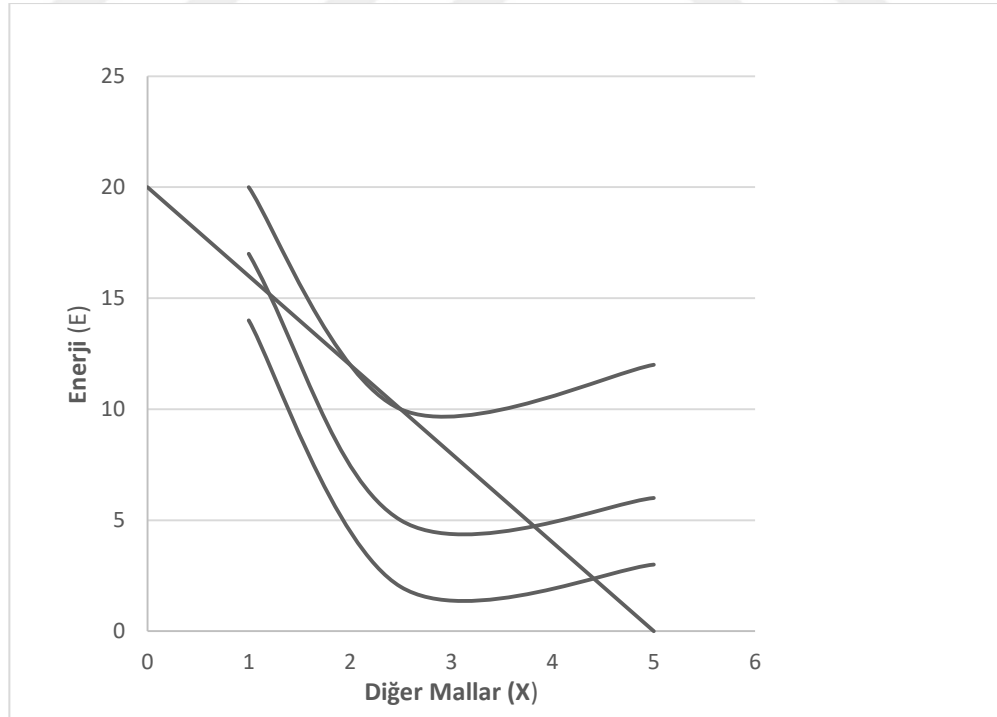
Bu denklem formatında $100 = 5E + 20X$

Fayda fonksiyonu olarak $U = X^{0,5} E^{0,5}$

Çeşitli fonksiyon seviyeleri için (örneğin $U = 2, 3, 4$ ve 5) X ve E kombinasyonları bu fonksiyon için kolaylıkla belirlenebilir. Tüketicilerin sağladığı toplam faydayı gösteren bu düzeylere kayıtsızlık eğrileri denir. Enerji ve diğer mallar için en uygun talep, bütçe çizgisinden ve kayıtsızlık eğrilerinden belirlenebilir.

Bütçe çizgisi, kayıtsızlık eğrisine ($U = 5$) teğet olduğu noktada enerjinin ve diğer malların optimum kombinasyonları (10 ünite enerji ve 2,5 ünite diğer mal olduğu ortaya çıkar) elde edilir. Bundan dolayı, enerji fiyatı birim başına 5 olduğunda, bütçe kısıtlaması göz önüne alındığında, birey 10 birim enerji tüketir. Bu, talep eğrisi için *bir çift veri seti* oluşturur.

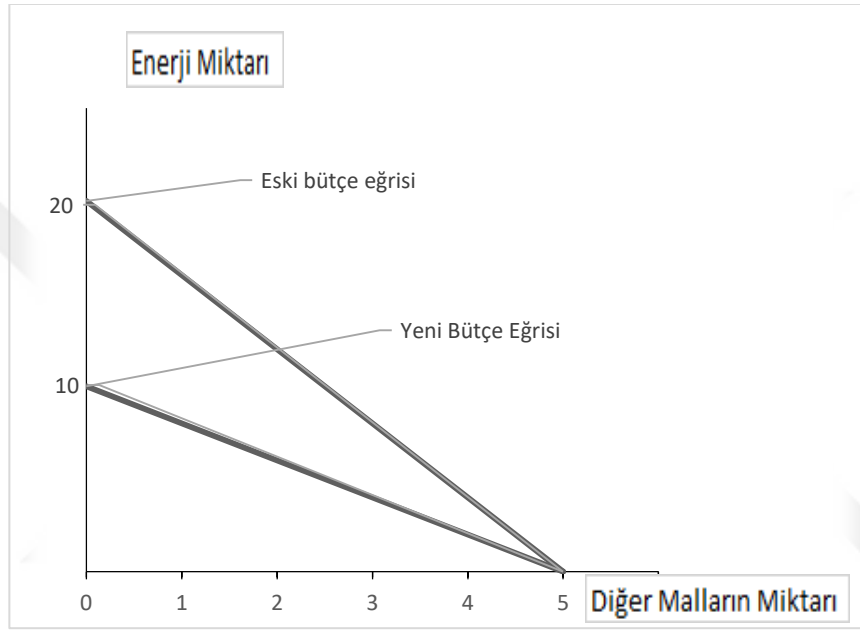
Şekil 1-17: Fayda Maksimizasyonu



Şimdi enerji fiyatının ünite başına 10'a, diğer malların fiyatı ise değişmediğini düşünün. Doğal olarak, tüketici şimdi yalnızca 10 birim enerji veya 5 birim diğer

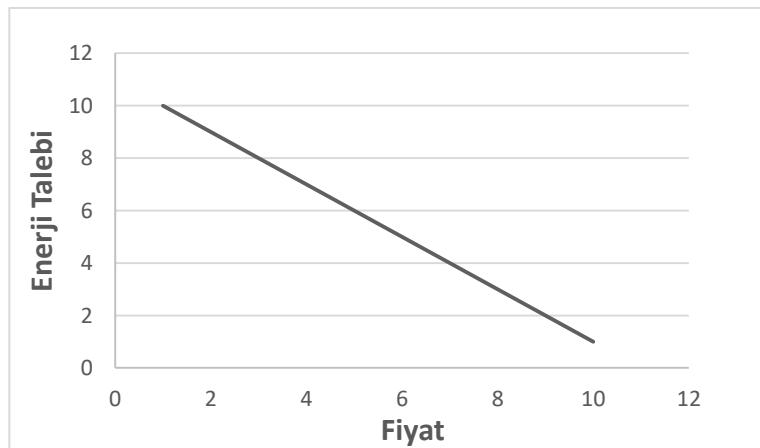
malları veya değişik enerji ve diğer malların kombinasyonlarını tüketebilir (Şekil 1-15'te gösterildiği gibi). Yukarıda belirtilen yöntemi takiben yeni en uygun kombinasyonu 5 birim enerji ve 2,5 birim diğer maldan tüketerek gerçekleştir (diğer bir deyişle enerji talebinde sadece % 50'lik bir azalması). Bu, talep eğrisinde **bir çift farklı değer** daha verir.

Grafik 1-1: Enerji Fiyatındaki Değişimlerin Bütçe Çizgisindeki Etkisi



Bireysel enerji talep çizelgesi şimdi bu noktalar kullanılarak Şekil 1-18'de gösterildiği gibi çizilebilir. Fark etmiş olduğunuz gibi, tüm süreçte, diğer değişkenleri sabitken yalnızca enerji fiyatlarını değiştirilerek (*ceteris paribus* varsayımı) oluşturulmuştur. Şekilde talep eğrisi beklendiği gibi aşağı doğru eğimlidir.

Şekil 1-18: Bireysel Enerji Talebi Eğrisi



Belirli bir malın piyasa talebi fonksiyonu, bu mal için her bir bireysel talebinin toplamıdır. Bir malın piyasa talebi eğrisi, diğer tüm belirleyicileri sabit tutarken, malın fiyatını değişmesiyle meydana gelen talep fonksiyonundan oluşturulur (Bhattacharyya, 2011: 48-49).

Genel olarak teori, enerji talebi eğilimlerini tahmin etmek ve analiz etmek için çok önemlidir, çünkü politika formülasyonunu kolaylaştıran uygun modellerin geliştirilmesine zemin hazırlar (veya en azından bunu yapmalıdır) (Evans ve Hunt, 2009: 110). Çok sayıda etki eden faktör ve bunların belirsizlikleri nedeniyle, enerji talebi için tam bir fiziksel model oluşturmak neredeyse imkansızdır. Bu nedenle, enerji talebi, gerçek ilişkileri basitleştiren matematiksel modeller temelinde hesaplanmaktadır.

1.7.1.1. Enerji Talebinin Fiyat ve Gelir Esnekliği

Enerji talebinin gelir esnekliği ve fiyat esnekliğini tahmin eden çok sayıda bilimsel çalışma bulunmaktadır. Bu esnekliklere olan bu büyük ilgi enerji talebini tahmin ederken hayati önem taşımamasından kaynaklanmaktadır (Evans ve Hunt, 2009: 102). Enerji talebinin fiyat esnekliğine ilişkin ayrıntılı veriler, değişen enerji fiyatlarının çevresel, ekonomik ve dağıtımsal sonuçlarının daha iyi anlaşılmasını ve toplumların enerji ve çevre konularında öncül kararlar almalarını sağlayabilir (Labandeira vd., 2017: 549). Enerji talep esneklikleri hesaplamaları, sürekli artan enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla ileriye yönelik enerji talebinin belirlenmesi ve gerekli kapasitenin tasarlanmasında yardımcı olur (Kılınç, 2014: 141).

Enerji ekonomisinde ve politikasında, enerji girdisi talebini (örneğin, elektrik veya doğal gaz talebi gibi), bu girdinin fiyatı değiştiğinde nasıl değiştiğini anlamak önemlidir (Miller ve Alberini, 2016: 235). Enerji talebinin fiyat esnekliği, diğer değişkenler sabitken enerji fiyatında yüzde 1'lik bir değişim göz önüne alındığında, enerji talebindeki değişim yüzdesi olarak tanımlanır (Evans ve Hunt, 2009: 102):

$$\varepsilon_p = \frac{\% \Delta E}{\% \Delta P} = \frac{dE}{dP} \cdot \frac{P}{E}$$

Burada P enerjinin fiyatını, E miktarı belirtir. Fiyat esnekliği, genellikle, enerji vergileri veya sübvansiyonlar gibi korumaya yönelik çeşitli politikaların etkisinin bir

göstergesi olarak kullanılır. Örneğin, fiyat esnekliğinin doğru bir tahmini ele alındığında uygulanacak belirli bir vergi politikasıyla karbon emisyonundaki azalmayı hesaplamak mümkün olabilir.

Enerji talebinin çıktı veya gelir esneklikleri, ekonomik çıktıdaki her %1 değişimin (GSYİH veya katma değer) enerji talebinin değişim oranını göstermektedir. Normalde GSYİH büyümesi enerji talebi ile pozitif bir ilişki içindedir, ancak esneklik değeri bir ekonominin gelişme aşamasına bağlı olarak değişir. Normal olarak gelişmiş ülkelerin gelirle (örneğin elastikiyetin 1'den düşük olması) esnek olmayan bir talebe sahip olduklarına inanılırken, gelişmekte olan ülkelerin gelir açısından esnek bir enerji talebine sahip olduklarına inanılır.

Örnek olarak Türkiye’de birincil enerji tüketimi 2004 yılında 1,970 Mtep iken 2005 yılında 2,225 Mtep'ye yükseldiğini varsayalım. GSYİH, 2004 yılında 14197 Milyar TL iken, 2000'de sabit fiyatlarla 2005 yılında 15603 Milyar TL'ye yükselmiş olsun. Türkiye'deki enerji talebinin GSYİH esnekliği ne olur?

$$\text{Enerji talebinde \% değişim} = (2.225 - 1.970) / 1.970 = \% 12,9$$

$$\text{Milli gelirden \% değişim} = (15.603 - 14.197) / 14.197 = \% 9,9$$

$$\text{Milli gelir esnekliği} = 12,9 / 9,9 = 1.31$$

Fiyat esneklikleri, enerji fiyatındaki her yüzde değişim için talebin ne kadar değiştirdiğini gösterir. Fiyat esneklikleri negatif sayılardır, bu fiyat artışının enerji talebinde bir düşüşe neden olduğunu göstermektedir. Bu elastikiyet fiyat değişiklikleri için tüketicilerin yanıt verme oranını bulmayı amaçladığından, esneklik amacıyla kullanılacak fiyat, tüketicilerin gerçekten ne ödediğini (duruma göre perakende fiyatı veya toptan satış fiyatı) yansıtmalıdır. Kısa vadeli ve uzun vadeli fiyat esneklikleri arasında genellikle bir ayırım yapılır. Kısa vadeli fiyat esnekliği, fiyat değişimlerine ani tepki verir. Kısa vadede, tüketicilerin sermaye stokunu değiştirme olanağı yoktur ve sadece tüketim davranışlarını değiştirebilir ve bu nedenle sadece kısmi bir reaksiyon normalde hissedilmektedir. Uzun vadeli esneklik, ayarlamaların daha uzun bir süre üzerindeki etkisini yakalayacaktır. Öte yandan, tüketicilerin uzun vadede,

sermaye stoklarını ve tüketim davranışlarını değiştirme olanağı var. Bu, reaksiyonun fiyat değişimine daha iyi yansmasıyla sonuçlanır (Bhattacharyya, 2011: 53-54).

Talebi gelir açısından elastikse enerji tüketimine ilişkin daha yüksek vergiler gibi doğrudan veya dolaylı olarak değişen gelir politikaları etkili olabilir. Eğer fiyat elastikse, sınırlı enerji kaynağının kontrolü, fiyat değişiklikleri politikasıyla başarılabilir. Bu ilkeyi takiben, gelir ve fiyat değişimlerine olan talebin cevap vermemesi nedeniyle tasarlanan politikada enerji tasarrufu veya çevresel iyileştirme gibi etkinliklerin elde edilmesi zordur (Aziz vd., 2013: 6).

1.7.1.2. Enerji Talebini Etkileyen Faktörler

Enerji talebinin değişmesinde başlıca nedenler arasında ekonomik faaliyet, nüfus ve teknolojiyi sayabiliriz. Belirli bir ekonomi için ekonomik büyümedeki daha uzun vadeli eğilimler, nüfus artışı, işgücüne katılma oranını, verimlilik artışı, ulusal tasarruf oranını ve sermaye birikimini yansıtacak temelde demografik ve verimlilik eğilimlerine bağlıdır (USEIA'dan aktaran GEA, 2012: 388). Artan küresel enerji talebi çevresel kaygılardan bağımsız olarak, bu talebi karşılamak için yenilikçi ve yaratıcı çözümlerin bulunmasını gerektirir. Bu durum, sınırlı kaynakların olduğu gelişmekte olan ülkelerde uygulanabilecek çözüm seçeneklerinin az sayıda olmasından dolayı muhtemelen daha zor bir süreçtir (Ginley David ve Cahen, 2012: xi). Aslında artan enerji talebini tam anlamıyla karşılamamanın açık ve net bir şekilde tanımlanmış bir yolu bulunmamaktadır. Bu konuda yapılan araştırmalar ve atılan adımlar bu sorunun azaltılmasına yönelik katkı sağlamaktadır.

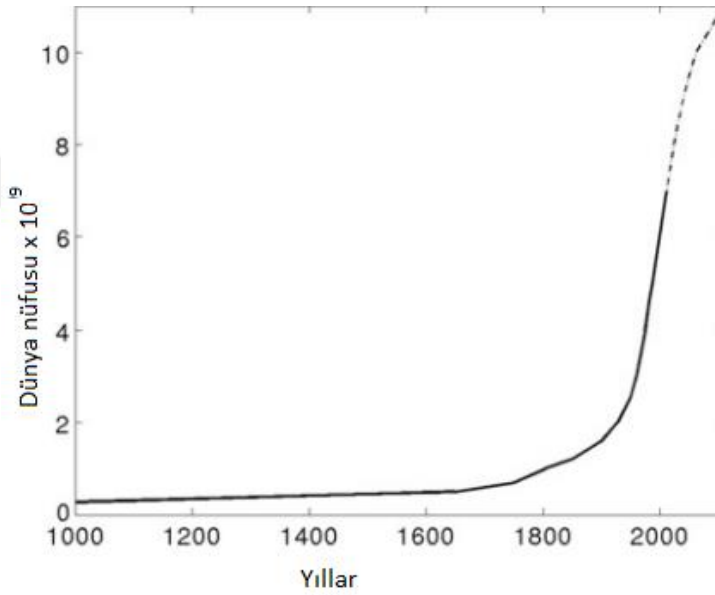
Yapılan araştırmalara göre daha enerji verimli teknolojilerin sürekli gelişmesine rağmen fosil yakıtların toplam enerji ihtiyacının büyük bölümünü karşılamaya devam edeceği tahmin edilmektedir. Bu durumda mevcut kaynaklarla ihtiyaçlarımızı en uygun şekilde karşılayabilmemiz için enerji talebini etkileyen faktörleri iyi analiz etmemiz gerekmektedir.

1.7.1.2.1. Demografik Etkiler

Buzul çağının sonunda dünya nüfusu yaklaşık 1 milyon insandı. Şehirler ortaya çıktıkça, bu çağdan birkaç yüz yıl önce, nüfus 200 milyondan fazla olmuştu. Sanayi Devrimi'nin başlangıcında, nüfus 300 milyonu aştı ve 1900 yılında 1 milyar insana

ulaştı (Martínez ve Ebenhack, 2016: 21). Gelecekteki dünya nüfusu tahmini, 2050'de 10 milyar insanı aşacak ve bu yüzyılın ikinci yarısında 12 ila 15 milyar arasında olacağı belirtilmektedir (USCB'den aktaran Narbel vd., 2014: 2). Fosil enerji kaynaklarının daha verimli kullanılması, daha iyi bir teknoloji ve yaşam koşullarının iyileştirilmesi insan nüfusunun bugünkü büyüklüğüne ulaşmasına neden olan etkenlerin başında gelmektedir.

Şekil 1-19: Küresel Nüfusu Gelişimi



Kaynak: (Narbel vd., 2014: 148)

Dünya şimdilerde "büyük ivme" olarak da bilinen çok sayıda parametrede çarpıcı bir büyüme periyodunun ortasındadır. Başlıca kalabalık gelişmekte olan ülkeler, enerji yoğun mal ve hizmetlere olan talebin eş zamanlı olarak artmasıyla aktif ve başarıyla sanayileşme ve sosyo-ekonomik kalkınma peşindedirler. Sonuç olarak, enerji talebi nüfus eğilimleri ile hızla artmaktadır. Mevcut eğilimler devam ederse, insanoğlu önümüzdeki yarım yüzyılda kayıtlı tarihin tamamından çok daha fazla enerji kullanacaktır. Bu ölçekte enerji talebi küresel enerji kaynakları ve dağıtım ağları üzerinde artan bir baskı oluşturacaktır (GEA, 2012: 389). Dünya toplam nüfusundaki genel artış ve enerji talebi arasında yüksek bir korelasyon bulunmaktadır. Bu ilişkinin birincil nedeni kişi başına düşen enerji miktarındaki artıştan ziyade nüfusun artmasıyla enerjiye olan ihtiyacın artmasından kaynaklanmaktadır. Enerji geçişi (energy transition) olarak bilinen kavram bu noktada sürdürülebilirliği sağlamak için

gereklidir. Sürdürülebilirlik, ekonomi için enerji hizmetinin devamı ve yoksulluğun hafifletilmesi dahil olmak üzere çeşitli sosyal, çevresel ve sağlık boyutları, güvenlik ve barış konularına da değinmektedir

1.7.1.2.2. Ekonomik Büyüme

Ekonomiler geliştikçe, ülkelerin enerji ihtiyaçları ve öncelikleri değışir. Ekonomik gelişmenin farklı aşamalarında talebin evrimi değışir. Ekonomiler geliştikçe, sanayileşmiş ülkelerde olduğu gibi, enerji hizmetlerinin sağlanması için daha verimli teknolojiler benimsenme eğilimi ve ekonomik faaliyetlerin bileşimi zamanla azalmaya eğilimli olan enerji yoğunluğu ile değışmektedir (GEA, 2012: 388).

Değışen ekonomik yapı, enerji kullanımı üzerinde belirgin bir etkiye sahiptir. Genel olarak, ekonomiler geliştikçe daha kırsal ve tarımsal olmaktan kentli ve endüstriyel, daha sonra hizmete dayalı olmaya doğru hareket ederler. Aynı zamanda artan tüketici zenginliği, tüketim ve üretimdeki yapısal değışikliklere neden olur. Bu da, enerji tüketimindeki ve enerji yoğunluğundaki değışiklikleri teşvik edecektir (Evans ve Hunt, 2009: 94-95).

Bir ekonomide üretime bağlı olarak gelişen ekonomik faaliyetler iki dönem arasında sabit kalmaz. Örneğin, bir ekonominin toplam üretimi artarsa, enerji talebinin GSYİH esnekliğine bağlı olarak enerji talebi artacaktır.

1.7.1.2.3. Enerji Fiyatları

Enerji fiyatı ve zaman içindeki gelişimi (diğer malların ve hizmetlerin fiyatlarına göre), enerji talebinin belirleyicileri arasındadır. Ekonomik teori, talebin gelir veya zenginlik dışında görelî fiyatlara bağlı olduğunu öngördüğünden, bu endeks makroekonomik fiyat endeksine (tüketici fiyat endeksi, üretici fiyat endeksi veya GSYİH fiyat endeksi) bağlı olmalıdır. Bu oran genellikle enerjinin gerçek fiyatı olarak adlandırılır. Zaman içinde bir artış, enerji fiyatlarının genel olarak malların ve hizmetlerin ortalama fiyatından daha hızlı büyüdüğünü gösterir (Zweifel vd., 2017: 95). İktisat teorisi bakımından fiyat ve talep arasında ters yönlü bir ilişki bulunmaktadır. Fiyat artışları talebi düşürür, fiyat düşüşleri de talebi artırıcı yönde harekete geçer. Fiyattaki yüzde birlik bir değışimin talepte meydana getireceği

değişiklik talebin fiyat esnekliği bölümünde incelenmişti. Tüketici olarak ödediğimiz fiyat, enerji talebi üzerindeki en çarpıcı etkilerden birini temsil etmektedir.

Fiyatlar, ekonomilerin arzında ve taleplerinde çok önemli rol oynamaktadır. Her şeyden önce fiyatlar alıcılara ve satıcılara piyasa hakkında bilgi verirler. Ancak fiyatlar ve maliyetler arasında ayırım yapmak önemlidir. Başlıca dört tür maliyet yapısından bahsedilebilir: parasal maliyetler, fırsat maliyetleri, çevresel (ve sağlık) maliyetleri ve sosyo-politik maliyetler (GEA, 2012: 388). Çoğu tüketici, önemli olmakla birlikte, ağırlıklı olarak parasal maliyetlerini dikkate almakta ve diğerlerine daha az maruz kalmaktadır.

Bu maliyetlerden çevresel ve sosyo-politik maliyetler göz önüne alındığında piyasada enerjinin düşük olduğu söylenebilir. Birçoğumuz enerji için fazla ödeme yapmadığı için, değerli bir meta olarak davranmamaktadır. Daha fazla ödemek belki de enerjiyi daha mantıklı kullanmamıza neden olacaktır. Ayrıca pazardaki yeni alternatiflerin daha büyük ölçekli girişini kolaylaştırabilir (Martínez ve Ebenhack, 2016: 108). Daha yüksek enerji fiyatları, çevre korumayı, azalan karbon emisyonlarını ve alternatif enerjiyi destekleyerek hayati öneme sahip enerjinin korunması konusunda önemli bir faktör olabilir.

1.7.1.2.4. Teknolojik Gelişmeler

Ekonomide teknolojik değişim şu şekilde tanımlanmaktadır. Teknolojik değişim sermaye, emek, enerji ve malzemenin aynı girdi miktarlarıyla daha büyük bir çıktıyı üretmesini sağlar. Bir diğer değişle belirli bir çıktı miktarı teknolojik gelişmelerin olası bir sonucu olarak daha küçük miktarlarda üretim faktörleri kullanılarak elde edilmesidir (Zweifel vd., 2017: 107).

Teknolojik gelişme malı daha cazip hale getirir ve tüketimini artırır; bu durumda diğer nitelikler ayrı ayrı kontrol edilmezse, mala olan talebin enerji fiyatlarına göre daha elastik görünmesini sağlayacaktır. Örneğin, kişisel bilgisayarlar enerji açısından daha verimli hale geldiği zaman diğer birçok davranışla birlikte bilgisayar kullanmaya olan sosyal ilgi değişti ve talep de güçlü bir şekilde artmıştır (Borenstein, 2013: 12-13). Diğer bir görüşe göre de teknolojik ilerleme, bir ekonominin tepe enerji yoğunluğunu etkili bir şekilde düşürmektedir. Böylece, belirli bir ekonomi için

teknolojik gelişim zaman içinde ilerledikçe o ekonominin enerji ihtiyaçları azalacaktır. Bunun nedeni, yeni teknolojilerin ve endüstrileşmiş dünyada öğrenilen ekonomik / çevresel derslerin yayılmasının gelişmekte olan ülkelerin maksimum enerji yoğunluğunun azaltılmasına katkıda bulunmasıdır. (Evans ve Hunt, 2009: 95-96).

Genel olarak enerji talebi uzun ve kısa vadede birçok faktöre bağlıdır ve karmaşıktır. Ekonomik kalkınma, talebin gelirle ilişkili olarak nasıl büyüdüğünü değiştirebilecek üretim yapısında değişikliğe neden olur. Ayrıca, teknolojik değişim ve enerji fiyatlarının, dağıtılan sermayenin kompozisyonu, verimliliği ve kullanımı üzerindeki etkisi gibi unsurlar da dikkate alınmalıdır; maliyetlerin değiştirilmesi yoluyla politikanın talep üzerine sahip olabileceği enflasyon da söz konusudur (Evans ve Hunt, 2009: 89). Bu etkileri anlamak, iklim değişikliği ve enerji hizmetlerine erişim de eşitlik gibi dünyanın en acil sorunlarından bazılarıyla ilgilenmeye yönelik bilinçli ve akıllı politikalar geliştirmek için hayati önem taşımaktadır

1.7.1.3. Geri Tepme Etkisi (Rebound Etkisi)

Enerji talebinin azaltılması için öngörülen enerji verimli tedbirlerin genelde varsayıldığı gibi sonuçlar doğurmayabilmektedir. Enerji verimliliği gelişmelerine bağlı olarak arzulan enerji tasarrufları miktarını azaltan bir takım mekanizmalar mevcuttur (Topallı, 2012: 110). Geri tepme etkisi adı verilen bu mekanizmalar, verimlilikteki iyileşmelerin etkin maliyetlerini düşürdüğü için enerji hizmetlerine olan talepteki artışı açıklar. Bu etkiler doğrudan (aynı enerji hizmetine harcanan tasarruftan daha fazla tasarruf), dolaylı (tasarruflar farklı bir enerji hizmetinde harcanmaktadır) ya da ekonomi çapında (tasarruflar ekonomik ve gelir artışına katkıda bulunarak, talebi arttırabilir) olabilir. Örneğin, insanlar evlerini ısıtmamayı veya soğutmamayı göze alamazlar, ancak verimlilik önlemleri bu enerji hizmetlerini ekonomik hale getirir, bu verimlilik önlemleri aslında enerji kullanımını artırabilir. Her halükarda, “geri tepme”, tüketicilerin artan verimlilik sonucunda daha yüksek seviyede enerji hizmetinden yararlandıklarını ifade etmektedir (GEA, 2012: 740)

Başarılı bir şekilde uygulanan bir verimlilik ölçümü, ilişkili enerji hizmetinin maliyetinin düşmesine neden olur, ancak bu durum aynı hizmet için talebi canlandırabilir. Aydınlatmadaki artan verimlilik iyi bir örnek sağlar. Aydınlatma

maliyetini düşürür, ancak elektrik ışığının kullanımını artırır. Daha dolaylı bir geri tepme etkisi, bir enerji hizmetinin düşürülmüş maliyetinin (örneğin, alan ısıtması), tüketicilerin, kendi kendilerine ait önemli enerji gereksinimlerine sahip olabilecek daha fazla başka mal ve hizmet satın almalarını mümkün kılmasıdır (Zweifel vd., 2017: 82). Bir başka bakış açısıyla geri tepme ikilemine göre, verimsiz buzdolapları ve klimaların yok olmadığını, ikinci el piyasalarda yeni modellere sahip olmayanlar tarafından büyük oranda indirimli fiyatlarla satın alınmaktadır. Böylelikle daha yüksek verimliliğe sahip cihazların kullanılmasının etkisi, enerji tasarrufu değil, enerji tüketiminde de bir artış yaşanmasına neden olmaktadır. (Nersesian, 2016: 557). Bazı araştırmalara göre enerji verimliliği ile sağlanan tasarrufun geri tepme etkisiyle % 10 ile % 40 arasında azalmaya neden olacağını belirtmektedir.

1.7.2. Enerji Arzı

Tarih, toplulukların gelişmesi için kritik olan erişilebilir ve uygun fiyatlı enerjinin mevcudiyeti olduğunu göstermiştir. Medeniyetler çok sayıda nedenden ötürü yükselmiş ve düşmüştür, ancak enerji mevcudiyeti en önemli nedenlerden biri olarak görülebilir (Smith ve Parmenter, 2016: 18). Enerji arzı birçok kesim tarafından sürekli olacakmış gibi ele alınır. Ancak, hem yerel hem de uluslararası düzeyde bağlı olduğumuz enerji kaynakları kesinlikle sınırlıdır. Bu gerçeği biz geçmişte yaşanan benzin satın alımlarının kısıtlandığı veya evlerin elektrik dağıtımında kesintilerin olduğu örneklerden daha iyi idrak edebiliriz.

Vatandaşlarının ve ekonomisinin taleplerini karşılayacak seviyede enerjinin olduğundan emin olunması, herhangi bir ülke için yaşamsal öneme sahiptir ve birçok politika kaygısı bu konuya odaklanmaktadır. Enerji kaynaklarının beklenen talebe cevap vermesi muhtemel görünmüyorsa, arzın artırılması, talebin azaltılması ya da her ikisi tarafından bu farklar kaldırılması gerekir. Enerji arzının genişletilmesi gerektiğini düşünenlerin arasında bazıları yeni iç kaynaklı fosil yakıtları aramayı tercih ederken bazıları yenilenebilir kaynaklardan gelen enerji miktarını artırmayı tercih eder. Diğer taraftan yenilenebilir yakıtların ekonomik dezavantajlarının üstesinden gelmek için devlet sübvansiyonları veya diğer teşvikler gerekmektedir. (Yount, 2005: 27). Enerji arzı sorunları, geleneksel yakıtların (fosil yakıtlar) sonlu arzı ve alternatif

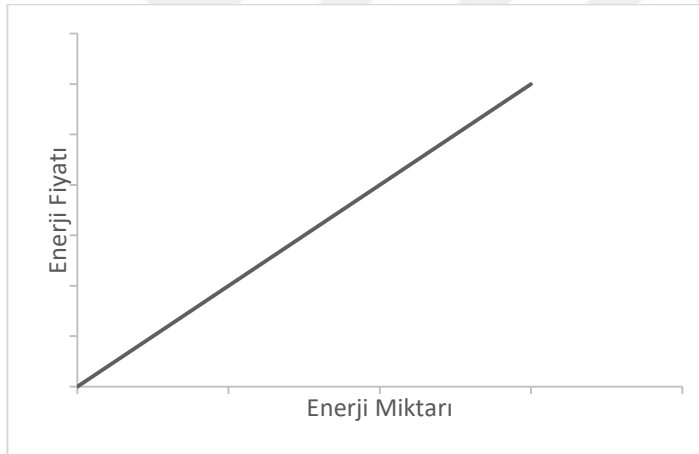
enerji kaynaklarının teknik ve ekonomik zorlukları ile enerji ekonomisinin üzerine dikkatle eğilmesi gereken bir konu haline getirmektedir.

Üreticilerin amacı, üretmiş oldukları mal ve hizmetleri satarak kârlarını maksimize etmektir. Arz genel olarak “fiilen satılmak istenen mal ve hizmet miktarı” demektir. Daha geniş olarak arz “belli dönemde belli fiyat düzeylerinde üreticiler tarafından satılmak istenen mal ve hizmet miktarı” olarak tanımlanmaktadır. Bir malın arz sayılabilmesi için mutlaka satılmak amacıyla piyasaya getirilmiş olması gereklidir.

Tam rekabetçi bir piyasada enerji arzı miktarı, maliyeti belirleyen ekonomik ve teknolojik değişkenler ile birlikte fiyatının bir fonksiyonudur. Örneğin, rekabetçi bir pazarda benzinin miktarı Q_s , verilen benzin fiyatının P bir fonksiyonu olacaktır.

$$Q_s: f(P)$$

Grafik 1-2: Bireysel Enerji Arz Eğrisi



Grafik, yüksek bir fiyattan malın daha karlı hale geleceğini varsayar ve firmanın üretimi genişletmeye çalışmaya teşvik ederek arzı, malın fiyatı arttığında artırır.

Rekabetçi bir piyasadaki herhangi bir enerji kaynağı için bir enerji arz fonksiyonu oluşturulabilir. Bunun için;

- Ham petrol ve katalizörler gibi kaynak girdileri için ödenen fiyat (P_i),
- Rafineriden benzini üretmek için gerekli sermayenin fiyatı (P_k),
- Maaş ve istihdam vergileri gibi dolaylı iş gücü maliyetlerini içeren emek ücreti (P_l),
- Araziyi veya diğer herhangi bir doğal kaynağı veya diğer üretim faktörünü kullanma fiyatı (P_n) ve

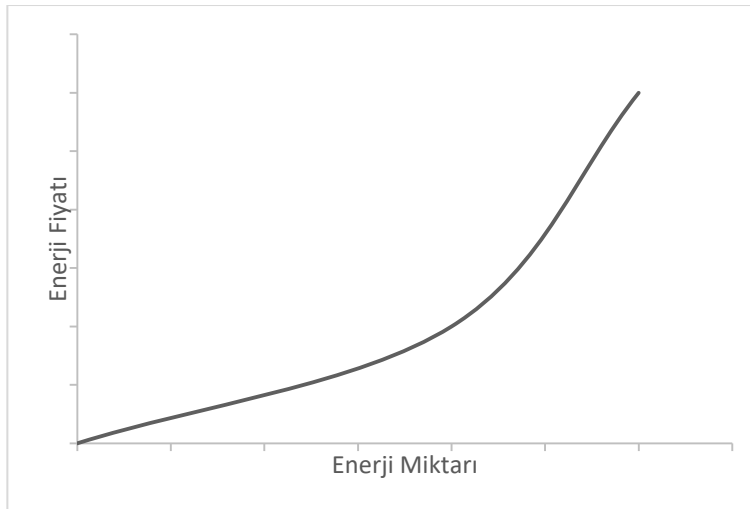
- Bu yakıt için üretim sürecini iyileştiren teknolojik değişim T olarak gösterilsin.

Diğer ilgili malların (tamamlayıcı malların) fiyatları da verilen miktarı etkileyecektir. Örneğin, daha ağır yakıtlar işlendiğinde hem benzin hem de daha hafif ürünler oluşur. Benzinle üretilen bu hafif ürünler, üretim sırasında tamamlayıcı mal (Pc) olarak adlandırılır. Fiyatını artıran petrol, benzin üretimini daha çekici hale getirecektir. Alternatif olarak üretimde ikame malların fiyatları (Ps) arttığında daha fazla benzin üretebilir. Hükümetler enerji piyasalarına müdahale edebilir ve politikaları tedarik edilen miktarı etkileyebilir. Piyasa arzı aynı zamanda sektördeki tedarikçi sayısına da bağlıdır #S. Yukarıdaki değişkenleri kullanarak rekabetçi bir piyasadaki herhangi bir enerji kaynağı için bir enerji arz fonksiyonu aşağıdaki şekilde gösterilir (Dahl, 2009: 3).

$$Q_s = f(P, P_i, P_c, P_s, P_l, P_k, P_n, T, E_r, \#S)$$

Değişkenlerin üzerindeki işaretler, değişkenin benzin üretimine ters (-) veya doğrudan (+) bağlı olup olmadığını gösterir. Ters yönlü bir ilişki varsa, değişkenler aksi yönde hareket eder. Değişken yükseldiğinde üretim azalır. Doğrudan ilişkiliyse, değişken ve üretim artar ya da birlikte azalır. Böylece, üretimdeki artış, ikame malların fiyatı ve çevresel düzenlemeler (P_i, P_l, P_k, P_n, P_s, E_r) üretimdeki tamamlayıcıların fiyatını arttırırken, teknolojiye gelişmeyi ve tedarikçi sayısını arttırmak, (P, P_c, T, #S) tüm üretim artacaktır.

Grafik 1-3: Toplam Enerji Arzı Eğrisi



Toplam enerji arzı fonksiyonu tanım gereği yukarı doğru eğimlidir. Küresel enerji arzı, elbette ki orta ve kısa vadede teknolojik ve fiziksel kısıtlamalarla sınırlıdır (Fiorenzani vd., 2012: 38).

1.7.2.1. Enerji Fiyatına Göre Arz Esnekliği

Bir değişkenin arz miktarındaki duyarlılığına, söz konusu değişkene göre arz esnekliği denir. Bu, miktardaki yüzdesel değişimin ilgili değişkendeki yüzdesel değişime bölünmesiyle örneğin P fiyatına göre arz esnekliği şu şekilde yazılabilir (Dahl, 2009: 4):

$$\varepsilon_s = \frac{\Delta Q_s / Q_s}{\Delta P / P}$$

Burada Δ değişkendeki ayrı bir değişimi temsil eder. Kömürün arz esnekliği 0.89 ise, kömür fiyatı % 1 arttığında, tedarik edilen kömür miktarı % 0,89 artar. Arzın çapraz elastikiyeti, verilen miktarın başka bir malın fiyatıyla nasıl ilişkili olduğunu gösterir. Örneğin, benzin arzının doğal gaz fiyatına göre çapraz elastikiyeti -0,2 ise, doğal gazın fiyatı % 1 artarsa, üretilen benzinin miktarı % 0,2 oranında azalır.

Enerji arzı, ödemeler dengesini ve ekonominin dış sektörünü önemli ölçüde etkileyebilecek ithalata (veya bir ihracatçı için ihracata yol açabilir) bağlı olabilir. İthalatın (ihracat) önemine bağlı olarak, ülke ticareti yapılan enerji ürünlerinde fiyat değişikliklerine maruz kalabilir (Bhattacharyya, 2011: 406).

Arz ve talep esnekliklerini ölçtüğümüz zaman süresi esneklik boyutunu etkiler. Kısa vadede, kömürün fiyatı yükselirse, kömür madenleri sadece üretimi az miktarda arttırabilir. Kömür madenciliği çok yoğun olduğu için, özel teçhizat ile yeni ekipman satın almak zaman alır ve genellikle yeni bir maden açılması dört ila yedi yıl sürer. Böylece, kısa süreli esneklik oldukça düşük olabilir. Ancak, uzun vadede (bir fiyat değişikliğine tamamen uyum sağlamak için gereken süre), üretim daha fazla değişebilir. Uzun vadede elastikiyetin daha büyük olması muhtemeldir. Daha fazla sermaye yoğun sanayi ve daha uzun vadeli sermaye stokunun olduğu durumlarda, uzun ve kısa süreli esneklikler arasındaki fark artar. Aynısı talep esneklikleri için de geçerlidir (Dahl, 2015: 66).

1.7.2.2. Enerji Arzını Etkileyen Faktörler

1950'lerde yaşanan elektrik kesintisi, aydınlatma ve havalandırma sistemlerini etkileyerek ofis çalışmaları üzerinde olumsuz etkisi olmuştur. İnsanlar akşam karanlığında eve gitmek zorunda kalmış ancak yazarak ve dosyalama normal olarak devam edebilmiştir. Bugün bir elektrik kesintisi durumunda ofis faaliyetlerinin çoğu ani bir durma noktasına getirecektir. Bu sadece bir örnektir ve güç kaynakları herhangi bir zaman için başarısız olursa ülkelerin büyük bölümlerinin hızla yaşanmaz hale geleceği düşünülebilir (Nye'den aktaran Shove vd., 2014: 54).

İdeal enerji kaynağı arzında sınırsız olur, kolaylıkla çıkartılabilir ve kullanılabilir form haline getirilebilir, hem çıkarımı hem de kullanımı sırasında kirlilik veya diğer çevresel hasarlardan arınmış olur. Maalesef böyle bir kaynak yoktur. Tüm enerji kaynakları ekonomik ve çevresel avantajlara ve dezavantajlara sahiptir. Bu artıları ve eksiği karşılaştırmak, dünyanın enerji arzını değerlendirmenin en zor kısımlarından biridir.

Şu anda, enerji arzının büyük kısmı (% 80-% 90) fosil yakıtların (kömür, petrol ve doğal gaz) kullanımına dayanmaktadır. Ancak yenilenebilir enerji iklim değişikliği ve çevre kirliliği tehditlerini anlamlı bir ölçekte dağıtmak için büyük zorlukların yanı sıra büyük fırsatlar sunuyor (Ginley David ve Cahen, 2012: 207). Dengesiz bir siyasi ortamla birlikte sınırlı bir enerji kaynağı, bir ülkenin gelişimini olumsuz etkileyebilir ve ekonominin potansiyel büyümesini sınırlayabilir. Bu bağlamda arzın sürdürülebilirliği çok önemli bir faktördür (Samawi vd., 2017: 193).

Yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam enerji üretimindeki düşük payı nedeniyle dünya enerji arzı, fosil rezervlerin durumuna göre şekillenmektedir. Üretici ülkelerin izlediği politikalar enerji arzında değişimlere neden olmaktadır. Bu politikalara yön veren unsurlar aşağıda açıklanmaktadır

1.7.2.2.1. Çevresel Etkiler

Çevresel etki, enerji arz-talep dengesi için özel ekonomik etkilere sahiptir ve bu nedenle bireysel, kurumsal, ulusal ya da uluslararası enerji politikaları ve eylemlerinde bir denge içinde dikkate alınması gerekir. Çevresel düzenlemelere uyum genellikle zaman alır ve enerji projelerinin maliyetlerini artırır. Öte yandan, temiz hava, temiz

su, güzel çevre, halk sağlığı, işçi güvenliği ve “normal” iklim koşullarında olumlu sosyal değerler vardır. Bu nedenle, iyi tasarlanmış çevre koruma politikaları birçok kez kendileri için geri ödeme yapabilir. Diğer bir problem, çevresel faydaların hesaplanması zor olmasıdır. Genellikle çeşitli şekillerde hesaba katılabilirler, bunlardan herhangi biri eleştiriye konu olabilir. Bakış açısına bağlı olarak, yeni enerji teknolojisinin herhangi bir pazara girmesinden veya çevre koruma hedefi ile yeni enerji zemin kurallarının getirilmesinden genellikle kazananlar ve kaybedenler olabilir (Dukert, 2009: 111-112). Böyle bir dengenin gözetilmesi enerji dengesinde aksaklıklara yol açabilir. Politika yapımcılar bu konuda daha fazla çaba göstererek sadece plan yapmaktan ve çeşitli grupların çıkarlarını gözetmekten daha çok daha fazlasını yapma yükümlülükleri bulunmaktadır.

Dünyanın iklimi değiştikçe, iklim duyarlı sektörlerdeki enerji tüketiminin değişmesi beklenmektedir. En bariz ve en çok araştırılan etkenler alan soğutması talebinin azalması veya artması sonucunda alan düzenlemesine yönelik binalardaki enerji değişiklikleridir (Wilbanks, 2014: 7). Enerji tüketimi ve devam eden sera gazı emisyonları ve kirlilikler, iklim değişikliğinin ana nedeni olmakla birlikte, başlıca enerji tüketen sektörler için ayrı bir önem tahsis edilmesi gerekmektedir. Bunlar bina, ulaştırma ve sanayi sektörleri olarak tanımlanmakta olup hem ev hem de sanayi sektörlerine hizmet sunmaktadır. Enerji talebi, enerji verimliliği tedbirleri ve enerji yönetim sistemleri getirilerek etkili bir şekilde azaltılabilir. Yenilenebilir enerji kaynakları yoluyla verimlilik önlemlerini uygulanarak enerji talepleri karşılanır ve CO² emisyonları neredeyse sıfırlanabilir (Weber, 2018: 53). Bu birkaç örnek, bağlı olduğumuz enerji kaynaklarının çoğunun, çevresel tehlikelere sahip olduğunu ve diğerlerinden daha yıkıcı olduğunu göstermektedir. Bugün enerji arzımızı besleyen fosil yakıtların nispeten büyük payı nedeniyle, en zararlı çevresel etkiler bu yakıtların yanmasından kaynaklanır (Smith ve Parmenter, 2016: 24).

1.7.2.2.2. Zaman Etkisi

Enerji ile ilgili tartışmaların çoğu zamanın etkilerini göz ardı eder ancak zaman ilişkileri bir ürünün, bir projenin ya da politikanın başarısı ile başarısızlığı arasındaki farkı yaratabilir. Zaman, enerji arzının yeterliliğini, karşılanabilirliğini, güvenilirliğini ve çevresel sonuçlarını etkileyebilir. Enerji talebi ve çeşitli enerji türleri zaman içinde

sayısız yolla değiştirilebilir. Zamanın geçişi bir enerji tedarikçisi ya da bir enerji tüketici için bir avantaj ya da bir dezavantaj olabilir, ancak kesin sonuç yalnızca geri dönüşlerde bilinebilir. Artılar ve eksikler dolana kadar bir tepkiyi ertelemek yerine, kurnaz bir ekonomik aktör, net ayarlamaların zaman içindeki olasılıklarının en iyi tahminini yapmaya ve bunu bir kontrol listesinin parçası olarak rutin olarak dahil etmeye çalışmalıdır. Bu, alınması gereken kararlara ulaşmak için yardımcı olacaktır (Dukert, 2009: 142).

Bir yandan, stokla sınırlı kaynaklardan elde edilen üretim mutlaka zirve değerine ulaşacak ve düşüşe geçerek zaman içinde mevcudiyeti azaltacaktır. Diğer yandan, akış-sınırlı kaynaklar insan kullanımı tarafından tüketilmez, ancak bunların kullanılabilirliği, bir siteden diğerine değişen kaynağın günlük akışıyla sınırlıdır. Üçüncü bir taraftan, yeni kaynak sistemlerini üretime sokacak olan teknolojilerin gelişmesi zaman alır ve bu da kullanılabilirliği etkiler (Martínez ve Ebenhack, 2016: 34).

1.7.2.2.3. Hükümet Politikaları

Enerji arzındaki, talepteki veya fiyatlandırmadaki piyasa güçlerine çoğu hükümet müdahalesi, “ihtiyaç sahibi için güvenlik ağı sağlamak” veya “oyun alanını düzleştirmek” şeklinde açıklanmaktadır (Dukert, 2009: 174).

Enerji kullanımı modellerini etkilemek için çok sayıda hükümet ve şirket eylemleri devam etmektedir. Politikalar ve programlar, devlet kurumları, enerji şirketleri, bölgesel koalisyonlar ve şirket başkanlarının liderliğiyle uluslararası, ulusal, eyalet, yerel ve kurumsal düzeylerde bulunmaktadır. Bu faaliyetler, enerji arzı iyileştirmelerini, enerji tedarik ve dağıtım, sanayi, konut ve ticari binalar ve ulaşım dahil olmak üzere bireysel ekonomik sektörlerin yanı sıra ekonominin tamamında da ele almaktadır (Smith ve Parmenter, 2016: 24).Hükümetler enerji piyasalarına müdahale edebilir ve politikaları arz edilen miktarı etkileyebilir. Örneğin, yakıt üretiminde daha az kirlilik veya daha fazla emniyet gerektiren çevresel önlemlerin artırılması üretim maliyetini arttıracak ve sağlanan miktarı azaltacaktır.

1.7.2.2.4. Teknoloji Kısıtlamaları

Petrol ve gaz sanayilerinde yapılan araştırma harcamaları, ilaç, ulaştırma ve bilgisayar gibi diğer endüstrilerle karşılaştırıldığında oldukça düşüktür. Yakın zamanda gerçekleştirilen çalışmaların çoğu, petrol üreticisi ülkelerde sanayinin ve hükümetlerin araştırma ve geliştirmeye daha fazla para yatırması gerektiğini ileri sürmektedir. Sonuçta, daha iyi teknoloji geliştirmek ve kullanmak, kaynak üçgeninin dibine yakın bulunan petrol ve gazın kilidini açmak için anahtardır. Teknolojik gelişmeler sonucu elde edilmesi beklenen bir rüya, petrolü zeminde çevirmek ve daha fazla işlem yapmadan temiz yakıtların “ortaya çıkması” olacaktır (Ginley David ve Cahen, 2012: 114). Teknolojik gelişmelere paralel olarak üretim tekniklerindeki gelişmeler maliyeti şimdilik yüksek olan düşük rezervli kaynaklara ulaşılmasına ve böylelikle atıl kaynakların insanların kullanımına sunulmasına yol açabilir. Enerji sektörü hem karada hem de denizde yüksek potansiyelli alanların çevre dostu olarak geliştirilmesi için teknoloji yaratmaya devam etmelidir.

1.7.2.2.5. İnsan Gücü ve Sermaye Kısıtlamaları

Sınırlı kaynakları çeşitli ihtiyaçlara tahsis etmenin ekonomik sorunu sık sık, uygun yatırımlarla ilgili karar vermeyi gerektirir. Enerji sektörünün yatırım fonlarının önemli bir talebi olması nedeniyle, rekabet eden yatırım fırsatları arasında seçim yapılmalıdır. Bu, büyük boyutları ve sermaye yoğunluğu göz önüne alındığında, enerji arzı yatırımları için daha büyük önem kazanmaktadır (Bhattacharyya, 2011: 163).

Sanayi konvansiyonel rezervuarlardan daha fazla petrol ve gaz bulmaya devam ederken, kutuplarda, derin sularda ve geleneksel olmayan rezervuarlarda, daha fazla kuyu açılmasının gerekeceği anlamına geliyor. Bu, tabii ki, daha fazla kule, daha fazla ekipman, daha fazla personel ve daha fazla sermaye anlamına geldiği gibi, bulunan petrol ve doğal gazın pazarlanması için potansiyel arazilere ve yeni boru hattı altyapısına daha fazla erişim anlamına gelir. Yapılan araştırmalar dünyadaki enerji yatırımının önümüzdeki 25 yılda 20 trilyon dolar olacağını tahmin ediyor. Birisi bu parayı nasıl akıllıca harcayacağını belirlemek zorunda kalacak. Önümüzdeki on yılda, şu anda sektörde olanların yarısından fazlası emekli olmaya hak kazanacak. Hükümetlerin üniversitelerde burs ve araştırma için finansman sağlayarak, hem lisans

hem de lisansüstü mühendislik ve diğer teknik dereceler arayan genç erkek ve kadınları desteklemelerini tavsiye edilmektedir. (Ginley David ve Cahen, 2012: 114).

1.7.2.2.6. Coğrafi Konum

Enerji kaynaklarına ulaşılmasına bağlı olarak toplam enerji kapasitesinin kullanımı değişmektedir. Enerji havzalarına ulaşım ve çıkarma maliyetleri, iklim ve coğrafi şartlara göre farklılık arz etmektedir. Örneğin, jeotermal kaynaklara yakın yaşam bölgelerinde kaynaklardan yararlanmak daha az maliyetli olurken soğuk ve dağlık bölgelerde bulunan petrol veya kömürün çıkarılması zor olabilmektedir (Uçak, 2010: 61).

Birçok alanda, özellikle Kuzey Amerika'da, bilinen veya gelecek vadeden petrol ve gaz yataklarına erişim, çevresel kaygılar nedeniyle hükümetlerin petrol, doğal gaz ve kömür arzını artırma fırsatlarını belirlemek için ulusal ve bölgesel havza odaklı kaynak ve piyasa değerlendirmeleri gerçekleştirmeleri gerekmektedir. (Ginley David ve Cahen, 2012: 114). Yenilenebilir enerjilerde de coğrafi konum önem arz eder. Örneğin rüzgâr enerjisi ve hidroelektrik enerjisi elde etmek büyük ölçüde bölgesel ve iklimsel şartlara göre farklılık arz etmektedir.

1.7.2.3. Enerji Arz Güvenliği

Enerji arz güvenliğinin tanımı değişmekle birlikte, yaygın olarak "uygun fiyatlarla güvenilir ve yeterli enerji tedariki" olarak tanımlanmaktadır (Bielecki 2002). Güvenilir ve yeterli arz, küresel toplumun talebini karşılayabilen kesintisiz enerji tedarikini ifade eder. Enerji güvenliği endişeleri ilk kez 1970'lerde başlayan petrol şoku sonrasında başlamış olsa da, daha sonraki dönemlerde petrol fiyatlarının artması ve arz kısıtlamaları enerji politikası odağını çevre ve sanayide yeniden yapılandırma konularına kaydırmıştır.

Arz sorununun güvenliği bir takım bileşenlere sahiptir (Toman 2002):

- (a) Tedarikçiler tarafından fiyatların yükseltilmesi için piyasa gücünün kullanılması,
- (b) enerji fiyatlarındaki oynaklığa bağlı makroekonomik bozulma,
- (c) altyapı tehditleri,

(d) mahallî güvenilirlik sorunları,

(e) çevre güvenliği vs.

Yakıt çeşitliliği, arz güvenliğini sağlamak için önemli bir strateji olarak değerlendirildiğinden, yerel olarak mevcut kaynaklardan alternatif enerji geliştirme, ithalat bağımlılığını azaltabilir ve buna göre, yenilenebilir enerjilere bu açıdan olumlu bakılıyor (Bhattacharyya, 2011: 257). Çevresel gruplar ve bazı iktisatçılar, enerji arzı ve talep arasındaki uçurumu en iyi şekilde çözümlenmenin arzın artırılması değil, enerji tasarrufu yoluyla talebin azaltılması olduğunu iddia ediyorlar (Yount, 2005: 30)

Enerji arzı, özellikle sürdürülebilir kaynaklardan, diğer tüm önemli problemlerin çözülmesi için bir ön koşul olduğundan, diğer küresel sorunlardan daha acildir. Sürdürülebilir küresel enerji tedariki sorunu en az üç sebepten dolayı acil bir durumdur (Narbel vd., 2014: 5):

i. Nüfusun büyümesi ve gelişmekte olan ülkelerdeki yaşam standardındaki artış artan bir enerji arzını gerektirmektedir.

ii. Öngörülebilir gelecekte fosil yakıt kaynaklarının tükenmesi (ve küresel olarak petrol talebinin petrol üreticisi ülkeler tarafından karşılanamaması durumunda bir kriz) yaşanacaktır.

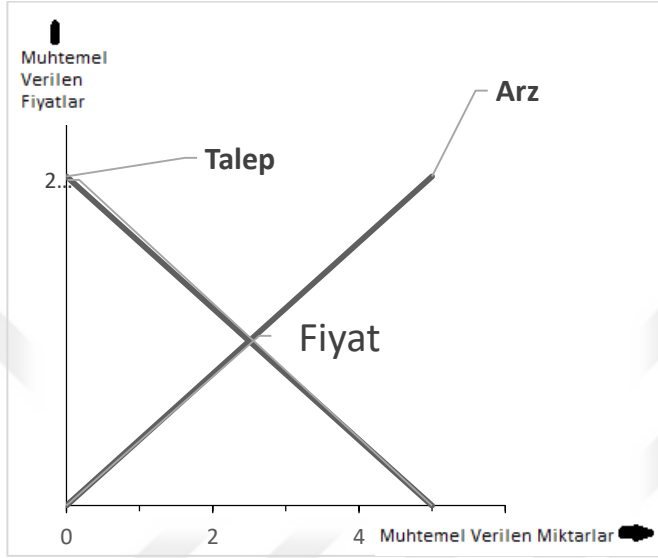
iii. Gezegenin artan sayıdaki nüfusu barındırma kapasitesini azaltması öngörülen küresel ısınmanın artması, ayrı bir olasılık.

Enerji arz güvenliği son yıllarda geri dönüş yapmıştır. Bu, genel olarak fosil yakıt fiyatlarında ve özellikle petrol fiyatlarında meydana gelen artışa atfedilir. Enerji sektörünün sorunlarını çözebileceğine ve enerji güvenliği kaygılarına özel bir dikkat gösterilmeyeceğine dair endişe mevcut kaynakları kesintiye uğratma riskleri ile ilgilidir. Enerji arzı verimliliğine yönelik çözüm, işbirliği ve bilgiye olan bağlılıktan geçmektedir.

Herhangi bir emtia gibi, enerji de arz ve talep güçlerine tepki verir. Enerji fiyatları bireylerin, ekonomilerin ve toplumların sorunlarına neden olabilecek enerji problemlerinden yalnızca biridir ve bu fiyatların serbest piyasada denge mekanizmasıyla belirlendiğini bilmek önemlidir. Şekil 1-20'de görüleceği gibi arz

tarafındaki herhangi bir enerji üreticisi ve satıcısı toplu olarak belirli miktarda enerjiyi müşterilere sağlamaya istekli ve enerjiyi tüketmek isteyen insanlar, belirli bir zamanda ve teklif edilen formda bu miktarı ödemeye isteklidirler (Dukert, 2009: 5).

Şekil 1-20: Arz ve Talep Dengesi



Kaynak: (Dukert, 2009: 5)

Enerji talebi ve arz analizlerinden elde edilen veriler daha sonra enerji gereksinimlerini karşılayabilecek çeşitli seçeneklerin entegre analizine olanak veren bir enerji sektörü modeline veya muhasebe çerçevesine girilir (Sathaye ve Sanstad, 2004: 254). Enerji sistemleri arz düzeyinde kısa vadede tespit edilmesi güç olan oranlarda işleyişini sürdürmektedir. Enerji tüketen cihazlar, tesisler ve teçhizatın arz yönlü altyapıdan çok daha kısa ömürlü olduğundan, fiyatlar enerji talebi tarafından daha hızlı belirlenebilmektedir (GEA, 2012: 389).

Şimdiye dek, iktisadın herhangi bir temel ilkesinin yapılabileceği kadar basit bir analiz olarak gözükmemektedir. Fakat bu durum enerji için büyük ölçüde serbest piyasa ekonomilerinde bile çeşitli enerji kaynaklarından her biri, buğday veya patates gibi bir emtiadan çok daha fazla yönlüdür ve karmaşıktır.

Arz ve talep yasasının enerji ile ilgili aşağıdaki stratejik konulara kesin cevaplar sunması arzu edilir (Zweifel vd., 2017: 6):

- Yeni enerji kaynaklarının araştırılması, geliştirilmesi ve dağıtımına ne kadar sermayeye yatırım yapılmalıdır?

- Az miktarda bilinen enerji rezervlerinin çıkarılmasına kıt üretim faktörleri ne miktarda tahsis edilmelidir?

- Fosil enerjinin yenilenebilir enerjilerle ikame edilmesine veya enerji verimliliği önlemlerinin uygulanmasına yönelik olarak ne miktarda kıt üretim faktörleri istihdam edilmelidir?

- Çevresel emisyonların azaltılmasına veya yönetimine ne kadar yatırım yapılmalıdır?

- Enerji sistemlerinin güvenliğini arttırmak için ne kadar özverili olmalı?

Çoğu durumda rekabetçi bir piyasanın basit modeli, bu ve benzeri soruları yanıtlamaya yönelik ilk ipuçları sağlayabilir. Ancak daha derinlemesine analizler, bu modelin enerji pazarlarının karmaşık gerçeğini açıklamaya ve analiz etmeye her zaman uygun olmadığını göstermektedir. Gerçekten de basit bir model önemli özelliklerle karakterize edilen belirli bir piyasa hakkında yanıltıcı ifadeler üretebilir.

1.7.3. Bir Rekabetçi Piyasa Modeli Örneği: Kömür Arz Ve Talebi,

Hatırlanacağı üzere tam rekabetçi piyasalarda endüstriye giriş ve çıkışların serbest olduğu ve piyasada yeterli sayıda alıcı ve satıcının bulunması hiçbirinin fiyatları belirleyemeyeceği varsayılmaktadır. Tablo-8’de görüldüğü üzere ABD kömür piyasasında bulunan firma sayısı ve piyasadaki toplam oranları göz önüne alındığında tam rekabet piyasasının olduğu varsayımı çok gerçek dışı değildir (Dahl, 2015: 48).

Tablo 1-8: ABD Kömür Piyasasında 21 Üretici Şirket ve Pazar Payları

Sıra	Şirket Adı	Üretim (Bin ton)	Payı (%)
1	Peabody Energy Corp	143,024	19.6
2	Arch Coal Inc	96,483	13.2
3	Cloud Peak Energy	58,370	8.0
4	Murray Energy Corp	46,033	6.3
5	Contura Energy Inc	44,231	6.1
6	NACCO Industries Inc	36,373	5.0
7	Alliance Resource Partners LP	35,243	4.8
8	Westmoreland Coal Company	29,594	4.1
9	CONSOL Energy Inc	24,666	3.4
10	Vistra Energy	24,247	3.3
11	Foresight Energy Labor LLC	19,040	2.6
12	Alpha Natural Resources	12,396	1.7
13	Kiewit Peter Sons' Inc	12,031	1.7
14	Blackhawk Mining LLC	11,842	1.6
15	Bowie Resources Partners LLC	10,853	1.5
16	Coronado Coal LLC	7,175	1.0
17	Western Fuels Assoc Inc	6,141	0.8
18	Sunrise Coal LLC	6,113	0.8
19	Prairie State Energy Campus	5,913	0.8
20	Armstrong Energy Inc	5,889	0.8
21	Global Mining Group LLC	5,609	0.8
	Alt Toplam	641,265	88.0
	Diğer kömür üreticileri	87,099	12.0
	Toplam	728,364	100.0

Kaynak: EIA 2016

Tam rekabet varsayımlarından bir de alınıp satılan malın her yerde homojen olması yani farklı ya da farklılaştırılmış mal olmaması gerekir. Bilindiği üzere karbon içeriğine ve yakıldığında elde edilen enerji miktarına göre farklı değerlerde kömür bulunmaktadır. Bazıları 9,548 BTU/Ton, 17,788 BTU/Ton ve 16,798 BTU/Ton olabilmektedir. Ortalamaları 15,333 BTU/Ton olduğu dikkate alınrsa kömürün türdeş olduğu varsayımını güçte olsa yapabiliriz. Sonuç olarak dünyada tam anlamıyla bir rekabet piyasası veya tekel piyasası bulmak imkansızdır ancak kömür piyasasının tam rekabete yakın olduğunu düşünerek piyasa analizini yapabiliriz (Aydın, 2014: 63).

1.7.3.1. Kömür Enerji Arz ve Talebi

Kömürün talebi (Q^d) “bir alıcı tarafından bir üretim faktörü olarak satın alınan miktar” aşağıdaki bazı değişkenler tarafından etkilenecektir:

- Kömürün fiyatı (P_k)
- Kömüre ikame malların fiyatı (doğal gaz olarak ele alınabilir) (P_s)

- Kömürü tamamlayıcı malların fiyatı (kömür kazanın fiyatı) (P_c)
- Teknolojik gelişme (T)

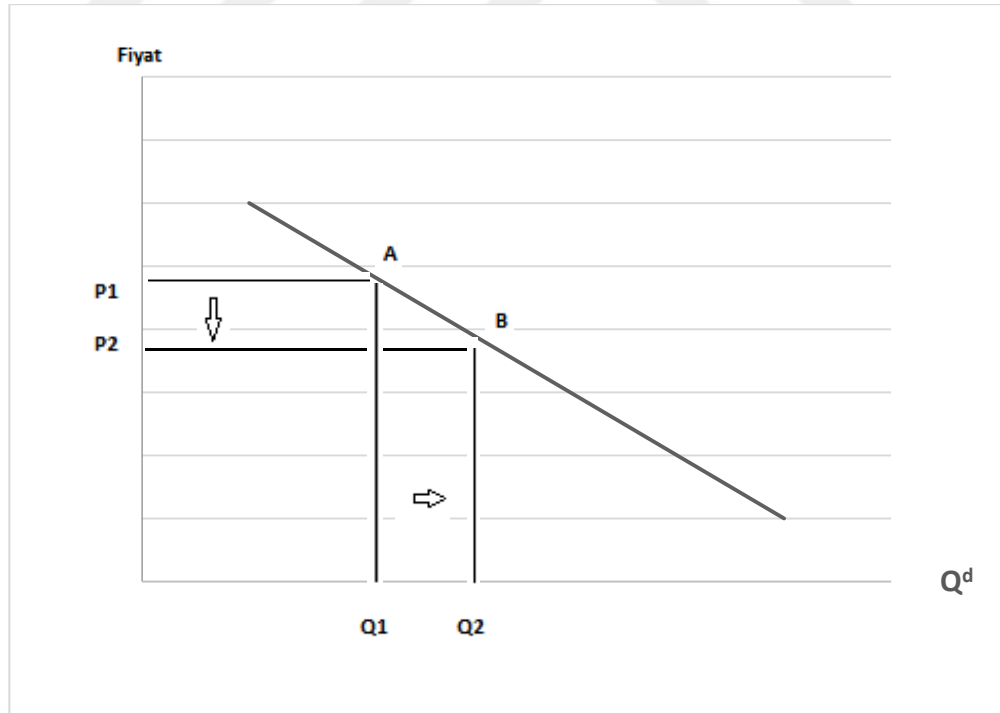
Bunların dışında birçok farklı alıcıların satın alacağı miktarı etkilemektedir. Ancak burada dikkate aldığımız değişkenlerden yola çıkarak kömürün talep denklemini aşağıdaki şekilde bir fonksiyon yardımıyla yazabiliriz:

$$Q^d = D(P_k, P_s, P_c, T)$$

Buna göre kömür talebi içsel değişken (endojen) olan kömür fiyatının ve dışsal değişkenler (eksojen) olarak doğal gaz fiyatının, kömür kazanı fiyatının ve teknolojik gelişmenin bir fonksiyonu olarak ilişkilendirilmiştir.

Grafiksel olarak talep edilen kömürü yatay eksende, fiyatını ise düşey eksende göstererek bu iki değişkenin birbirine karşılık aldığı değerleri aşağıya doğru eğimli bir doğru üzerinde gösterebiliriz.

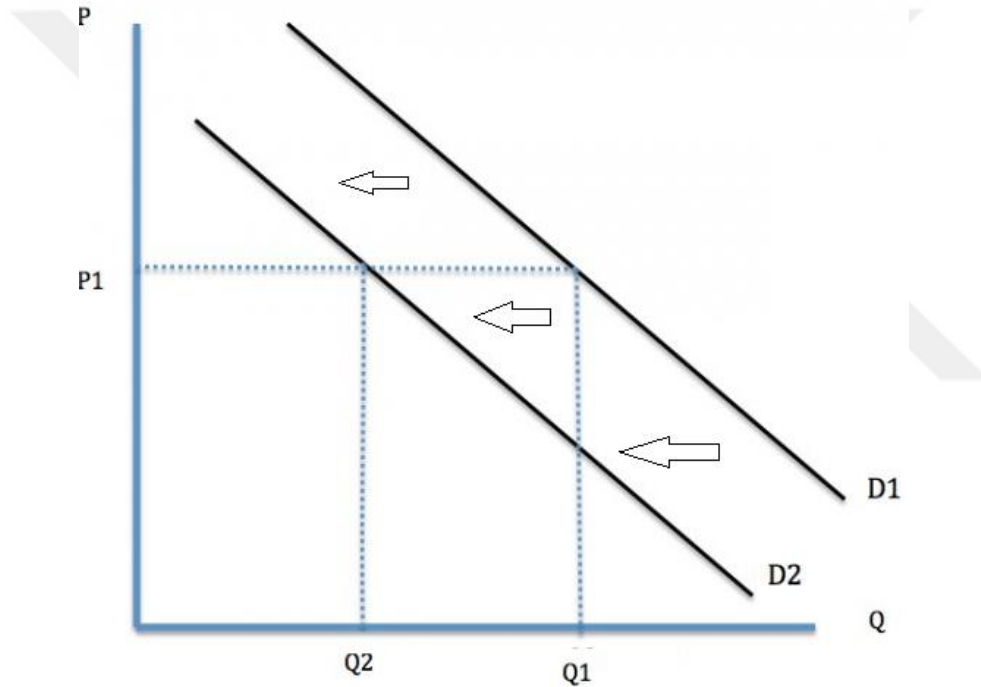
Şekil 1-21: Kömür talebi



Şekle göre kömür talebi fiyat değişiminden önce P_1 fiyatında Q_1 kadar talep edilmektedir. Kömürün fiyatı P_1 'den P_2 'ye düşünce kömür talebi Q_1 'den yeni seviyesi olan Q_2 'ye doğru artmıştır. Bunun nedeni kömürün fiyatı arttıkça, elektrik

üreticileri ve diğer kullanıcılar kömür kullanımı üzerinde tasarruf yapmaya ve diğer yakıt kaynaklarına geçmeye çalışacaktır. Burada kömürün fiyatındaki bir değişim talep eğrisinde herhangi bir kaymaya neden olmadan eğri üzerinde talep edilen miktarın değişmesiyle sonuçlanmıştır. Ancak dışsal değişkenler örneğin kömür kazanının fiyatındaki bir artış elektrik üreticileri için alternatiflere yönelme eğilimi göstereceğinden daha az kömür kullanılmasına ve dolayısıyla daha az kömür talebine neden olacaktır. Buradaki değişim kömür talep eğrisinin sola kaymasıyla gösterilir (Şekil-1-22).

Şekil 1-22: Tamamlayıcı Malın Fiyatındaki Artışın Talep Eğrisine Etkisi



Aynı şekilde diğer dışsal faktörlerde meydana gelen değişiklikler talep eğrisinde kaymalara neden olur. İkame malın fiyatındaki (doğalgaz) artış kömüre olan talebi arttıracaktır ve talep eğrisinin sağa doğru kaymasıyla sonuçlanacaktır. Kömür talebinde teknolojinin değişmesi gerçekleşen teknolojik değişikliklerin türüne bağlıdır. Teknoloji kömür verimliliğini artırırsa, diğer yakıtlardan kömüre doğru bir değişim olmalıdır. Alternatif olarak, teknoloji diğer yakıtların verimliliğini arttırırsa, kömürden alternatif yakıtlara doğru bir değişim olabilir.

Benzer analizi kömür arzı için yaptığımızda;

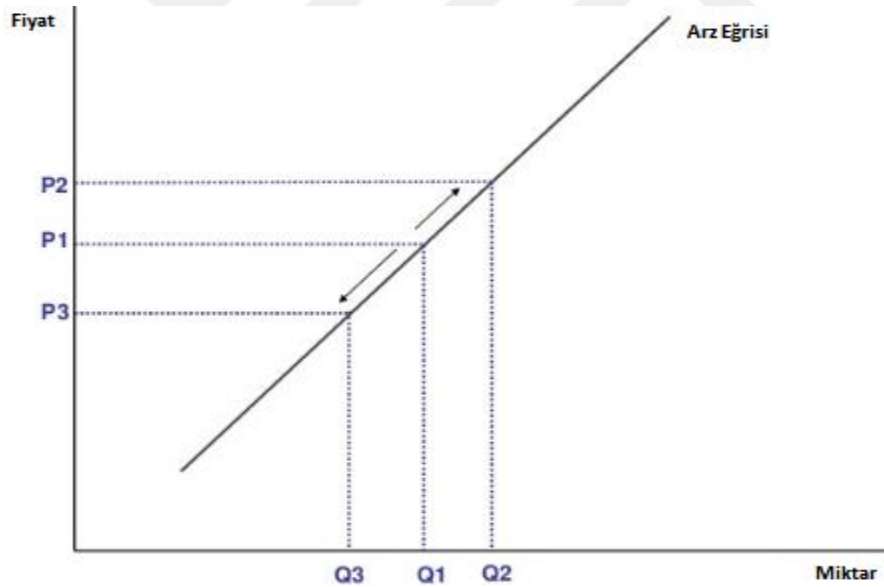
Kömür arzı, Q^s üreticilerin piyasaya arz ettiği kömür miktarını göstermektedir ve aşağıdaki değişkenlerden etkilenir:

- Kömürün fiyatı (P_k)
- Emek ve sermaye (P_f) gibi kömür için üretim faktörlerinin fiyatı
- Kömür madencilerinin üretebileceği benzer malların fiyatı (P_s)
- Teknolojik Gelişmeler (T)

$$Q^s = S(P_k, P_f, P_s, P_b)$$

Kömür arz miktarı ve fiyatı içsel değişken olarak varsayılırken üretim faktörlerinin fiyatı, ikame malların fiyatı ve tamamlayıcı malların fiyatı eksojen olarak ele alınmaktadır.

Şekil 1-23: Kömür Arzı Eğrisindeki Değişim



Kömürün fiyatındaki bir düşüş üreticileri alternatiflere yöneltecek ve üretilen kömür miktarı da $Q1$ 'den $Q3$ 'e doğru azalacaktır. Üretim faktörlerinin fiyatları arttıkça, tedarikçiler daha az kömür üreteceğinden kömür arzı eğrisi sola doğru kayacaktır. Kömür üreticilerinin üretebileceği benzer bir malın fiyatı artarsa, benzer mallara geçebilir. Örneğin, başka mülkler edinebilir ve diğer mineralleri madencilığe veya çakıl üretmeye geçebilirler. Kayma sağa doğru gerçekleşecektir. Teknik değişim maliyetleri düşürmeli ve kömür üretimini artırmalıdır.

1.7.3.2. Kömürün Denge Fiyat ve Miktar Analizi

Piyasaların nasıl çalıştığını göstermek için bir örnek geliştirerek talep ve arz aşağıdaki şekilde doğrusal denklemler olarak varsayalım:

$$Q_d = 100 - 2P_c + 3P_{sb} - 4P_{cm}$$

$$Q_s = 6 + P_c - 1P_k - 0.2P_l - 0.8P_{nr} - 1.5P_{sm}$$

Burada,

P_c kömürün fiyatıdır,

P_{cm} , kazan gibi kömür tüketiminin tamamlayıcısıdır, varsayalım ki fiyatı 10 TL olsun

P_k sermayenin fiyatıdır, varsayalım ki fiyatı 2 TL olsun,

P_l emeğin fiyatıdır, varsayalım ki fiyatı 3 TL olsun,

P_{nr} , kömür üretiminde kullanılan diğer doğal kaynakların fiyatıdır, varsayalım ki fiyatı 5 TL olsun,

P_{sb} , doğal gaz, gibi kömürün yerine geçen bir fiyattır, varsayalım ki fiyatı 6 TL olsun,

P_{sm} , bir kömür üreticisinin üretebileceği benzer bir ürünün fiyatıdır, varsayalım ki fiyatı 4 TL olsun.

Y , ekonomik aktivitenin bir ölçüsüdür, varsayalım ki fiyatı 954 TL olsun.

Ekonomide standart prosedür, diğer tüm değişkenler sabitken (ceteris paribus veya “tüm diğer eşit” olarak adlandırılır) fiyat ve miktar değişebilmektedir. Buna göre talep ve arz denklemlerini aşağıdaki şekilde geliştirebiliriz:

$$Q_d = 100 - 2P_c + 3 \times 6 - 4 \times 10 + 0,1 \times 954 = 173,4 - 2P_c$$

$$Q_s = -6,6 + 1P_c$$

Ardından, talep denkleminde fiyatı yalnız bırakmak için diğer değişkenleri eşitliğin diğer tarafına geçirelim:

$$Q_d = 173,4 - 2P_c$$

$$2P_c = 173,4 - Q_d$$

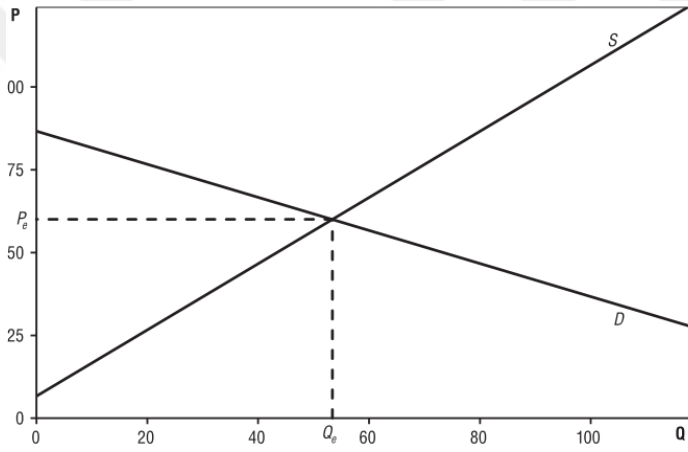
$$P_c = 173,4/2 - (1/2)Q_d = 86,7 - 0,5Q_d$$

Aynı şekilde arz denklemi içinde fiyatı eşitliğin bir tarafına alalım:

$$P_c = 6,6 + Q_s$$

Bu modeldeki denge fiyatını ve miktarını bulmak için, talep edilen miktarın arz miktarına eşit olduğu yeri bulmamız gerekir. Şekil 1-24'e göre, dengenin 60 TL civarında ve miktarın 50 birim civarında olduğu görülmektedir.

Şekil 1-24: Arz ve Talep Dengesi



Arz edilen miktar ile talep edilen miktarı birbirine eşitleyip denklemi çözerek tam sonucu bulabiliriz.

$$Q_s = Q_d$$

$$Q_d = 173,4 - 2P_c = Q_s = -6,6 + 1P_c$$

$$173,4 + 6,6 = 1P_c$$

$$180 = 3P_c$$

$$P_c = 180/3 = 60$$

Talep veya arz denklemini kullanarak denge miktarını bulmak için çözebiliriz:

$$Q_d = 173,4 - 2(60) = 53,4 \text{ veya } Q_s = -6,6 + 60 = 53,4$$

Bunun istikrarlı bir denge olup olmadığını kontrol etmek için fiyatın 70 TL olduğunu varsayalım. Ardından talep edilen miktar aşağıdaki gibi olacaktır:

$$173,4 - 2 \times 70 = 33,4$$

Arz edilen miktar aşağıdaki gibi olacaktır:

$$-6,6 + 70 = 63,4$$

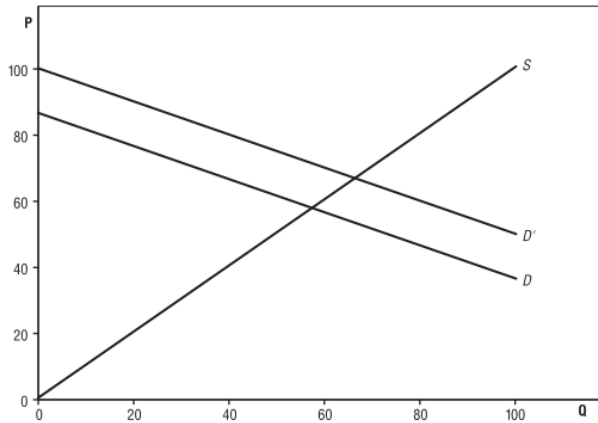
Fazla miktarda arz olduğu durumda kömür fiyatı düşecektir. Benzer bir argüman, dengenin de alttan sabit olduğunu göstermek için kullanılabilir.

Şimdi, ceteris paribus değişkenlerimizden birinin (bu değişkenler sabit tutulmuştu) değiştiğini varsayalım. Örneğin doğal gazın fiyatının 15 TL'ye düştüğünü düşünelim. Gazla daha pahalı çalışan elektrik jeneratörleri gaz türbinlerini daha az ve kömür jeneratörlerini daha fazla çalıştırabilir. Bu durum talep eğrisini Şekil 1-24'te olduğu gibi sağa kaydırır ve talep eğrisini şöyle yapar:

$$Q_d = 200,4 - 2P_c$$

Tüm talep eğrisini değiştirdiğinden bu talepteki bir değişimi göstermektedir. Bu değişim, arz eğrisi boyunca daha yüksek bir fiyat ve miktara taşıyacaktı. Arz eğrisi boyunca bu hareketin, daha yüksek bir fiyata karşılık olarak farklı bir miktara, arz edilen miktardaki bir değişimi göstermektedir.

Şekil 1-25: Kömür Talebindeki Artışın Etkisi



1.7.3.3. Rekabetçi Kömür Piyasalarında Vergi Uygulaması

Rekabetçi kömür piyasasındaki arz ve talep denklemlerine vergi ya da sübvansiyon uygulanarak denge fiyat ve miktar üzerine etkileri incelenecektir. Aşağıdaki arz ve talep denklemlerini ele alalım.

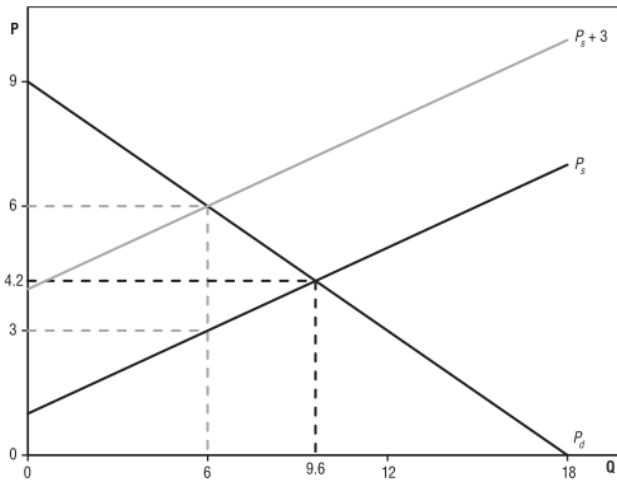
$$Q_d = 18 - 2P_c \rightarrow P_d = 9 - 0.5Q_s$$

$$Q_s = -3 + 3P_s \rightarrow P_s = 1 + (1/3)Q_s$$

Bu pazardaki dengeyi Şekil 'da görebiliriz. Arz talebe eşit olduğu durumda fiyata göre denklemin çözümü, $18 - 2P = -3 + 3P \rightarrow$ denge $P = 4,2$ ve $Q = 9,6$.

Şimdi, bu ürüne $t = 3$ TL vergi koyalım. Bu noktada alıcı talep fiyatın artı vergi ödemesi gerekecektir. Verginin etkilerini görmenin en kolay yolu, Şekil 1-26'da olduğu gibi, tedarik fiyatına 3 TL ekleme yapmaktır. Bu vergi uygulamasının fiyatlar üzerindeki etkisi ($P_d = P_s + t = P_s + 3$) olacaktır. Hem tedarikçiler hem de talep edenler, fiyatlarındaki miktardan (Q_t) memnunlar.

Şekil 1-26: Kömür Fiyatlarına Uygulanan Hükümet Vergisi



Şemadan, vergiyi ilk miktarına eklediğimizde, talep edenlerin vergi artı eski fiyatından 9,6 miktarda almayı istemeyeceğini görebiliyoruz. Yeni yüksek talep fiyatında, arz fiyatını aşağıya çekecek fazla miktarda arz bulunmaktadır. Arz fiyatı artı vergi fiyatı talep fiyatına eşit olana kadar arz fiyatı düşmeye devam edecek ve talepçiler ve tedarikçiler aynı miktarda dengeye gelmek isterler. Bu 6'lık bir miktar, 6 TL'lik bir talep fiyatı ve 3 TL'lik bir tedarik fiyatı olacaktır (Dahl, 2015: 87).

1.7.4. Oligopol Piyasa Modeli Örneği: Petrol Endüstrisi

Az sayıda üreticinin olduğu petrol endüstrisi oligopol piyasa olarak ele alınabilir. Bu tür endüstrilerde faaliyet gösteren firmalara oligopolcü denir. Oligopolcüler satış yapmak için birbiriyle rekabet ederler. Ancak firmalar ürünlerini satabilecekleri fiyatı veri olarak alan tam rekabetçi firmalara benzememektedir. Endüstrideki firmalar aldıkları üretim kararları ile piyasa fiyatını etkileme gücüne sahip olduklarını bilmektedirler. Bu nedenle her firma tekelci piyasa gücü kadar olmasa bile belli bir dereceye kadar piyasa gücüne sahiptir. Firmaların fiyatları etkilemesi o piyasanın eksik piyasa olmasını göstermektedir (Aydın, 2014: 89).

Toplam üretim içinde yüksek oranda ürettikleri petrolle kendi ekonomik bağımsızlıklarını kazanan ülkeler, daha fazla güç ve gelir elde etmek için 1960 yılında petrol üretim birliği olan OPEC'i kurmuşlardır. Petrol fiyatları ve üretim miktarlarını belirlemesinden dolayı OPEC'in tekel yapıya sahip olduğu söylenebilir. Ancak, alınan kararlara uyulmadığı zaman herhangi bir yaptırım uygulanmamasından dolayı tekelden ayrılarak kartel ile oligopol arasında bir konumdadır (Uslu vd., 2007: 89-90).

Genel olarak insanlığın varoluşundan itibaren kullanılmaya başlanan enerji günümüzde stratejik potansiyeli itibariyle büyük önem arz etmektedir. Gittikçe artan enerji talebini karşılamak için kullanılan fosil kaynakların sınırlı olması ve çevreye olan olumsuz etkisi, insanları yenilenebilir enerjiye daha fazla yatırım yapmasını gerektirmektedir. Ancak, günümüzde kullanımı artarak devam etmesine rağmen maliyetini yüksek olması yaygın kullanımını engelleyen en büyük etkidir.

Önümüzdeki yirmi beş yıl içinde dünya ekonomisinin ihtiyaçlarını karşılayacak enerji arzı, düşük yatırım, çevresel felaket veya ani arz kesintilerinden kaynaklanabilecek arızalara karşı çok savunmasız kalacaktır. Enerji güvenliği için alınacak tedbirlerin başında enerji sağlama şekillerini çeşitlendirmek, verimli enerji tüketimine yönelmek ve enerji yönetim sistemlerinde etkinliği artırılması yer almaktadır.

İklim değişikliği ile mücadele etmek için küresel boyutta iklim politikasına yön veren başlıca iki uluslararası anlaşma bulunmaktadır. Bunlar Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) ve Kyoto Protokolü'dür. Küresel tepkinin

temelini oluşturmak üzere büyük önem taşıyan bu anlaşmalar ile geliştirilecek politikaların uzun dönemli amaçları ve bunlara ulaşmaya yönelik ilke ve prosedürleri belirlenmektedir.

2017 yılı itibariyle 850 milyar dolarlık gayri safi yurtiçi hasıla (GSYİH) ve 80 milyonluk bir nüfusa sahip Türkiye, dünyanın 17'nci en büyük ekonomisidir. Türkiye'deki hızlı nüfus artışı ve ekonomik büyüme son yıllarda enerji talebinde hızlı artışlara neden olmuştur. Türkiye, enerji ihtiyacını karşılamak için toplam birincil enerji tüketiminin önemli bir çoğunluğunu oluşturan petrol, doğal gaz ve kömür başta olmak üzere fosil yakıtlara bağımlı bir görünüm arz etmektedir. Türkiye ekonomik büyümeye katkıda bulunacak, istikrarı ve refahı sağlayacak şekilde enerjiyi sürdürülebilir, yeterli, güvenilir ve rekabete açık fiyatlardan sağlama stratejileri alternatif enerji kaynakları üzerindeki çalışmalarla desteklenmesi gelecekteki yaşanabilecek enerji sorunlarına çözüm olarak sunulmaktadır.

Enerji ekonomide yaygın ve önemli bir güçtür. Enerji ekonomisi, enerji üretimi ve tüketimi ile ilgili arz, talep, fiyatlama, politika ve dışsallıkların tüm yönlerini kapsayan ekonominin bir alt disiplini. Sürdürülebilir büyümeyi, sosyal kalkınmayı ve refahı arttırmak için enerji ekonomisinin sunacağı çeşitli bilgi ve araçlara ihtiyaç bulunmaktadır. Enerji ekonomisi bu bakımdan tüketicilerden, yöneticilere, şirket sahiplerinden politik liderlere kadar her kesime hitap etmek üzere çözümler arar ve bilgiler sunar.

İKİNCİ BÖLÜM

Enerji Yönetimi Ve Sürdürülebilirlik

Hızla artan dünya nüfusuna paralel olarak enerji talebindeki artışın karşılanması, çevresel, ekonomik ve güvenlik gibi önemli sorunları bir kenara bırakırsak bile başlı başına tüm dünya için büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Enerji ve çevre sorunlarının toplum üzerinde yarattığı baskı, gelişmiş ülkeler, endüstriler ve akademik çevrelerce topyekün ele alınması gereken bir mesele olduğu konusunda büyük bir farkındalık yaratmıştır. Dünya enerji tüketimindeki hızlı artış gelecek yıllarda enerji sektörünün temel sıkıntılarında biri olacağı açıktır. Enerji tasarrufu ile atılan teknik adımlar tek başına yeterli değildir. En etkili sonuçları elde edebilmek için yeni teknolojilerle, sürdürülebilir ve verimli sistemler istihdam etmek, ancak uygun enerji yönetimi desteği ile sağlanabilir.

Bu bölümde çalışmanın ana konusu olan Enerji Yönetimi ve Sürdürülebilirlik incelenmektedir. İlk aşamada enerji yönetimi kavramının tanımı ve amaçları farklı bakış açıları ile açıklanmaktadır. İnsanlığın ateşi bulmasına kadar eskilere dayanan enerjinin yönetilmesine olan gereksinimin tarih sahnesinde hangi evrelerden geçtiği ortaya konulmaktadır. Günümüzde enerji yönetiminin mikro ve makro ölçekte önemi vurgulanırken çevreye olan olumsuz etkileri azaltmadaki oynadığı önemli rolden bahsedilmektedir.

Devamında enerji yönetimi kavramı ile sıklıkla karıştırılan enerji yönetim sistemi ve bu sistemleri uygulamada rehberlik görevi gören enerji yönetim standartları izah edilmektedir. Küresel enerji tüketiminin ulaştığı boyutları anlamak için sektörlerin enerji kullanımı ve yönetimi konusunda attığı adımlar incelenmektedir.

Enerji yönetimi uygulamalarının ele alındığı bölümünde, yatırım kararı alma sürecinde engelleyici ve destekleyici faktörler irdelenmektedir. Bu aşamada enerji yönetimi programını uygulama kararı veren bir organizasyonun en yüksek verimi elde etmek için hangi aşamalardan geçildiği sıralanmaktadır. Başarılı bir enerji yönetim programına başlamak için üst yönetimin taahhütü ve enerji yöneticisinin atanması ve planlamanın önemine değinilmektedir.

Son kısımda, mevcut ve gelecek nesilleri desteklemek için üretken bir uyum içinde insanların ve doğanın var olabileceği koşulları yaratmak anlamına gelen sürdürülebilirlik kavramı ele alınmaktadır. İşletmelerin, sürdürülebilir enerji yönetimi ile bağlantısı, önemi ve uygulamalardaki rolü incelenmektedir.

2.1. Enerji Yönetiminin Tanımı

Enerji yönetimi kavramı insanlık tarihi için yeni değil, yüzyıllar boyunca insan hayatının önemli bir parçası olagelmıştır. Ortalama bir insan için enerji yönetimi, günde kabaca 2000 ila 3000 kalori dengi çalışmayı ve eşdeğer bir gıda alımı ile metabolik enerji harcaması gerektirir (Smith ve Parmenter, 2016: 35-36). Medeniyet geliştikçe artan enerji ihtiyacı, azalan doğal kaynaklar ve küresel iklim değişikliği tehdidi gibi nedenlerden dolayı, herkesin enerjiiyi verimli ve akılcı bir şekilde kullanılmasının önemi belirginleşmiştir.

Enerji tasarrufu, daha az enerji hizmeti kullanarak enerji tüketimini azaltmak iken enerji verimliliği sabit bir hizmet için daha az enerji kullanmak anlamına gelmektedir. İki lambadan birini söndürmek tasarruf, aynı aydınlatmayı sağlayan, daha az enerji tüketen teknolojik lambaların kullanılması ise verimlilikdir. Enerji yönetiminin ise kapsamı daha geniş olup enerjinin etkin ve akılcı kullanımı ile performansı etkilemeden tüketimini, çevreye bıraktığı olumsuz etkileri azaltmaya odaklanmaktadır.

Enerji yönetiminin standart bir tanımı olmamakla birlikte bu tanımlardaki farklılık, esasen, enerji yöneticilerinin farklı hedeflere hitap etmesinden kaynaklanır. Özel sektörün amacı, genellikle kâr maksimizasyonu ve rekabet kabiliyetlerinin artırılması olmakla birlikte, kamu kuruluşları genelde maliyet minimizasyonu aramaktadır.

Enerji yönetimi, enerji kaynaklarının ve enerjinin verimli tüketim için gerekli olan eğitim, araştırma, ölçme, süreci takip etme, plan yapma ve hayata geçirme çalışmalarını kapsar (Kaya ve Öztürk, 2014: 12). En geniş ifadeyle enerji yönetimi bir işletmenin rekabetçi pozisyonu güçlendirmek ve karları maksimize (maliyetleri minimize) etmek için enerjinin etkin ve verimli bir şekilde kullanılmasıdır (Capehart vd., 2012: 1). Enerji yönetimi performans düzeyini düşürmeden enerjinin akılcı ve

verimli kullanımını optimize etmeye odaklanır (Laskurain vd., 2017: 1). Bir diğer ifadeyle enerji yönetimi, kullanıcıların ihtiyacı doğrultusunda istenilen kalitede enerjiyi ne zaman ve nerede gerekiyorsa, sunulan en düşük maliyetten elde etmesinin sağlanması anlamına gelir (Petrecca, 2014: 1). Enerjinin etkin ve duyarlı kullanımı enerji tasarrufuna, enerji maliyetlerini en aza indirmeye, yaşam kalitesini etkilemeden sarf etmeye ve çevresel etkilerini azaltmaya yarar (E. V. M. Papadopoulou, 2012: 2). Enerji yönetimi, çevresel ve ekonomik hedefleri göz önüne alarak ihtiyaçları karşılamak için enerjinin tedarik edilmesi, dönüştürülmesi, dağıtımı ve kullanımının proaktif, organize ve sistematik biçimde koordinasyonudur (Stegaroiu, 2014: 39).

ISO 50001 standartlarına göre enerji yönetimi geniş ölçüde enerji verimliliği, kullanımı ve tüketimi ile ilgili ölçülebilir sonuçlar olarak tanımlanan enerji performansının, sürekli iyileştirilmesine odaklanmıştır (Gopalakrishnan vd., 2014: 154). Bu açıdan enerji yönetimi birçok aktivitenin ölçülmesine, hesaplanmasına ve elde edilen veriler üzerinden en uygun hale getirilmesi için tekrarlanan bir süreçtir.

Enerji yönetimi için birçok tanım vardır; bunların hepsi, sermaye, teknoloji ve yönetim becerilerinin kullanılması yoluyla çevre ve / veya ürün kalitesinden ödün vermeksizin daha az enerji kullanımı için aynı görevi yerine getirme konusunda aynı hedef üzerinde hemfikirler (Al-Homoud, 2000: 24). Hemen hemen tüm tanımlamalara göre, enerji yönetimi enerjinin verimli bir şekilde kullanılmasına dikkat çeker ve birçok durumda birbiriyle bağlantılı birçok etkinliğin birlikte incelenmesini sağlamak için bütünsel bir bakış açısı gerektirir. Bununla birlikte, bu tanımlardaki ortak nokta işletmenin mevcut enerji ihtiyacını herhangi bir kısıtlamaya gidilmeden, üretimde herhangi bir azalma olmadan en verimli şekilde karşılanmasıdır. Şüphesiz firmalar için üretimin azalması suretiyle elde edilecek enerji tasarrufu arzu edilen bir sonuç değildir. Ek olarak, çevreye olan olumsuz etkilerin en aza indirilerek duyarlı bir yönetim davranışı sergilenirken enerjiyi verimli kullanmanın bir sonucu olarak karlılığın artırılması hedeflenmektedir. Enerji yönetimi sayesinde bir organizasyon enerji sistemlerinin kalitesi ve güvenliği gibi çeşitli yönlerden iyileştirme fırsatı bulabilir. Örneğin enerji verimliliğini en üst seviyeye çıkartmak için hangi birimlerde yüksek tüketim alanları olduğunu belirleyebilir.

2.2. Enerji Yönetiminin Amaçları

Enerji yönetiminin amaçları arasında kullanıcıların ihtiyaç duydukları enerjiye kesintisiz erişim sağlarken kaynakların korunması, çevresel etkilerinin azaltılması ve maliyet tasarrufu konuları yer almaktadır. (Stegaroiu, 2014: 39). Enerji tüketimi, karbon dioksit ve diğer sera gazı emisyonlarından kaynaklanan küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi çevre sorunlarıyla yakından ilgilidir. Enerji tasarrufu, özellikle de fosil yakıtlardan sağlanan tasarruf sorununun en önemli çözümlerinden biridir.

Enerji, dünyanın dört bir yanındaki endüstriyel tesislerde farklı amaçlar için temel bir ihtiyaçtır. Ekonomik büyümenin daha hızlı olduğu büyük miktarda enerji ihtiyacı olan ülkelerde enerji yönetimi, ekonomik rekabet edebilirliği artırma ve istihdam sağlama amaçları için önemli bir fırsattır.

Enerji yönetiminin işletmeler için en temel amacı, karları maksimize etmek ya da maliyetleri en aza indirmektir. Enerji yönetimi programlarından beklenen bazı alt amaçları şunları içerir (Capehart vd., 2012: 1; Kaya ve Öztürk, 2014: 12):

1. Enerji verimliliğini artırmak ve enerji kullanımını azaltmak, böylece maliyetleri düşürmek,
2. Sera gazı emisyonlarını azaltmak ve hava kalitesini iyileştirmek,
3. Enerji konularında iyi iletişim kurmak,
4. Etkin enerji kullanımı için etkin izleme, raporlama ve yönetim stratejilerinin geliştirilmesi ve sürdürülmesi,
5. Araştırma ve geliştirme yoluyla enerji yatırımlarından getiriye artıracak yeni ve daha iyi yollar bulmak,
6. Tüm çalışanların enerji yönetimi programına ilgi ve bağlılık geliştirmek,
7. Enerji tüketiminin azaltılması, voltaj düşüşü veya enerji arzındaki herhangi bir kesinti riskinin azaltılması.

Enerji yönetimi enerji sorunlarına karşı aşağıdaki amaçları karşılamak ve enerji verimliliğini artırmak için yararlı olabilir (Parameshwaran ve Kalaiselvam, 2014: 12-13):

- Enerji tüketimini ve karbon salınımını azaltmak için yenilikçi enerji stratejileri ve yönetim teknikleri geliştirmek,
- Enerji tasarrufu teknolojileri uygulayarak enerji güvenliğini sağlamak,
- Enerjiyi verimliliğini sağlamak için mevcut malzemelerin çalışma özelliklerini optimize etmek,
- Birincil enerji rezervlerinin varlığını uzatmak ve karbon gazlarını azaltmak için mevcut enerji sistemleri ile yenilenebilir enerji sistemlerinin entegrasyonu ile ilgili tanıtım faaliyetleri geliştirmek,
- Yeni veya eski sisteme uyarlanmış stratejik enerji politikaları uygulamak ve öngörülen gelecek enerji talebi / tüketimini önlemeye yönelik tedbirleri planlamak.

Makroekonomik bakış açısıyla daha verimli bir enerji arzı yatırım stratejisinin genel hedefleri, kamu hizmetleri altyapısı ve emtia yatırımlarından en yüksek değeri elde etmek ve zaman içinde riski yönetmektir. Bu yatırım stratejisi ile ilgili enerji yönetimi hedefleri aşağıdaki şekilde yorumlanabilir (Solmes, 2009: 195):

1. Devlet dairelerinde ve konutlarda enerji verimliliğine yatırım yapmak
2. Dağıtılmış ve merkez istasyon üretim seçeneklerini uyumlu ve verimli kullanmak için bilgi teknolojisi kullanarak daha fazla elektrik santrali inşa etme ihtiyacını azaltmak
3. Şebekeleri iyileştirmek ve modernize etmek, özellikle de güneş ve rüzgâr enerjisi üretim tesislerinden güç iletebilmek
4. Yenilenebilir kaynaklardan enerji üretimini teşvik etmek
5. Çevresel emisyonların temizlenmesi

6. Geleceğin tercih edilen enerji üretimi olarak enerji verimliliği ve yeşil enerjiye odaklanmak

7- Kısa dönemli verimlilik ve yenilenebilir enerji yatırımlarına başlamak için teşvik fonları kullanmak.

Bu hedefler, en düşük maliyetle güvenilir enerji hizmetleri sunmak için enerji tedarik sistemlerini kurmak ve yönetmek suretiyle gerçekleştirilebilir. Yatırım kararları almak ve böyle bir bütünleşik sistemin risklerini yönetmek gerçek zamanlı güncellemeleri, iletişimleri ve yatırım planları ve performans raporlamasını gerektirir (Solmes, 2009: 2).

2.3. Enerji Yönetiminin Tarihsel Gelişimi

Enerji tüketiminin geçmişi çağlar öncesine kadar uzanmaktadır. Ateşin icadı ile başlayan süreç milyonlarca yıl pişirmek, ısınmak, ışık sağlamak gibi amaçlarla odunun yakılmasına dayanıyordu. Medeniyet geliştikçe buna paralel olarak enerji ihtiyacı da arttı ve değişik kaynaklar aranmaya başlandı. Uzun araştırmalar sonucu kömürün keşfedilmesiyle insanoğlunun daha sonraki yıllarda gelişmiş uygulamalara geçişini teşvik eden daha büyük bir enerji kaynağı sağlanmış oldu.

Sanayi devrimi (1760-1840) mekanik enerji kullanarak üretim süreçlerinin doğasını değiştirdi. Takım tezgâhları, enerji ihtiyacını artıran el üretim yöntemlerini değiştirmeye başladı. İmalat sanayi, dünya çapında ekonomik büyüme için baskın bir tetikleyici haline geldi. Bu geçiş, dünyada önemli miktarda enerji kullanımına neden olmuştur (Kanneganti vd., 2017: 121).

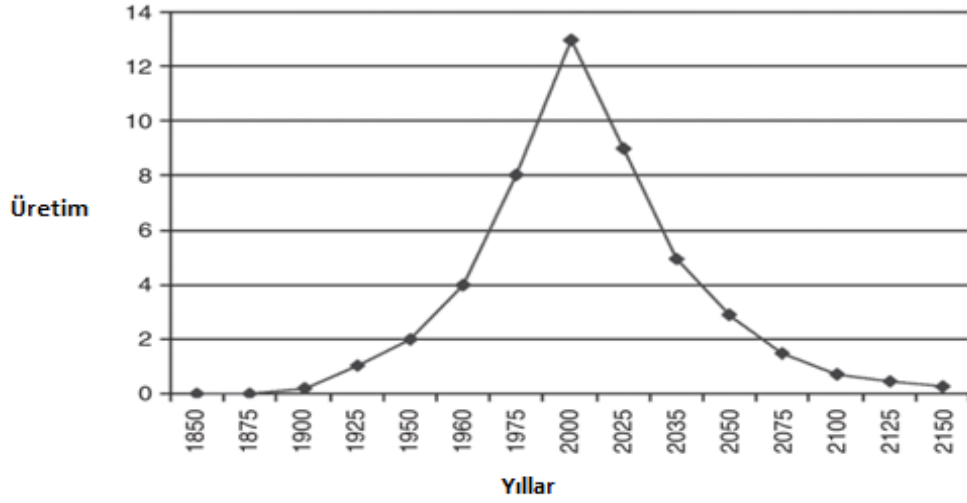
18. yüzyılın sonlarında kömür ve ham petrol, enerji arzı açısından uygun enerji biçimleri durumunda değildi. Yakacak odun ile rüzgâr ve su gücünden faydalanmayı sağlayan teknikler, tüm enerji talebini karşılamaktaydı. Su ve rüzgâr değirmenleri, bu dönemin en belirgin enerji kaynaklarıydı. 1769 yılında James Watt, buhar makinesini geliştirerek, Sanayi Devrimi'nin temellerini atmıştır. Buhar gücü ve daha sonra ortaya çıkan içten yanmalı motorlar, mekanik rüzgâr ve küçük su sistemlerinin yerini hızlı bir şekilde almış, kömür en önemli enerji kaynağı haline gelmiştir. 20. Yüzyılın başlarında ise motorlu yol trafiğinin artan önemi, ham petrole olan talebi hızla arttırmıştır.

Yakacak odun, sanayileşmiş ülkelerdeki önemini yitirmiş, büyük hidroelektrik güç tesisleri su değirmenlerinin yerini almıştır (Quaschnig'den aktaran Aslan vd., 2008: 61).

19. Yüzyılda Ortadoğu'da petrolün keşfedilmesiyle önemli bir atılım gerçekleştirildi. Bu talihsiz keşif sonunda gelişmiş sanayi ülkeleri dünya pazarına hakim olma ve büyük üretim sanayileri için enerji arzını sağlama çabaları iki büyük uluslararası savaşa neden oldular. 1973'te yaşanan Arap-İsrail savaşından kaynaklanan petrol krizi, petrol fiyatlarının üç katına çıkmasına neden oldu. Bu durum, başta Avrupa olmak üzere petrol üretemeyen tüketici ülkelerin bütçelerine büyük bir baskı oluşturmuştur.

Petrolün keşfi ile sanayileşmiş ülkelerde üretim için rekabet, kendi sınırlarının ötesine taşındı. İhracat pazarındaki paylar için yapılan bu rekabet, fosil yakıt rezervleri üzerinde büyük baskı yarattı. Hubbert, 1956'da yayınladığında ünlü eğrisi ile (Şekil 2-1) bu tehlikeye dikkat çekti (Al-Shemmeri, 2011: 12; Ghosh ve Prelas, 2009: 649). Dünyadaki petrol rezervlerinin sürdürülemez bir şekilde tüketildiği ve bu yüzyılda tükeneceğini öngörüordu. Hubbert'in bu teorisi 1956 yılında ABD'de petrol üretiminin zirve yaptığını başarılı bir şekilde tahmin etmesiyle büyük bir ilgi yaratmıştır. Burada şunu belirtmekte fayda var. Hubbert'in bu eğrisinde petrol üretimindeki düşüş oranı 1995 yılından sonra kaynakların büyümesi, yeni ve ileri teknoloji uygulamaları, temel ticari faktörler gibi nedenlerden dolayı farklılık arz etmiştir. Ancak bu çalışma yine de, insanoğlunun petrolün yerini alacak yeni enerji kaynakları bulmalıdır tezini doğrulaması dolayısı ile literatürdeki yerini almıştır.

Şekil 2-1: Hubbert'in İlk Uyarı Çağrısı

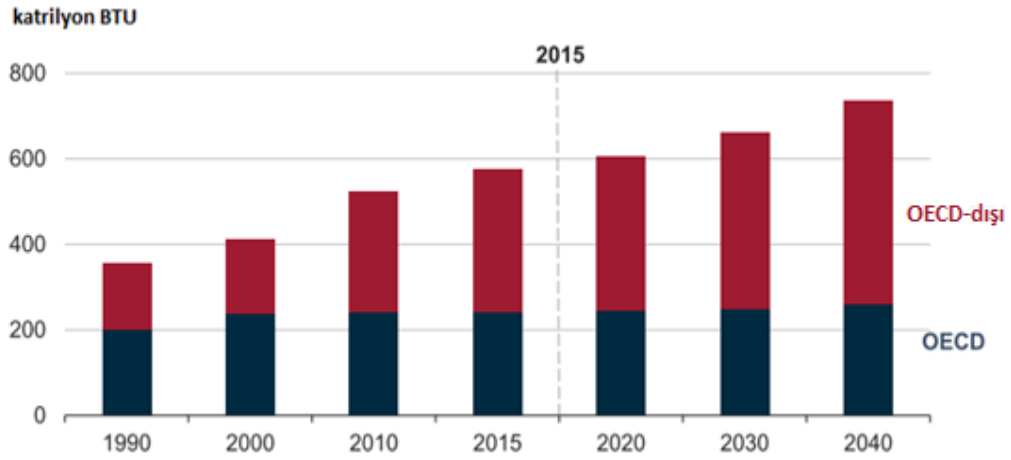


Kaynak: (Al-Shemmeri, 2011: 13)

Fosil yakıt rezervlerinin yakın gelecekte ihtiyaçları karşılamaya yetmeyeceğinin altını çizen enerji uzmanları petrol rezervlerinin 40 yıldan az, doğal gazın 60 ve kömürün ise 250 yıllık bir rezervi olduğunu belirtmekteler (Aslan vd., 2008: 61). Ancak olumlu yönden bakacak olursak, rezervlerin tükenmesi tüketicileri aşırı enerji tüketimini azaltmaya zorlayacak, üretim süreçleri gözden geçirmelerine ve verimliliği artırma çalışmalarına neden olacağı için insanlık ve çevre için büyük bir avantaj olarak kabul edilebilir. Hükümetler yeni arayışlar içine girerek hidroelektrik, rüzgâr panelleri ve güneş enerjisi gibi yenilenebilir kaynaklara yönelik araştırmalara önemli fonlar tahsis etmişlerdir.

Dünya geneline bakacak olursak enerji tüketimi hızla artmaya devam etmektedir. Amerika Enerji Bilgi İdaresi (U.S Energy Information Administration) dünya enerji tüketimi ile ilgili güncel verileri ve ileriye dönük tahminlerini rapor olarak yayınlamaktadır (Şekil 2-2). Buna göre, 1900 yılında dünya enerji tüketiminin 380 Katrilyon BTU civarında olduğu ve 2015 yılında 600 Katrilyon BTU seviyelerine ulaştığı görülmektedir. Bu rakamın 2040 yılına gelindiğinde 700 Katrilyon Btu'nun üzerine çıkacağı tahmin edilmektedir.

Şekil 2-2: Dünya Enerji Tüketimi: Dünü, Bugünü ve Geleceği



Kaynak: (E.I.A., 2016: 7)

Enerji yönetimi, 1970'lerde sanayi yöneticilerin temel fonksiyonlarından biri olarak görülmeye başlandı. Özel işletmeler ve ulusal otoriteler, enerjinin artan fiyatı ve dünya enerji kaynaklarının tükenmesi ile ilgili raporlarla yüzleşince bu durum ile daha fazla gecikmeden ilgilenmek zorunda kaldılar (Petrecca, 2014: 1). Yakın tarihimizde yaşanan petrol ambargosu ile başlayan önemli enerji krizlerinin yaşandığı süreç daha sonra değişik enerji türlerinde yaşanan darboğazlar ile devam etmiştir. Diğer taraftan enerji kullanımının çevresel etkilerini azaltmaya yönelik geniş çaplı sağduyu oluşmaya başlamıştır. Enerjinin sınırlı ve yönetilmesi gereken bir kaynak olduğu ve bu konuda gerekli adımların çok gecikmeden atılmasının önemi belirginleşmiştir.

1980-1990 tarihleri arasındaki enerji sıkıntısı ilk olarak ve ciddi bir şekilde endüstri alanında etkili oldu ve bunu takip eden çevresel etkiler ve enerji fiyatlarındaki dalgalanmalar insanlara enerji problemlerinin olduğunu ve gelecekte her zaman var olacağının mesajını veriyordu (Petrecca, 2014: 2-3). Özellikle enerji yoğun üretim yapan gelişmiş ülkelerde bu sıkıntılar yakından hissedildi. Artık yatırım kararlarında enerji tasarrufu sağlayan teknolojiler ve uygulamalar dikkate alınmaya başlanmış ve bu konuda verilecek kararların finansal kaygıların ötesinde ele alınması gerektiğine yönelik farkındalık artmıştır.

Enerji krizlerinin yaşanmaya başlandığı 1970'li yıllardan itibaren dünyada enerji yönetiminin tarihsel gelişimini ve gelecekteki durumu için çeşitli çalışmalar

yapılmıştır. Dönemin önemli enerji olayları ve bunların bir sonucu olarak şekillenen enerji yönetimi yıllar itibariyle Tablo 2-1’de yer almaktadır.

Tablo 2-1: Enerji Yönetiminin Safhaları

Safhalar	Yıllar	Yaklaşımlar	Dönemin Enerji Olayları
1. Safha	1973 – 1981	Enerji Tasarrufu Safhası	1973: OPEC petrol fiyatının dört katına çıktı 1979: İran devrimi ikinci petrol fiyat artışına neden oldu
2. Safha	1981 – 1993	Enerji Yönetimi Safhası	1981: ilk mikro-CHP teknolojisi tanıtıldı 1984/85: İngiltere kömür madencileri grevi
3. Safha	1993 – 2000	Enerji Temin Safhası	1990: Petrol fiyatı şoku
4. Safha	2000 – 2010	Karbon Azaltma Safhası	2000/01: Kaliforniya elektrik krizi 2001: İklim Değişikliği Vergisi tanıtıldı 2005: AB Emisyon Ticareti Programı tanıtıldı 2008: Petrol fiyatı varil başına 147 doları aştı
5. Safha	2000 – 2010	Enerji Verimliliği Safhası	2013: ABD’de düzenleyici yardım projesi "Enerji verimliliğinin tam değerinin farkında olarak" raporunu başlattı 2014: Çevre Savunma Fonu Yatırımcı Güven Projesini ABD’de başlattı 2014: Uluslararası Enerji Ajansı, enerji verimliliği "ilk yakıt" 2014: IEA, "Enerji verimliliğinin çoklu faydalarını yakalamak"
6. Safha	2010 – 2030	Kaynak Verimlilik Safhası	Olarak

Kaynak: (Fawkes, 2016: 1)’den uyarlanmıştır.

Fawkes, enerji yönetimine bakış açısının tarihsel süreçte nasıl evrildiğini, hızla gelişen teknoloji ile birlikte gelecekte nasıl şekilleneceğini dönemler itibariyle tasniflemektedir. 1973-1981 yılları arasındaki 1. evre, "tasarruf etme" zihniyetiyle yaklaşmıştır. Enerji fiyatlarındaki ani artışların nedenini, jeopolitik dinamiklerin bir sonucu olarak petrol şoklarının neden olduğu enerji arzı sorunlarına verilen krize tepki olarak nitelendirilmiştir. 1981-93 dönemi enerji yönetiminin ayrı bir disiplin olarak gelişmesine ve tam zamanlı “enerji yöneticilerinin” yükselişine tanık olmuştur. Enerji yönetimi terimi, enerji tasarrufunun yerini almaya başlamıştır. Etkili enerji yönetimi modelleri geliştirilmiş ve yaygın şekilde uygulanmıştır. Bu dönemde “İzleme ve Hedefleme” çok daha yaygın şekilde kullanılmaya başlamıştır. Yönetimin dikkatini yoğunlaştırmak için “Performans Göstergeleri” kullanılmıştır. 1993-2000’li yıllarda

bir disiplin olarak enerji yönetimi iki faktörün bir sonucu olarak gerilemiştir. Bunlar kamu hizmetlerinin özelleştirilmesi ile reel fiyatların indirilmesi ve genel kurumsal küçülmelerdir. Enerji fiyatları reel olarak gerilediğinde ve etkili satın alma stratejileri için fırsatlar sunulmuşken, enerji konusundaki dikkatlerin çoğu tamamen satın alma işlemine geçmiştir. Daha az riskle daha fazla tasarruf, enerji verimliliği projeleri uygulamak yerine daha etkili satın alma yoluyla yapılabilir olduğu ortaya çıkmıştır. 2000-2010 yılları arasında iklim değişikliği gündemi kişi ve kuruluşlar için büyük bir odak noktası haline gelmiştir. 2010 yılından itibaren, enerji verimliliği konusundaki ilgi, küresel olarak büyümeye başlamıştır. Enerji verimliliğinin iklim hedeflerini karşılamada ve ekonomik fırsatlar yaratmada oynayabileceği rol farkındalığı artırmıştır. 2010-2030 yılları enerji verimliliği giderek artan bir şekilde hem kamu hizmetleri hem de başkaları tarafından erişilebilir, değerli ve ticarete açık güvenilir bir kaynak olarak görülmesi beklenmektedir. (Fawkes, 2016: 1-8). Bu tasniflemede enerji yönetim sistemlerinin gelişimi, dönemin önemli enerji olaylarına ile birlikte toplumların gelişmesine paralel olarak şekillendiği görülmektedir. Bundan dolayı, enerji sistemlerinin kapsamlı bir analizi birçok disiplinle birlikte ele alınması ve yorumlanması gerekir.

Tüm dünyada, ekonominin, gıda tedarikinin ve ulusal üretkenliğin geldiği noktada enerjinin oynadığı merkezi rolün önemi artmaktadır. Diğer taraftan fosil enerji kaynaklı karbondioksit emisyonların küresel ısınmayı hızlandırdığı konusunda farkındalık artmaktadır. Dünya, gelişmekte olan ekonomilerin enerji talebinde hızlı bir büyüme yaşadığı tarihi bir denge noktasındadır. Bu talebin nasıl karşılanacağı ile ilgili izlenecek yol geniş kapsamlı sonuçlara sahiptir. Enerji yönetimi, gelecek nesiller için istihdam, gıda, güvenlik ve yeşil bir gezegen sağlamak için umut vadeden bir öneme sahiptir (Smith ve Parmenter, 2016: 11-12). Yakın gelecekte enerji fiyatlarının daha da artacağı açıktır. Enerji artık günlük hesaplarla değil uzun dönemli planlamalarla yönetimi konusunda gerekli adımları atmanın işletmenin normal işleri arasında ele alınacağı bir dönem olacaktır.

2.4. Enerji Yönetiminin Önemi

Dünya bankası verilerine göre günümüzde bir milyardan fazla insan elektriksiz yaşamaktadır. Diğer taraftan üç milyar insan odun, kömür, gübre veya diğer

biokütleler gibi kirletici yakıtları evlerini ısıtmak ve yemeklerini pişirmek için kullanmaktadır. Bu da yılda 4,3 milyon kişinin hayatına kaybetmesine sebep olan iç ve dış hava kirliliğine neden olmaktadır. Bu oranda devam ederse, 2030 yılında dünyanın elektrik kullanım oranı sadece %92'ye ulaşacak ve bu da birçok insanı karanlıkta bırakılmaları, daha iyi bir yaşam sürebilmelerine yardımcı olabilecek ekonomik ve sosyal fırsatlardan geri kalmaları anlamına gelmektedir (The World Bank, 2018).

Küresel nüfustaki artış ve enerjiyle çalışan cihazlara ve teknolojik ürünlere olan bağımlılığımıza cevap vermek için üretimdeki artış, enerjiyi daha da önemli hale getirmiştir. İlginçtir ki, günümüzde şehirlerde yaşayan insanlar, atalarımızın hayatta kalmak için ihtiyaç duyduğu enerji miktarının 100 katı kadar fazlasını lüks hayat standartları için kullanmakta veya yanlış yönetmektedirler (Smith ve Parmenter, 2016: 35-36). Bu durum, tüketimimizin aşırı derecede arttığının ve şimdiye kadar olduğundan çok daha fazla enerjiye bağımlı olduğumuzun bir başka kanıtıdır. Mesele enerjini hızla ‘tükeniyor olması’ değil, daha çok şimdiki abartılı enerji israfını karşılamak için yeteri kadar rezerve sahip olmadığımız konusudur. Gelecek kuşaklar için rezervleri koruma konusunda sorumluluk ve yükümlülüğümüz bulunmaktadır (Al-Shemmeri, 2011: 13).

Günümüz dünyası, küresel ısınmanın ana nedeni olan sera gazı etkisi artışını kontrol etmekte, daha önce emsali görülmemiş bir meydan okumayla karşı karşıyadır. Karbon dioksit, sera gazı etkisinin %72'sini oluşturmaktadır. Ticari, sanayi, yerel ve kamu ihtiyaçları için enerji üretirken kullanılan fosil yakıtlar, karbon dioksit etkilerinin ana kaynağıdır. (Al-Daraiseh vd., 2013: 1). Küresel ısınma sorunuyla ilgili atılacak her türlü adım sonunda karbon dioksit etkisini azaltmayı gerektirmektedir. Bu da birincil yakıtlardan (fosil yakıtlardan) elde edilen enerjinin azalmasıyla mümkün olur.

Enerji, ekonomik kalkınmanın ve büyümenin temeli olan yatırımların mikro ve makro ölçekte önemli bir ögesi olması dolayısıyla bütüncül bir yaklaşımla ele alınması ve yönetilmesi gerekir. Aşağıdaki tabloda enerji yönetiminin mikro ve makro seviyedeki işlevleri başlıklar halinde gösterilmiştir (Kırlı ve Kulu, 2016: 4894).

Tablo 2-2: Enerji Yönetiminin Mikro ve Makro Ölçekte İşlevleri

ENERJİ YÖNETİMİ	
Mikro Ölçekte "Enerji Yönetimi"	Makro Ölçekte "Enerji Yönetimi"
Maliyetlerin Azaltılması	Sürekli ve Dengeli Ekonomik
Enerjinin Akılcı Kullanımı	Büyüme
Etkin Enerji Politikaları	Etkin Enerji Politikaları
Rekabet Gücünün Arttırılması	Enerji Arzının Çeşitlendirilmesi
Yeni Teknolojik Yapılanma	Yeni İş Alanlarının Açılması
Çevre Kirliliğinin Azaltılması	Enerji İthalatının Azaltılması
İşletme Karlılığının Arttırılması	Ödemeler Dengesinde İyileşme
	Enerji Ağırlıklı Yatırım Bütçeleri
	Enerji Yoğunluğunun Azaltılması

Kaynak:(Keçecioğlu'ndan uyarlanan Kırılı ve Kulu, 2016: 4894)

Enerji yönetimi son kullanıcılar, enerji şirketleri, uluslar ve genel olarak toplum için geniş faydalar sağlama potansiyeline sahiptir. Bunların birçoğu artan enerji kullanımı ve arz kısıtlamaları, çevresel etkiler, politikalar ve enerji maliyetlerini ile doğrudan bağlantılıdır. Enerji yönetimi eylem ve programlarının uygulanması enerji dışı faktörler üzerindeki etkileri itibariyle de gereklidir. (Smith ve Parmenter, 2016: 29). Enerji yönetiminin önemi her ölçekte enerji tasarrufuna olan küresel ihtiyaçtan kaynaklanmaktadır. Bundan sonraki bölümde enerji yönetiminin önemi, çevresel etkileri ile birlikte yukarıdaki tabloda belirtilen işlevleri daha detaylı ele alınmaktadır.

2.4.1. Mikro Ölçekte İşlevleri

Son yirmi yılda enerji yönetimi sanayi firmalarındaki destekleyici işlevleriyle önemli ölçüde gelişti. Geçmişte, enerji fiyatlarının düşük ve çok değişken olmadığı dönemlerde enerji maliyetleri, toplam üretim maliyetlerinin sadece küçük bir bölümünü oluşturuyordu. İşletmelerin kurumsal yöneticileri için enerji, üretim sürecinde çok düşük hatta hiç önemi olmayan bir girdi faktörüydü. Bundan dolayı, enerji maliyetleri çoğu zaman yöneticileri doğrudan sorumlu olduğu bir maliyet kategorisi olarak değil de bir genel gider olarak ele alınmıştır (Schulze vd., 2016: 3892). Son yirmi yılda hızla artan enerji fiyatları, özellikle enerji yoğun şirketlerin

finansal tablolarında önemli bir maliyet kalemi olarak yer almaktadır. Küresel dünyanın zorlu rekabet koşullarında, sadece enerji maliyetleri için değil en ufak bir maliyet azaltıcı tedbirin alınması şirketlere büyük avantajlar sağladığı bir gerçektir.

Sıkı bir enerji yönetim programı lanse edildiği andan itibaren çok az ya da neredeyse hiç bir sermaye harcaması yapılmadan genellikle yüzde 5 ile yüzde 15 arasında bir enerji maliyet tasarrufu hemen sağlanır. Nihai tasarrufunun yüzde 30 seviyelerde olması çok yaygın olmakla birlikte yüzde 50, 60 hatta yüzde 70 seviyelerine ulaşıldığı görülmüştür. Tüm bu tasarruflar iyileştirme çalışmaları sonucu elde edilir. Yeni binaların enerji verimli şekilde dizayn edilmesiyle, eski binaların ihtiyaç duyduğu enerjinin sadece yüzde 20'sini (yüzde 80'lik bir tasarrufa karşılık gelir) kullanabilirler. Gerçekte, birçok imalat, endüstri ve diğer ticari organizasyonlar için enerji yönetimi, günümüzde mevcut ve gelecek vadeden en kar sağlayıcı-maliyet azaltıcı programlardan biridir (Capehart vd., 2012: 3).

İşletmeler yatırım yaparken karlarındaki iyileşmenin veya maliyet azaltıcı etkisinin o yatırımın maliyetinden daha yüksek olmasını beklerler. Enerji yönetimi bu noktada maliyet etkin bir yöntem olarak kendini defalarca kanıtlamıştır. Enerji verimliliğini artırmak için yapılan yatırımlar, güneş panelleri eklemekten çok daha uygun maliyetlidir.

Artan küreselleşme ve dış kaynak kullanımı nedeniyle üretim tesislerinin son derece rekabetçi olması gerekmektedir. Pazar lideri olmanın bir yolu, ürün maliyetlerini azaltmak ve böylece finansal verimliliği artırmaktır. Enerji, işletme maliyetlerini düşürmede kilit faktörlerden biridir. Enerji tasarrufu da sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınmanın temel taşlarından biridir. Çeşitli enerji kullanımları için yenilenemez fosil yakıtlara aşırı bağımlılık, rezervlerinde hızlı düşüşe neden olur (Kanneganti vd., 2017: 122). İşletmeler enerji atıklarını azaltmaya, düzenleyici kanunlara uymaya, enerji güvenliğini sağlamaya ve maliyetleri en aza indirerek karlarını maksimuma çıkarmaya çalışarak rekabetçi konumlarını iyileştirmeye başlamışlardır. Henüz bu noktaya gelmemiş diğer birçok kurum da enerji yönetimini en iyi şekilde nasıl hayata geçirilebilecekleri konusunda araştırma içerisindedir.

Zaman ve yine enerji yönetimi göstermiştir ki gelişmiş enerji verimliliği ile enerji tüketimi ve enerji maliyetleri büyük ölçüde azalabilmektedir. Tasarruf edilen bu enerji başka bir yerde kullanılabilir böylelikle enerji yönetimi daha önce bahsi geçmeyen bir kaynak olmuş olur. Aslında enerji yönetimi sayesinde elde ettiğimiz enerji en ekonomik yeni enerji kaynağı olduğunu her zaman kanıtlamıştır. Dahası, enerji yönetimi aktiviteleri çevreye, büyük ölçekli enerji üretim aktivitelerinden daha duyarlıdır ve kıt ve değerli kaynakların daha az tüketilmesini sağlar. Enerji yönetimi ulusların tüm problemlerini çözememesine rağmen, çevremizin üzerindeki ağır yükü azaltmaya yardımcı olur ve bize yeni enerji kaynakları geliştirmemiz için zaman verir (Capehart vd., 2012: 9).

Yeni enerji verimliliği teknolojileri, yeni malzemeler ve yeni üretim süreçleri kullanılması şeklinde uygulanan enerji yönetimi, şirketlerin üretkenliklerini geliştirmelerine ve ürün veya hizmet kalitelerini arttırmalarına yardımcı olmaktadır. İşletmeler yeni ekipman satın almayı, yeni prosesleri kullanmayı ve yeni yüksek teknoloji malzemeler kullanmayı kararlaştırdığında, çoğu zaman enerji tasarrufu ana etken değildir. Bununla birlikte, artan verimlilik, artan kalite, azaltılmış çevre emisyonları ve düşük enerji maliyetleri kombinasyonu, şirketlerin ve kuruluşların bu yeni teknolojileri uygulamaları için güçlü bir teşvik oluşturmaktadır (Turner, 2001: 2-3). Günümüzde, giderek çeşitlenen ve gelişen yenilenebilir enerji teknolojilerine olan ilgiye artış olmasına rağmen, teknik, ekonomik ve çevresel faktörlerden dolayı istenilen seviyelere ulaşmamıştır.

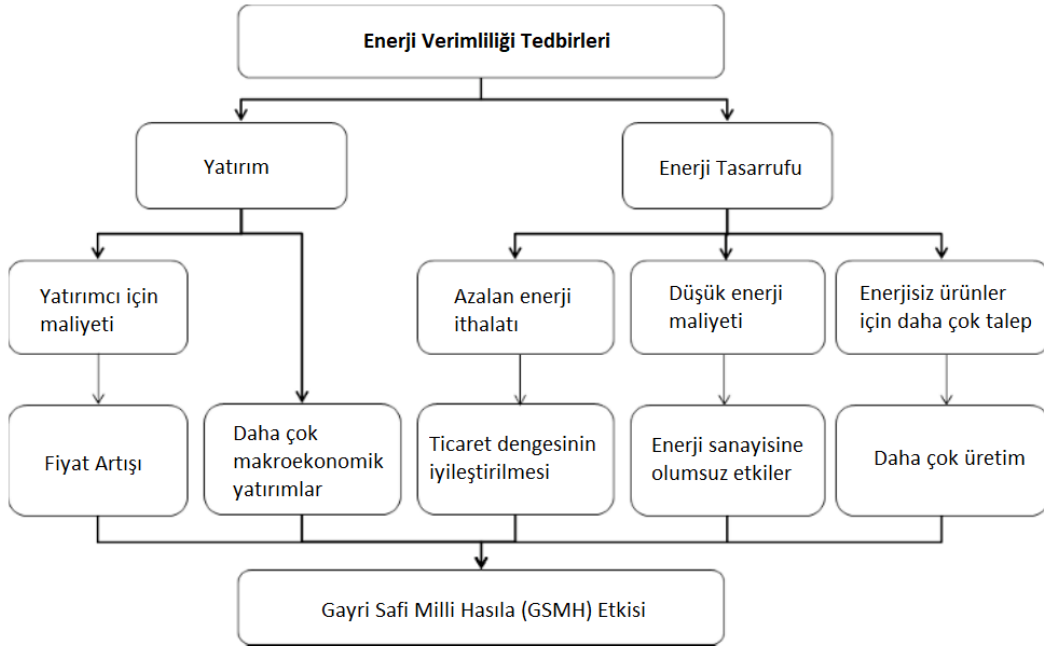
Çeşitli sebeplerle devam edegelen enerji kullanımındaki talep artışı, gaz, petrol gibi yenilenemez enerji arzı sabitken fiyatların artmasına neden olmaktadır. Fotoğrafi tersinden okuyacak olursak enerji arzı sabitken bu tür fosil kaynaklardan elde edilen enerjiye olan talepte bir düşüş olabilirse enerji fiyatlarında indirime gidilebilir. Enerjiye olan talebin azalması, maliyetlerin düşmesini tetikleyecektir. Sonuç olarak, içinde buldukları yapıları işletmenin nihai maliyeti azalacak ve karlılıkları artacaktır. Bu sonuç aslında elde edilemez bir tablo değildir. Dünyada kömür yakıtını kullanarak elektrik elde eden ilk ülke olan İngiltere için 21 Nisan 2017 tarihi, sanayi devriminden bu yana ilk kez kömür kullanılmayan gün olarak kayıtlara geçmiştir (Brown, 2017).

2.4.2. Makro Ölçekte İşlevleri

Günümüzde, enerji yönetimi ulusal çıkarlar açısından da gereklidir. Enerji yönetimi ulusların karşı karşıya kaldığı bazı büyük problemlerle yüzleşmesine yardımcı eder. Ülkelerin enerji kullanımındaki büyüme oranları, diğer ülkelerle karşılaştırmalar, enerji üretimleri, ithal edilen petrol maliyetleri, ithal petrolde dışa bağımlılık gibi istatistiki veriler incelendiğinde çok iç açıcı sonuçların olmadığı görülecektir. Özellikle, ekonomik büyümenin daha hızlı olduğu ülkelerde büyük miktarda enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Gelecekteki enerji sıkıntılarının üstesinden gelmek için bu endişe uluslararası toplum tarafından ele alınmalıdır (Abdelaziz vd., 2011: 152).

Yatırım ve enerji tasarrufu ile sağlanan enerji verimli tedbirlerin makroekonomik etkileri Şekil 2-3'te yer almaktadır.

Şekil 2-3: Enerji Verimliliği Tedbirlerinin Makroekonomik Etkileri



Kaynak: (Weber, 2018: 20)

Şeklin sol tarafına bakacak olursak yatırımların sermaye maliyeti müşteriye teslim edilen mal veya hizmetin fiyat artışıyla karşılanır. Diğer yatırımlar enerji verimliliği yatırımları ile değiştirilmesinin makroekonomik etkisi genel bütçenin artması şeklinde olacaktır. Diğer tarafta, enerji yönetimi faaliyetleri ile alınan tasarruf önlemleri, daha düşük bir enerji maliyetine ve azalan enerji ithalatına yol açacak; uzun

vadede gelişmiş bir ticaret dengesi ile sonuçlanan yatırımlar için daha yüksek bir üretim veya enerji sanayisi için olumsuz bir etkisi olacaktır. Şekil-2-5'te görüleceği gibi enerji verimliliği önlemleri, gayri safi yurtiçi hasılayı makroekonomik süreç boyunca etkilemektedir (Weber, 2018: 20). Bununla birlikte enerji yönetimi çevresel etkilerin azaltılması, karlılığın artırılması rekabetin güçlendirilmesi, yatırımın geri dönüşünün azaltılmasına yardımcı olması, sosyal maliyet ve enerji verimliliği gibi çok daha karmaşık işlevleri ile Gayri Safi Milli Hasıla'ya dolaylı faydaları bulunmaktadır.

Enerji yönetimi makro ölçekte sürekli ve dengeli ekonomik büyüme, etkin enerji politikaları, enerji arzının çeşitlendirilmesi, yeni iş alanlarının açılması, enerji ithalatının azaltılması, ödemeler dengesinde iyileşme ve enerji yoğunluğunun azaltılması konularında önemli bir enstrüman olarak karşımıza çıkmaktadır.

Ekonomik büyüme, birlikte gelen yapısal değişikliklerle birlikte, dünya enerji tüketimini de kuvvetli bir şekilde etkiler. Ülkeler geliştikçe ve yaşam standartları geliştikçe, enerji talebi hızla büyür. Örneğin, hızlı ekonomik büyümeyi yaşayan ülkelerde, inşaat ve bakım için daha fazla enerji gerektiren gelişmiş konut talep eden halkın payı sıklıkla artmaktadır. (E.I.A., 2016: 8). Artan enerji talebine karşın düşük maliyetli temiz yakıtların arzı ve tüketimi, özellikle küresel istikrar ve barış açısından önem taşımaktadır; çünkü enerji dünya genelinde sanayi ve teknolojik gelişmede hayati bir rol oynamaktadır (Aslan vd., 2008: 62). Ulusal güvenliğin geliştirilmesi noktasında petrol ithalatı, ülkelerin enerji güvenliği ve ödemeler dengesi üzerinde doğrudan etkide bulunmaktadır. Bu petrol ithalatı, hem siyasi hem de ekonomik açıdan güvenli bir gelecek için azaltılmalıdır (Capehart vd., 2012).

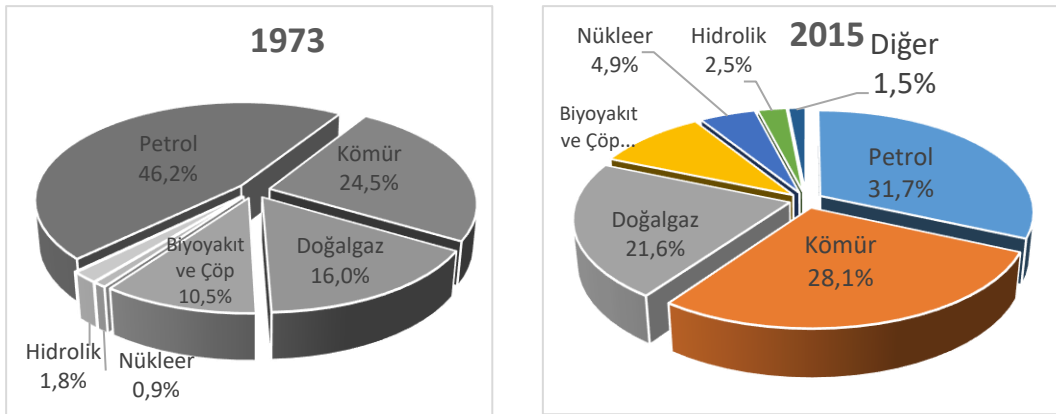
Ülkelerin enerji politikalarını belirlemede ve stratejiler geliştirmesinde enerji verimliliği önemli bir rol oynar. Enerji arzındaki verimliliği artırıcı önlemler olabildiği gibi enerji talebinde de verimliliği arttıracı tedbirler yer almaktadır. Ülke yönetiminin bu konudaki kararlılığı, her geçen gün gelişen teknolojiye dayanarak yararlanılması çeşitli politika tedbirleriyle desteklenirse verimliliğin artırılması sağlanabilir. Enerji yönetimi, verimliliği artırıcı tedbirler ile ülkelerin enerji yoğunluğu göstergesinde pozitif bir katkı sağlayan önemli bir araç haline gelmektedir (Gururaja'dan aktaran Aslan vd., 2008: 64). Düşük enerji yoğunluğu, ekonominin

üretiminde enerji kaynaklarını daha etkin ve verimli kullandığı anlamına gelir; yani, bir gelir birimi üretmek için tüketilen enerji miktarının düşük olduğunu gösterir (Aydın ve Esen, 2018: 186). Enerjinin akılcı, etkin ve verimli kullanılması ekonomiler açısından enerji yoğunluğunun düşmesine ve dolayısıyla kalkınmalarına katkı sağlamaktadır.

Enerji kaynaklarının etkin ve verimli kullanılması bir ülkenin enerji yoğunluğunu düşürmesi sağlanabilir. Farklı bir yaklaşımla, bir birim gelir elde etmek için daha az miktarda enerji harcanması anlamına gelir.

Enerji fiyatlarının yükselmesi petrol, doğalgaz vs. gibi yakıtların ithalatını yapan ülkelerin makroekonomilerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. Bu olumsuzluğun şiddeti, enerjide ne kadar dışa bağımlı olduklarıyla doğru orantılıdır (Öztürk ve Karbuz, 2006: 19). Burada arz güvenliğinin sağlanması ve enerji fiyatlarının belirlenmesinde en önemli faktörler arasında dışa bağımlılık derecesi ve çeşitliliği yer almaktadır. Enerji kaynaklarının çeşitlenmesi ile arzlarında meydana gelen değişim Şekil 2-4'te gösterilmektedir.

Şekil 2-4: 1973 ve 2015 Yılı Dünya Birincil Enerji Arzı Kaynak Dağılımları



Kaynak: Key World Energy Statistics 2017

Uygun maliyetli ve istikrarlı enerji arzı, sanayi ve sanayi dışı sektörlerde sosyal ve ekonomik kalkınma için bir ön koşuldur. Bununla birlikte, enerji üretimi ve tüketimi ciddi sorunlara, hatta ekosisteminin uzun dönemli sürdürülebilirliğini riske atan önemli çevresel problemlere yol açmaktadır. Bu yüzden, enerji tüketimi ile sürdürülebilirlik arasındaki ilişki oldukça karmaşıktır. (Midilli'den aktaran Aslan vd., 2008: 65). Enerjisini sürdürülebilir bir maliyetle ithal eden ve iyi çeşitlendirilmiş arz

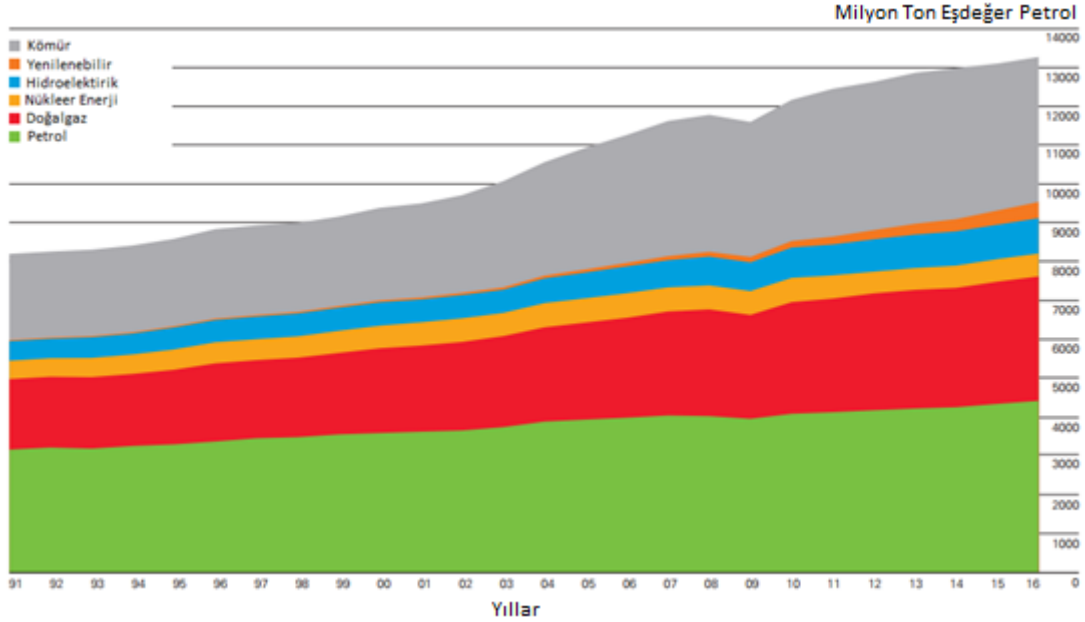
kaynaklarına bağılı olarak tedarik güvencesi sağlayan bir ülke bağımlıdır ancak savunmasız değildir (Percebois, 2007: 51).

Ekonomik kalkınma sırasında enerji tüketimi çok hızlı bir şekilde artmaktadır. Yerli enerji kaynaklarına sahip olmayan gelişmekte olan bir ülke için, enerji dengesinin yansımaları, artan miktarda yakıt ithal etme ihtiyacını ortaya koyarak, ödemeler dengesinde önemli yüklerin var olması endişesini yaratmaktadır. Enerji ekonomisi ile ilgili bazı uzmanlar, özellikle ulusal güvenlik perspektifinden, iç enerji arzındaki eksikliklerle ilişkili sorunları vurgularken, ekonomik perspektiften bakıldığında, ödemeler dengesi etkileri en önemlisidir (Adams vd., 2000). Enerji arzı ve buna yönelen talep dengeli olmalı ve arz talebi karşılayabilmelidir. İleriye yönelik enerji politikalarının belirlenmesinde bu iktisadi dengenin gözetilmesi gerekmektedir. Kendi enerji ihtiyacını karşılayamayan ülkeler için bu konu daha kritik olup enerji arzının sürekliliğini ve güvenliğinin sağlanması gerekmektedir.

Enerji yatırımları, ülke veya bölge kalkınmasının tüm önemli unsurlarına katkıda bulunur: iş genişleme (kazançlar) ve istihdam yoluyla ekonomik büyüme; ithal ikamesi (doğrudan ve dolaylı ekonomik etkilerin GSYİH ve ticaret dengesi); enerji arzının güvenliği ve çeşitlendirilmesi gibi. Enerji ithal eden devletler için, yenilenebilir enerji kullanımı önemli yerel ekonomik ve istihdam çarpanları haline dönüşür. Yenilenebilir enerji yerel, bölgesel ve ulusal düzeyde istihdama önemli ölçüde katkıda bulunduğu açıktır. Bazı ülkeler için yapılan vaka çalışmalarında örneğin biyoenerji sektöründe kömür / çelik üretimi ve şeker kamışı / bioetanol endüstrisi için ağaç dikimi potansiyel iş fırsatları sunmaktadır. Diğer taraftan yenilenebilir enerji endüstrisi, Avrupa'nın en hızlı büyüyen sektörlerinden biridir ve önemli iş potansiyellerine sahiptir (Domac vd., 2005: 98-100).

Küresel enerji piyasaları geçiş halindedir. Hızlı büyüme ve gelişen refah, enerji talebindeki artışın, özellikle OECD'deki geleneksel pazarlardan ziyade, gelişmekte olan ekonomilerden geldiğini göstermektedir. Enerji verimliliğini artırmak için verilen mücadele, genel olarak küresel enerji tüketiminin yavaşlamasına neden olmuştur (Şekil 2-5). Enerji verimliliğini artırmak için teknolojik gelişmeler daha temiz, daha düşük karbonlu, çevre dostu enerjiye doğru kaymaktadır.

Şekil 2-5: Dünya Enerji Tüketimi



Kaynak: (British Petrol, 2017: 10) Dünyanın birincil enerji tüketimi, 2016'da %1,0 artarak 10 yıllık ortalama olan % 1,8 seviyesinin çok altında gerçekleşti. 2015 yılında olduğu gibi, Avrupa ve Avrasya hariç tüm bölgelerde büyüme ortalamasının altında gerçekleşti. Petrol ve nükleer enerji haricindeki tüm yakıtlar ortalamasının altında bir oranda büyüdü. Petrol, 77 milyon ton petrol eşdeğeri ile doğal gaz (57 Mtep) ve yenilenebilir enerji (53 Mtep) takip eden enerji tüketiminde en büyük artışı sağladı.

Enerji kaynaklarının kıtlığı ve rezervlerinin giderek azalmasının yanı sıra, küresel ısınma sonucu oluşan sera etkisi ve iklim değişiklikleri, gelecek nesillerin de çıkarlarını gözetken, ulusal ve uluslararası düzeyde enerji politikaları üretilmesini gerektirmektedir (Bayraç, 2015: 118). Enerji yönetimi, hem sanayileşmiş hem de gelişmekte olan ülkeler için fosil yakıtların kullanımıyla ortaya çıkan finansal, sağlık ve çevre maliyetlerini azaltan en uygun maliyet fırsatlarını sunar. Dünyada düşük maliyetli enerji yatırımların yılda milyarlarca avro olacağı tahmin edilmektedir. Bununla birlikte, gerçek yatırım seviyesi çok daha azdır, bu da enerji tasarrufu yatırımları için maddi açıdan cazip olan mevcut fırsatların yalnızca küçük bir bölümünü temsil etmektedir.

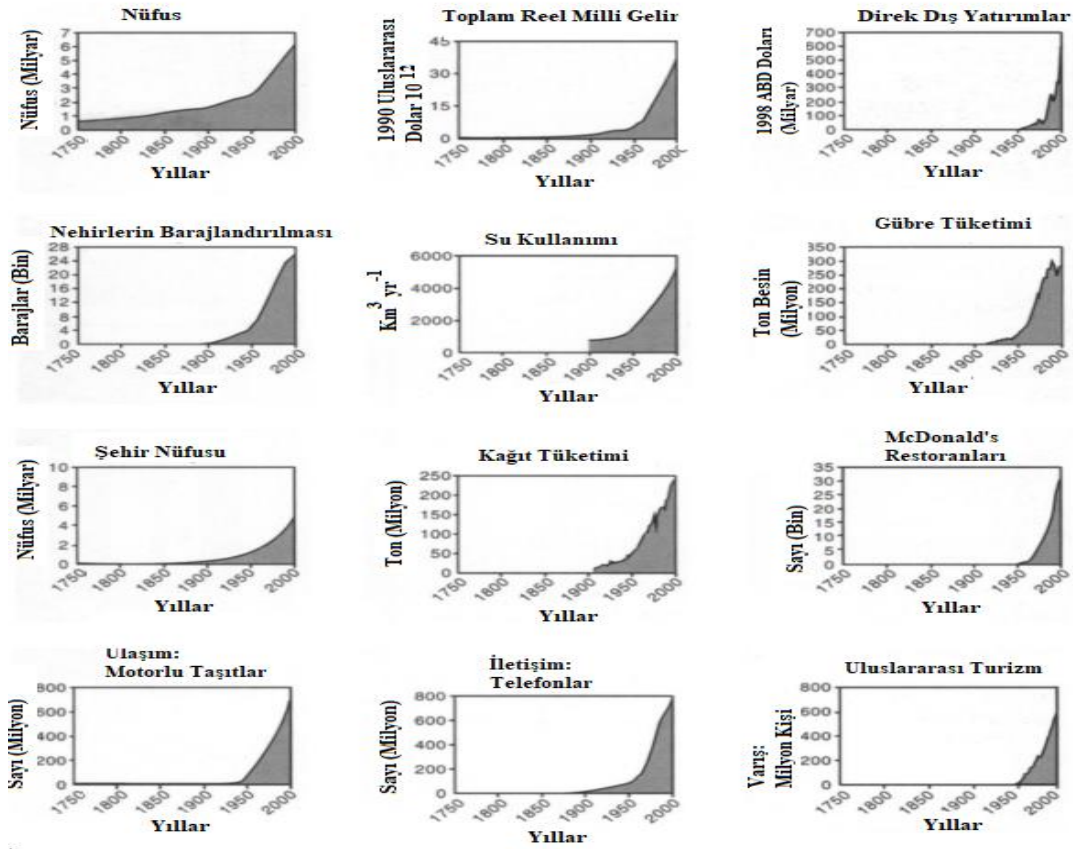
2.4.3. Çevresel Etkiler

1958'de kayıt altına alınmaya başladığından beri atmosferdeki karbondioksit salınım seviyelerinin arttığı görülmektedir. Veriler, fosil yakıtların yakılmasının

bugün atmosferdeki karbondioksit emisyonlarını yaklaşık %67 oranında arttırdığını göstermektedir. Karbondioksit kısmen dünya okyanusları tarafından emilir, ancak emisyonlar tırmadıkça, aynı okyanusların sonuçta ortaya çıkan asitleşmesi giderek artan bir şekilde ekolojik ve biyolojik değişikliklere neden olurken, sürekli artan atmosferik konsantrasyon küresel ısınmaya ve iklim değişikliğine yol açmaktadır (Cubash'tan aktaran Fernando ve Hor, 2017: 62)

20. yüzyılın ortalarından itibaren insan eliyle yapılan girişimlerin büyük bir ivme kazandığı gözlemlenmiştir. Doğal kaynaklar ve ekosistemler yoğun ve sistematik olmayan bir şekilde sömürülmek suretiyle karakterize edilmektedir (Şekil-1). Bu aynı zamanda küresel nüfusta, ekonomik büyümede ve enerji kullanımında benzer büyüme ile yakından ilişkilidir.

Şekil 2-6: İnsan Girişimlerinde 1750'den 2000 Yılına Kadar Olan Değişim



Kaynak: (Steffen vd., 2007: 617)

Gittikçe ivme kazanan küresel çevre değişimi ile ilişkili olarak artan riskleri gidermek için küresel bir enerji dönüşümü gereklidir. Dünyamız üzerindeki çevresel baskılar, büyük çaplı zararlı etkilerin artık ortadan kaldıramayacağı seviyeye ulaştı. Bu tür etkilerin insan gelişimini zayıflatma potansiyeli vardır. Bu yeni küresel sosyal çevre sorunu, enerji ile yakından ilişkilidir. Enerji kullanımını azaltarak minimize edebileceğimiz temel problemler aşağıda sıralanmıştır:

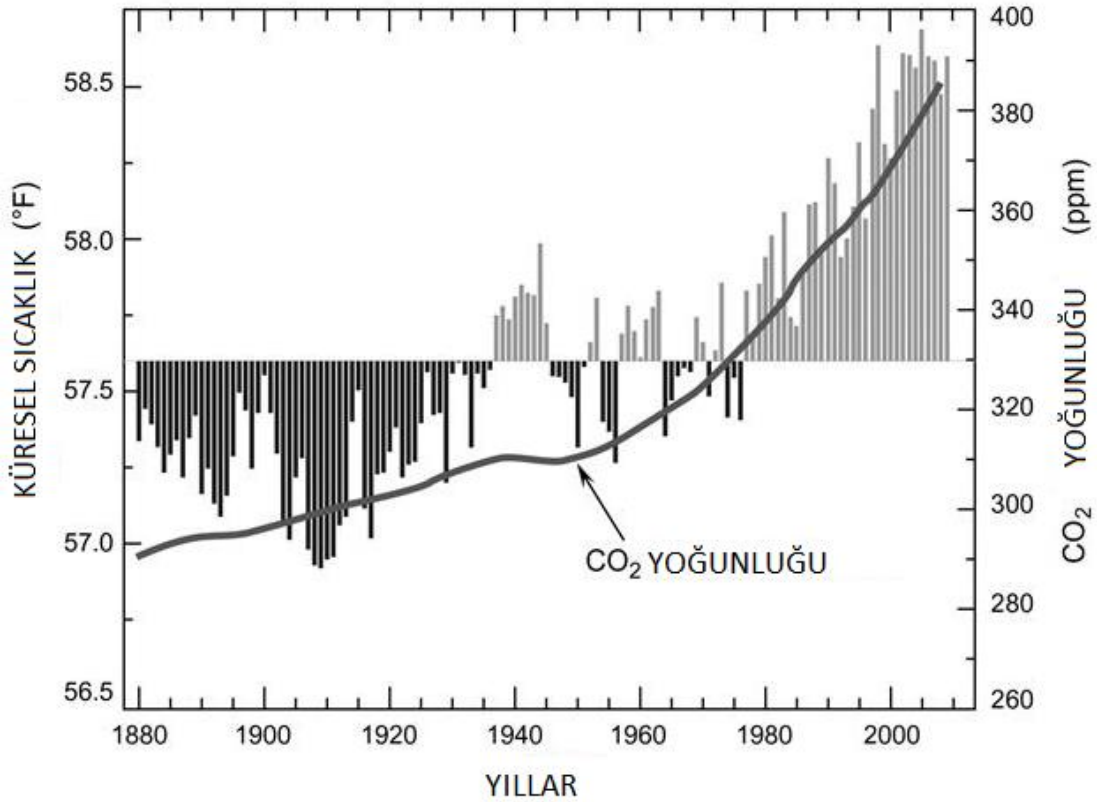
- Küresel ısınmanın (Sera Gazı Etkisi) azaltılması;
- Ozon tabakasındaki incelmeyi yavaşlatılması
- Asit yağmurlarının azaltılması

2.4.3.1. Küresel Isınma (Sera Gazı Etkisi)

Sera etkisi doğal olarak oluşan atmosferik gazların güneşten gelen zararlı radyasyonunun dünyaya direkt yansımalarının önlediği bir süreçtir; bu radyasyon daha

sonra dünyanın yüzeyini ısıtır. Sera etkisi hayatın varlığı için gereklidir; Ancak, son kanıtlar insan faaliyetlerinin sera sürecini hızlandırdığını ve küresel ısınmaya neden olduğunu gösteriyor. Bazıları hızlı küresel ısınmanın kitlesel yok oluşlarına, ekosistem kaybına, okyanus düzeyinde artış ve kirlilik artışını içeren felaketli çevresel etkilere yol açabileceğine inanmaktadır. İklim üzerindeki insan etkileri hakkında bilimsel bir kaygı 1880'lerde başladı, ancak iklim 1980'lere kadar ciddi bir kamusal konu haline gelmemiştir (Isadora ve Flynn, 2013: 1). Sera gazının en çarpıcı sonucu olarak, kutuplardaki buzulların erimesine yol açacağı ve denizlerin yükselerek birçok ülkenin sular altında kalacağı konusudur. Bu senaryolara göre, karbondioksit yoğunluğu 2050 yılında iki katına çıkış olacak ve 2100 yılında ise, insan hayatını tehdit eden boyutlara ulaşacak olmasıdır (Aslan vd., 2008: 26).

Şekil 2-7: Karbondioksit Yoğunluğunun Yıllar İçinde Değişimi



Kaynak: (Smith ve Parmenter, 2016)

İnsan faaliyetleri donucunda dünyadan atmosfere yayılan bazı gazlar sera gazı özellikleri sergilerler. Bunlardan bazıları (Aydın, 2014: 434):

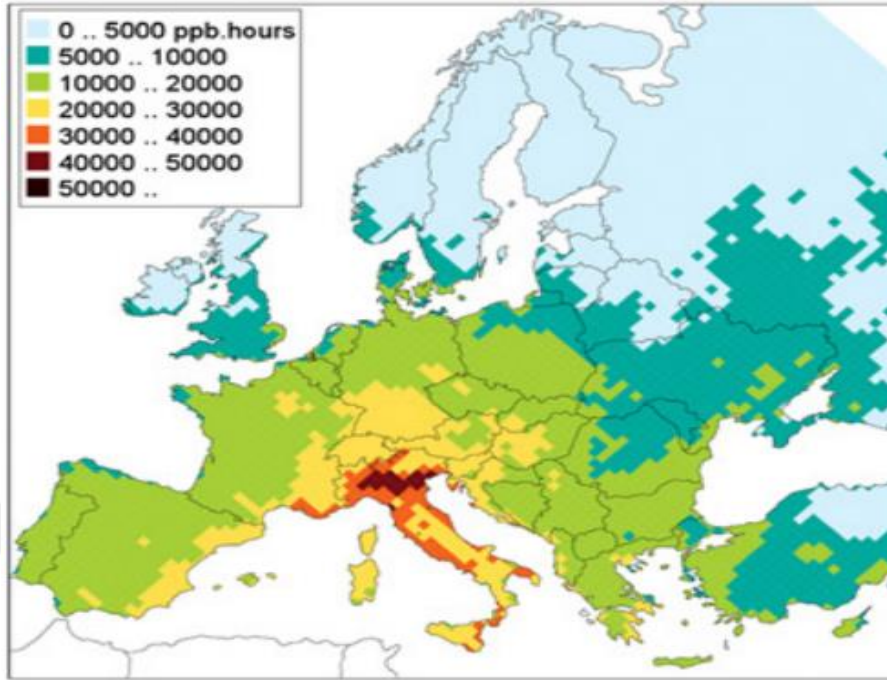
- Karbon dioksit
- Metan
- Nitrous Oksit
- Endüstri Gazları: Hidroflorokarbonlar, Perflorokarbonlar, Sülfür Hekzafloroid

Enerji tüketimindeki hızlı artışın yan ürünü, küresel ısınmaya neden olan artan Sera Gazı (GHG) emisyonunu azaltmanın bir yolu olarak enerji tasarrufu ve enerji verimliliğine odaklanmaya başlamıştır. Yeşil enerji formlarını geliştirmek ve bunları en akılcı bir şekilde kullanmak, fosil yakıtlarına alternatif bir çözüm olmakla kalmayıp aynı zamanda gelecek kuşaklar için çevreyi korumak adına fırsatlar sunacaktır.

2.4.3.2. Ozon Tabakasındaki İncelme

Atmosferdeki doğal gazlardan biri olan ozon, güneşten ultraviyole ışınlarını emer. Bilim adamları, stratosferik ozonun tükenmesinin güneşten gelen ultraviyole ışınımın yüzeye ulaşmasını sağlayarak ozon tükenmesi devam etmesi durumunda tüm canlı organizmalara ciddi zararlar verebileceğinden endişe ediyorlar. "Ozon deliği" terimi, Antarktika üzerinde meydana gelen stratosferik ozon konsantrasyonundaki mevsimsel düşüş anlamına gelmektedir. Ozon-delik oluşumu insan faaliyetlerinin atmosferin bileşimini önemli ölçüde değiştirebileceğinin kanıtıdır (Attwood ve Joens, 2013: 1).

Şekil 2-8: Ozon Hasarının Orman Ağaçlarına Olan Etkisi (2000)

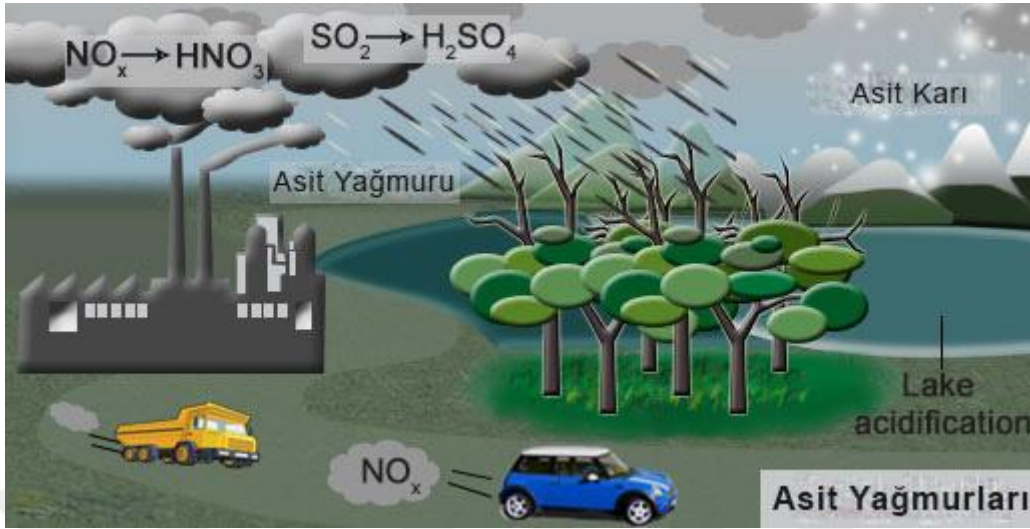


Kaynak: (Amann vd., 2011: 1498)

2.4.3.3. Asit Yağmurları

Asit yağmuru, sülfür dioksit ve nitrik oksitler gibi kirletici, asit oluşturan gazlarla reaksiyon sonucu doğal olabileceğinden daha asidiktir. Amerika Birleşik Devletleri ve Güneydoğu Kanada'nın doğusundaki göl, orman, toprak ve insan yapıları, asit yağmuru ve karasal nesnelere sülfürik ve nitrik asit aerosolünün depolanması ile hasar görmüştür. ABD ve Avrupa'daki yağışların asitliğinin başlıca nedeni sülfürik asittir; bu kükürtlü asit, kükürt içeren fosil yakıtların, özellikle de kömürün yakılmasıyla üretilen kirli sülfür dioksit gazı, aynı zamanda petrol ve gazdan gelir. Amerika Birleşik Devletleri'nde, kükürt dioksit gazı büyük oranda Orta Batı'nın sanayi bölgesinde üretilmektedir. Bununla birlikte, sülfür dioksit gazı ve sonuçtaki sülfürik asit, kuzey doğu ABD'de ve güneydoğudaki asit yağmuru olarak çökmeden önce atmosferdeki rüzgarlar tarafından kuzeydoğuya 800 kilometre mesafelik bir mesafede taşınabilir (Berner, 2013: 1).

Şekil 2-9: Asit Yağmurları



Kaynak: (Biyosferikcanlılığındevamı, 2018)

Hem enerji tüketimini azaltmak hem de ekonomik faaliyetleri artırmak için çevresel bozulmayı yavaşlatan veya ortadan kaldıran sürdürülebilir enerji tüketimi uygulamalarını kullanmaktır; böylece doğal karbon soğutucuları, atmosferdeki CO² emisyonlarının bir kısmını emme şansına sahiptir (Fernando ve Hor, 2017: 63).

Enerji kaynaklı ekonomik, endüstriyel problemlerin varlığının yanı sıra çevresel problemler insanları endişeye sevk eden en önemli sorunlar arasında yer almaktadır. İklim değişikliği ve sera gazı emisyonlarının azaltılması, küresel ölçekte geri dönüşü olmayan çevresel değişimi önlemek için birinci öncelikte ele alınması gereken konuların başında gelmektedir. Enerji sistemlerinde geline nokta insani gelişme için gerekli enerjiyi sağlarken, çevresel değişimin güvenli sınırları içinde kalmasını sağlayacak alternatif yollar geliştirmek için uluslararası bir çaba gerektirmektedir.

Enerji kullanımının çevresel etkilerini çevreleyen tartışma, bilim insanları, çevre aktivistleri, enerji şirketleri, dünya çapındaki topluluklar ve politikacılar gibi çok sayıda paydaşı ilgilendirmektedir. Bu konuda önem taşıyan hususlar (Isadora ve Flynn, 2013: 1);

- İnsan etkinliklerinin sera etkisinin hızlandırılması,

- Küresel ısınmayı yavaşlatmak için en iyi yasama veya düzenleyici seçeneklerin bulunması,
- Zararlı uygulamalar yerine çevreye karşı nötr veya pozitif alternatifler bulunması,
- Biyolojik çeşitliliğin değeri ve korunmanın önemi olarak belirtilebilir.

Fosil kaynaklı enerjinin çevreye maliyeti hakkında artan farkındalık ülkeleri, çeşitli toplantılarda bir araya getirmiştir. Bu birleşmelerde genel olarak mevcut ve gelecekteki stratejileri belirleyen küresel enerji politikalarının odağı üzerinde durulmuştur.

Kyoto Protokolü

Birleşik Devletler, Birleşmiş Milletler'in İklim Değişikliği Konvansiyonu olarak da bilinen İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesini 4 Aralık 1992'de onayladı. Antlaşma doğrudan iklim değişikliği ile mücadele eden ilk uluslararası bağlayıcı yasal araçtır. Amaç atmosferde insanların küresel iklim değişikliği üzerindeki etkilerini engelleyecek sera gazlarını dengelemektir. Antlaşmayı imzalayan ülkeler bir araya gelerek, periyodik olarak görüşmelerde bulunurlar. Emisyonların, dikkate alınan gazlara bağlı olarak 1990 veya 1995'te bulunan seviyelere indirilmesi ve sınırlandırılması amaçlanmıştır. (Turner ve Doty, 2007: 544).

2.5. Enerji Yönetimi Sistemi

Enerji yönetimi, bir şirketin enerji konusunda stratejik olarak çalıştığı prosedürler olarak tanımlanabilirken, bir enerji yönetim sistemi bu prosedürlerin uygulanması için bir araçtır. Bu iki kavram sıklıkla karıştırılır veya birbirlerinin yerine kullanılmaktadır. Bir enerji yönetim sisteminin, organizasyon tarafından uygun bir şekilde adapte edilmesi durumunda bir şirkette enerji yönetimini başarıyla destekleyebileceği vurgulanmalıdır (Thollander ve Palm, 2013: 85).

Enerji yönetim sistemi, kuruluşların enerji kullanımını daha iyi yönetmelerine yardımcı olur. Bir enerji politikasının geliştirilmesi ve uygulanması, enerji kullanımı için hedefler belirlenmesi ve bunlara ulaşmak için eylem planları oluşturulmasını kapsamaktadır. Buna, yeni enerji verimli teknolojilerin uygulanması, enerji atıklarının

azaltılması veya mevcut maliyetlerin düşürülmesi için mevcut süreçlerin iyileştirilmesi de eklenebilir (ISO, 2016: 2). Enerji yönetim sisteminin amacı, bir organizasyonda enerji ve karbon verimliliğini sistematik olarak entegre etmektir. Hem enerji hem de karbon tasarrufu olanaklarının tanımlanması ve değerlendirilmesi için enerji kullanımı ve verimlilik bilgisi sistematik olarak toplanır ve işlenir. Diğer yandan, verimlilik iyileştirmeleri için hedefler belirlenir ve çalışanlara farklı seviyelerde ve farklı operasyonel alanlarda görevler verilir (Bottcher ve Muller, 2016: 1451).

Günümüzde mevcut enerji yönetim sistemlerinin çoğu gerçek zamanlı enerji tüketimi ile ilgili istatistiksel veriler sağlamaktadır. Bu sistemler kullanıcılara enerji tüketiminin detaylı bir fotoğrafını ortaya koyması açısından önemli bir rol oynarlar. Bu sistemler kullanıcılara enerji tüketimi davranışlarını değiştirmelerine yönelik önemli katkılar sağlar. Ancak bu sistemler enerji tüketiminin azalması için enerji kullanımını otomatik olarak ayarlayamaz, bu işi kullanıcıların tercihine bırakır (Al-Daraiseh vd., 2013: 1). Enerji yönetim sistemleri kendi başlarına fazladan mega watt sağlamazlar, ancak enerji kullanımlarındaki etkinliği ve kaliteyi iyileştirmede gerekli olan bilgileri sunmaları ile enerji yöneticisinin karar alma sürecinde kilit bir rol oynarlar.

Enerji tasarrufu ve enerji yönetimi bir anda gerçekleşen ve tamamlanan şeyler değildir, sürekli gelişme yolundadırlar. Süreçler analiz edilir ve geliştirilir. Enerji azaltma çabalarında elde edilen kazançlar sürdürülmelidir. Aksi halde bu kazanımlar sürekli bakım faaliyetleri gerektiren ve yeni ekipmanlara ihtiyaç duyan enerji yönetim sistemlerini güncellemediklerinden kaybolmayla yüz yüze kalabilir. Sürekli gelişme için aşağıdaki döngüyü takip etmek gerekmektedir (Howell, 2015: 243).

- Enerji politikasını gerektiği gibi güncellenmesi ve herkes ile iyi bir iletişim kurulması,
- Yeni hedeflerin geliştirilmesi ve eylem planlarının oluşturulması,
- Enerji ekibini aktif ve üretken tutmak için sürekli birkaç kişinin istihdam edilmesi,

- Eylem planlarının uygulanması, incelemesi ve düzeltici eylemlerin gerektiği gibi yapılması,
- Yönetim başarısını, en az yılda bir kez gözden geçirilmesi,
- Gerekli tüm malzemeleri kapsayan verimli ve üretken bir toplantı sağlamak için enerji standardının giriş ve çıkışlarının kullanılması,
- Takımı, organizasyon bölümlerini ve bireylerin katkılarını uygun olarak ödüllendirilmesi ve tanımlanması.

Teknik anlamda Enerji Yönetim Sistemleri (EYS), enerji tüketimini izleyip ölçerek, gelecekteki enerji tüketimi eğilimlerini modelleyerek ve mevcut maliyetleri analiz ederek, organizasyonlara daha iyi kararlar vermelerini sağlayan enerji yönetimi için gerekli araçlardır. EYS'ler ayrıca, kuruluşların, sayaç ve ekipman durum verilerini toplama ve enerji tüketimine ilişkin önemli performans göstergelerini yönetime raporlama gibi çeşitli görevleri otomatik hale getirmelerini sağlar. EYS'ler tarafından uygun bir destek olmadan, kuruluşlar enerji kullanımını doğru bir şekilde ölçemez ve enerji iyileştirme tedbirlerinin etkinliğini izleyemez (Antunes vd., 2014: 805).

Mevcut enerji sistemi modellerinin gelişmekte olan ülkeler için uygun olup olmadığını tespit etmek amacıyla birçok çalışma yapılmıştır. Gelişmekte olan ülkelerin özelliklerini dikkate alarak enerji sistemi modellerinde daha fazla iyileştirmeye ihtiyaç duyulduğu tespit edilmiştir. (Bhattacharyya ve Timilsina, 2010: 508). Gelişmekte olan ülkeler için önerilen enerji sistemi modellerinde bazı iyileştirmeleri dahil etmek zahmetli ancak gereklidir.

2.5.1. Enerji Yönetimi Standartları

Enerji yönetimi uygulaması, geleneksel olarak sadece önemli enerji tüketim süreçleri ve ekipmanlarının enerji verimliliğini artıran teknolojilerine odaklanmıştır. Bu, odaklanma sadece motorlar, pompalar, kompresörler, kazanlar, buhar tüpleri gibi bireysel sistem bileşenlerine yöneliktir. Ancak, deneyimler, optimize edilmiş sistemlerin dahi, personel ve üretim değişiklikleri nedeniyle zaman içindeki başlangıç verimi kazançlarını kaybettiğini göstermiştir; bu nedenle endüstriyel tesislerin enerji verimliliğini yönetim uygulamalarına entegre etmeleri için enerji yönetim standartları rehberlik eder (Jelić vd., 2010: 614).

Enerji etkin ve verimli kullanımı kurumsallaştırmada başarılı olan endüstriyel enerji tüketicileri arasında temel ilk adım enerji performansını yönetmek için bir dizi ilke veya standardın benimsenmesi olmuştur. Bu standartlar, bir organizasyonun enerji performansını değerlemesine, öncelik vermesine, ölçmesine ve izlemesine ve performansı sistematik olarak nasıl arttırdığı konusunda kurumsallaştırmaya hizmet etmektedir (Ginley David ve Cahen, 2012: 522).

Enerji yönetim standartlarının amacı, enerji verimliliğinde sürekli gelişim kültürünü yönetim uygulamalarına adapte etmeleri için rehberlik etmektir. Bunun için operasyonel uygulamalardaki değişiklikler yoluyla enerji kullanımındaki israfı azaltmak, enerji verimliliği önlemlerini almak ve ileri teknolojileri uygulamak için uygun bir ortam yaratmaya çalışır.

Bir enerji yönetimi standardının tipik özellikleri şunları içerir (GEA, 2012: 552):

- Enerji verimliliğinde sürekli iyileştirme için ölçüm, yönetim ve belgeleme gerektiren stratejik bir plan;
- Direkt olarak yönetim kuruluna rapor veren ve stratejik planın uygulanmasını denetlemekle yükümlü olan bir temsilcinin liderliğinde bir yönetim ekibi;
- Enerji satın alma, kullanma ve elden çıkarmanın tüm yönlerini ele alan politikalar ve prosedürler;
- Enerji verimliliğinde sürekli gelişme göstermek için projeler;
- Ek enerji tasarruflu projeler ve politikalar olarak zaman içinde gelişen, yaşayan bir belge olan bir enerji el kitabı oluşturulur ve belgelendirilir;
- İlerlemeyi ölçmek için izlenen, şirkete özgü anahtar performans göstergelerinin belirlenmesi ve
- Bu ölçümlere dayanarak ilerlemenin yönetimine periyodik olarak raporlanması

Bu amaçları gerçekleştirmek için çeşitli ulusal ve uluslararası standartlar geliştirilmiştir. Bunlar içinde en yaygın olanı tüm organizasyonlarda uygulanabilir olarak düzenlenen Uluslararası Standartlar Teşkilatı (International Organisation for Standardization) tarafından çıkarılan IS standartlarıdır.

İlk ISO Yönetim Sistemleri standardı olan ISO 9000, 1987 tarihinde yayınlandı. Tarihi daha yirmi yıl geriye, 1959'da Birleşik Devletler Savunma Bakanlığı tarafından yayınlanan MILQ-9858 standardına dayanır. 2006 yılında Avrupa'da, Enerji Verimliliği - EN 16001 ile ilgili ilk Yönetim Sistemi Standardı üzerinde çalışmalar başladı. Uygulamayı daha basit hale getirmek için yapı ISO 14001 formatını takip etti. EN 16001 resmi olarak 2009'da yayınlandı. ISO 50001 ile ilgili çalışmalar 2008'in sonlarında EN 16001 ve ANSI 2000den yararlanılarak başlamıştır. ISO 50001'in ilk baskısı 2011'de yayınlandı; EN 16001, ertesini yıl yürürlükten çekildi (Szajdzicki ve Szajdzicki, 2017: 1). Bu standartlar, bir kuruluşun enerji yönetim sisteminin sertifikalandırılması, kayıt edilmesi ve şirketin kendi beyannamesi için kullanılmaktadır.

2.5.1.1. ANSI / MSE 2000: 2008

Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü (American National Standards Institute, ANSI) / Enerji Yönetim Sistemi (Management Systems of Energy, MSE) 2000: 2008, Georgia Teknoloji Enstitüsü tarafından geliştirilen bir enerji yönetim standardıdır. Bu standart bir kuruluşun enerji performansının sürekli iyileştirilmesi için sistematik bir yaklaşımda bulunmasına yardımcı olan enerji yönetim sistemi gereksinimlerini belirtmektedir. Standarda göre, enerji performansı, enerji yoğunluğundaki azalmayı, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını ve enerji maliyetlerinde düşüşü içerebilir. Enerji için bu yönetim sistemi, birincil ve ikincil enerji kaynaklarının arz, talep, güvenilirlik, satın alma, depolama, kullanma ve elden çıkarılmasını kapsar. Bu standarda göre, organizasyonların enerji yönetimi planlama sürecine dayanan makul performans geliştirme hedeflerini belirtmesi gerekiyor. ANSI / MSE 2000, ISO 50001 enerji yönetimi standardının geliştirilmesi için kaynaklardan biri olarak kullanılmıştır (Kanneganti vd., 2017: 123). Amerikan standartlar enstitüsü tarafından yayınlanan ANSI / MSE 2000: 2008 üçüncü baskı olup ANSI / MSE 2000-2005 standardının yerini almıştır. Bu standart sürekli iyileştirme için bir süreç yaklaşımını yansıtması ve diğer yönetim sistemi standartlarıyla uyum sağlama amacıyla revize edilmiştir.

2.5.1.2. EN 16001: 2009

EN 16001: 2009 Avrupa standardı, İngiliz Standartları Enstitüsü tarafından geliştirilen enerji yönetimi standardıdır. Standart, enerji yönetiminin örgütsel iş

yapısına entegre edilmesini sağlar; böylece kuruluşlar enerji, maliyetleri düşürebilir ve enerji ve iş performansını iyileştirebilir. Bu standardın birincil amacı, enerji performansında sürekli gelişmedir. EN 16001: 2009 hem standardı karşılayan hem de etkin ve belgelendirilmiş bir Enerji Yönetim Sisteminin geliştirilmesi ve işletilmesini sağlamak için kullanılabilir bir dizi olası metodoloji sağlamaktadır. Bu standart, enerji performansı için bir gereklilik oluşturmadığı gibi optimum enerji çıktılarına garanti etmemektedir (ANSI, 2018). Uluslararası düzeyde en çok tartışılan konuların başında gelen enerji yönetimi hakkında örgütlere yardım etmek amacıyla oluşturulan gönüllü bir standardın yayımlanması geniş bir ilgi ile karşılanmıştır.

2.5.1.3. ISO 50001 Enerji Yönetimi Standardı

ISO 50001, ANSI/MSE 2000 ve EN 16001'in yerini alan en son enerji yönetimi standardıdır. Standart, bir kuruluşun enerji tüketiminin önemli alanlarını belirleyecek ve enerji azaltımına katkıda bulunacak bir politika geliştirmesini ve uygulamasını sağlar. Standart, ISO tarafından yayınlanan diğer yönetim sistemi standartlarına benzer herhangi bir performans kriteri gerektirmez. ISO 50001, ISO 9001 veya ISO 14001 gibi diğer tanınmış standartlar için de kullanılan sürekli iyileştirme yönetim sistemi modelini temel alır (Kanneganti vd., 2017: 124). İlk çalışma taslağı Eylül 2009'da kullanıma sunuldu. Standardın geliştirilmesinin 2011'in üçüncü çeyreğinde tamamlanması planlanarak çok hızlı bir şekilde ilerleyeceği düşünülmektedir. Standart, enerji verimliliğini yönetim uygulamalarına entegre etmek için bir çerçeve sağlamaktadır (Ellis'ten aktaran Ginley David ve Cahen, 2012: 522).

ISO 50001 Enerji yönetim sistemi Planla-Yap-Kontrol Et-Hareket Geç (Plan-Do-Check-Act) döngüsü üzerine kuruludur ve sistemlere kolayca entegre edilebilir. Bu döngü aşağıdaki şekilde özetlenebilir (Marimon ve Casadesús, 2017: 3) :

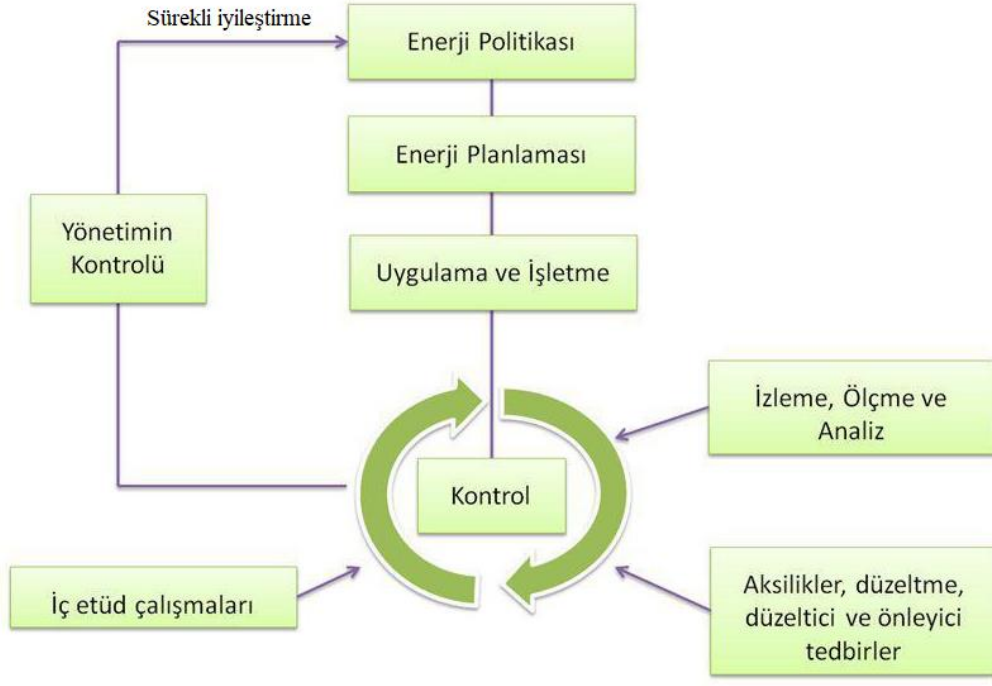
Plan: Enerji incelemesi yaptıktan sonra gerekli olan temel performans göstergelerini belirlenmesi,

Yap: Enerji yönetimi eylem planlarını uygulanması,

Kontrol et: Enerji politikası ve hedefleri karşısında enerji performansını belirleyen süreçlerin süreçlerini ve temel özelliklerini izlenmesi, ölçülmesi ve sonuçları rapor edilmesi.

Harekete Geç: Enerji performansını ve Enerji yönetim sistemlerini sürekli geliştirmek için harekete geçilmesi döngüsü üzerine kuruludur.

Şekil 2-10: ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi



Kaynak: (ISO, 2016)

ISO 50001 kapsamı, "Enerji verimliliği, enerji performansı, enerji arzı, ekipman ve sistemler kullanılarak enerji tedariki uygulamaları ve enerji kullanımı da dahil olmak üzere enerji yönetimi alanında standardizasyon" olarak ifade edilmiştir. Standardın, endüstri, ticaret ve kurumsal sektörler de dahil olmak üzere dünyanın enerji kullanımının %60'ını etkileme potansiyeline sahip olduğuna inanılmaktadır. Listelenen bazı amaçlar arasında aşağıdakiler bulunmaktadır (Ginley David ve Cahen, 2012: 522).

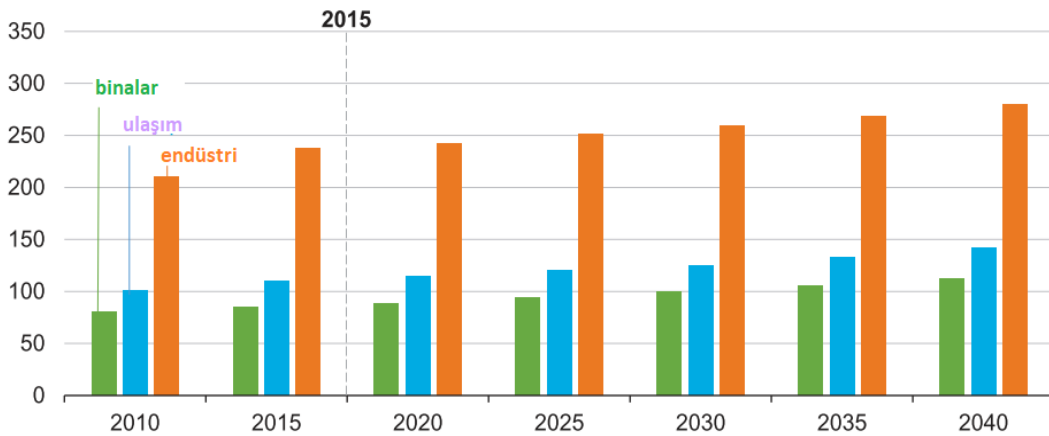
- Kuruluşlara mevcut enerji tüketen varlıklarını daha iyi kullanmalarında yardımcı olur.
- Enerji yoğunluğundaki iyileştirmeleri ve bunların sera gazı emisyonlarının azaltılması üzerine öngörülen etkisini kıyaslama, ölçme, belgeleme ve raporlama konusunda rehberlik eder.

- Şeffaflık yaratın ve enerji kaynaklarının yönetimi ile ilgili iletişimi kolaylaştırır.
- Enerji yönetimi en iyi uygulamalarını teşvik etmek ve iyi enerji yönetimi davranışlarını güçlendirir.
- Yeni enerji verimli teknolojilerin uygulanmasını değerlendiren ve öncelik veren tesislere yardımcı olur.
- Tedarik zinciri boyunca enerji verimliliğini artırmak için bir çerçeve sağlayın.
- Sera gazı emisyon azaltma projeleri bağlamında enerji yönetimi geliştirmelerini kolaylaştırır.

2.5.2. Sektörlere Göre Enerji Yönetimi

Son kullanıcılara dağıtılan enerji tüketim modellerini anlamak, küresel enerji kullanımının geleceği için önemlidir. Günümüzde sıvı yakıtların hakim olduğu ulaşım sektörünün dışında, konut ve sanayi sektörlerinde enerji kullanımının karışımı, enerji kaynaklarının kullanılabilirliği, ekonomik kalkınma düzeyleri, siyasi, sosyal ve demografik faktörler gibi bölgesel faktörlerin kombinasyonuna bağlı olarak bölgelere göre değişir (E.I.A., 2016: 11). Tipik sanayileşmiş bir ülke için nihai tüketim, sektörler arasında kabaca şöyle paylaşılabilir: %30 sanayi, %25 ulaşım, %28 konut ve konut olmayan binalar, %2 tarım, %5 enerji dışı kullanımlar ve %10 enerji sanayisidir (Petrecca, 2014: 27).

Şekil 2-11: Dünya’da Sektörlere Göre Enerji Tüketimi



Kaynak: E.I.A. Uluslararası Enerji Görünümü, Eylül 2017

2010 ile 2040 arası dünya endüstri sektöründe enerji tüketimi yaklaşık %20'lik bir artış göstermektedir. Bu tüketimde en büyük payı enerji yoğun çalışan imalat sektörü elinde tutmaktadır. Diğer alt sektörlerin yıllar içinde tüketim oranları çok değişiklik göstermemekle birlikte enerji yoğun imalat sektörünün tüketim payı yıllar içinde artacağı öngörülmektedir.

Enerji tüketimi ile devam eden sera gazı emisyonları ve kirlilikler, iklim değişikliğinin ana nedeni olmakla birlikte, başlıca enerji tüketen sektörler için daha güçlü gayretler gösterilmesi gerekmektedir. Bunlar bina, ulaştırma ve sanayi sektörleri olarak tanımlanmaktadır. Enerji talebi, enerji verimliliği tedbirleri ve enerji yönetim sistemleri uygulanarak etkili bir şekilde azaltılabilir. Yenilenebilir enerji kaynakları yoluyla verimlilik önlemleri uygulanarak enerji talepleri karşılanır ve CO² emisyonları neredeyse sıfırlanabilir (Weber, 2018: 53). Şimdi sırasıyla bu sektörlerdeki genel durumu ve iyileştirme seçeneklerini daha yakından inceleyelim.

2.5.2.1. Binalarda Enerji Yönetimi

Binalarda tüketilen enerji, konut ve ticari amaçlı olarak dünya çapında toplam enerji tüketiminin beşte birini oluşturmaktadır. Binalardaki toplam dünya enerji tüketimi, 2012'den 2040'a kadar yılda ortalama %1,5 oranında artacağı beklenmektedir (E.I.A., 2016: 11).

Bina tasarımları, inşası, işletilmesi ve binalardaki faaliyetler, enerji ile ilgili sürdürülebilirlik sorunlarının çözümüne önemli katkıda bulunan unsurlar olduğundan binalar sürdürülebilir bir geleceğin anahtarıdır. Binalardaki enerji talebinin azaltılması bu zorlukların çözümünde en önemli rollerden birini oynayabilir (GEA, 2012: 653).

Konut sektöründe enerji kullanımı, ulaşım haricinde haneler tarafından tüketilen enerji olarak tanımlanmaktadır. Binalarda enerji yönetimi, konfor sağlamak ve fonksiyonel ihtiyaçları tam olarak karşılamak için kapalı ortam koşullarını korurken enerji kullanımının ve maliyetin kontrol edilmesidir. Hane halkları tarafından kullanılan enerji çeşitleri ve miktarı, bölgeler ve ülkeler arasında ve bölgeler arasında büyük farklılıklar gösterebilir (American Society of Heating ve Air-Conditioning Engineers, 2015: 1).

Sürdürülebilir yeşil binalar oluşturma konusundaki güncel uygulamaları tamamlayıcı yeni teknolojiler sürekli geliştirilmektedir. Yeşil binalar, aşağıda sayılan amaçlar doğrultusunda tasarlanmalıdır (E. Papadopoulou, 2012: 12):

- Enerji, su ve diğer kaynakları verimli bir şekilde kullanma
- Hane halkının sağlığını korumak ve çalışan verimliliğini arttırmak
- Atıkları, kirliliği ve çevresel bozulmayı azaltmak

Bina sahipleri ve operatörleri tarafından enerji tüketimini ve maliyetlerini kontrol eden özel süreçler, yapı tiplerine göre değişkendir. Enerji yönetimi noktasında konutlar ve küçük ticari işletmeler gibi küçük binalar için genellikle bir kişinin çabası yeterlidir. Enerji yönetimi prosedürleri mümkün olduğunca basit, spesifik ve doğrudan olmalıdır. Öte yandan, hastane veya üniversite yerleşkeleri, sanayi kompleksleri veya büyük büro binaları gibi büyük veya kompleks tesisler, genellikle ekip çalışması ve süreç gerektirir (American Society of Heating ve Air-Conditioning Engineers, 2015: 1). Bina enerji yönetimi sürekli bir kalite kontrol süreci şeklinde olmalıdır (Henze, 2001: 106)

Enerji yönetim sistemleri yıllık bina enerji tüketiminin ortalama %10'unu tasarruf etme kapasitesine sahiptir. Diğer taraftan, soğuk iklim bölgelerinde kullanıldığında, üretim ve kullanım için ihtiyaç duydukları enerjiden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının en az 40 katını önleyebilir (Beucker vd., 2016: 223). Genel olarak, enerji yönetim sistemleri ekipmanları kontrol ederek enerji tasarrufu sağlar ve yönetilmesini mümkün kılar. Böylelikle (E. Papadopoulou, 2012: 4):

- Ekipman yalnızca gerektiğinde çalışır,
- Ekipman gerekli minimum kapasitede çalışır
- Yoğun saatlerde elektrik talebi en aza indirilir.

İnşaatçılar tipik olarak inşaat sırasında işletme maliyetlerini göz önünde bulundurmazlar çünkü tüketiciler bu aşamada araştırmazlar ve genellikle başlangıçta daha verimli bir şekilde inşa etmek daha pahalıdır. Ancak binayı kullanım aşamasında işin içine enerji maliyetleri de girdiğinde çok daha pahalı sonuçlarla karşılaşılır. Enerji

verimliliği geliştirme kodları inşaatlarda kontrol mekanizması sağlayan standartlardır. Bu kodlara sahip olmayan alanlar üreticilerin son derece verimsiz binalar oluşturmasını mümkün kılar. Birçok ülke sadece zorunlu tutulmasından daha fazla çaba gerektirdiğinden bu kodların uygulanması konusunda sıkıntılar yaşamaktadır (Long vd., 2011: 213). Eğer ülkeler bu kodları zorunlu kılma ve uygulama konularında daha dirayetli davranırlarsa, üreticiler (inşaatçılar) için şart koşulan gereksinimler daha uyumlu hale gelebilir ve daha fazla uygulamadan elde edilen tecrübelerden faydalanabilirler. Sonuç olarak tüketiciler güvenilir asgari bir enerji performansında kullanacakları binalardan ciddi düzeyde enerji tasarrufu elde edeceklerdir.

2.5.2.2. Ulaştırma Enerji Yönetimi

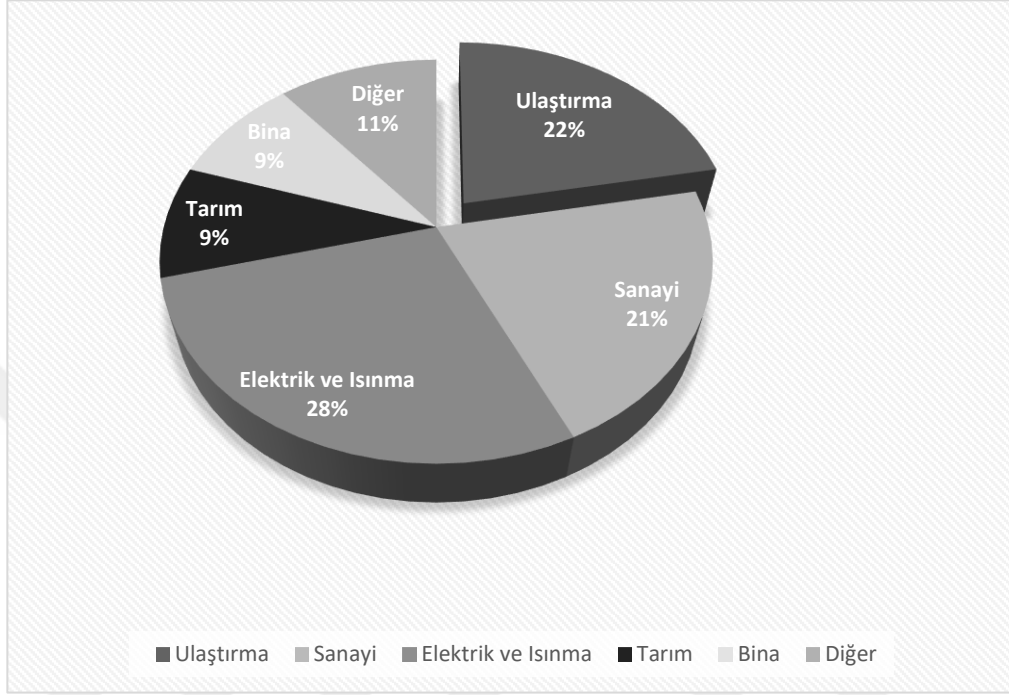
Taşımacılık sektöründe enerji kullanımı, insanların ve malların kara, demiryolu, hava, su ve boru hatları ile taşınırken tüketilen enerjiyi kapsamaktadır. 2012 yılında toplam dünya enerji tüketiminin % 25'ini taşıma sektörü oluşturmaktadır ve ulaşımda enerji kullanımı 2012'den 2040'a %1,4 oranında artacağı öngörülmektedir. Avrupa Birliği'nde ise bu oran 2012 yılında %22 olarak ölçülmüştür (Şekil 2-12).

Ulaştırma sektöründe enerji talebindeki artış büyük oranda OECD dışı ülkeler için öngörülen artışların bir sonucudur. Bunun nedeni, GSYİH'da hızlı kazançların yaşam standardını yükselttiği ve dolayısıyla tüketicilerin mallara olan talebini karşılamak için kişisel seyahat ve yük taşımacılığı talebi de hızla artmasıdır. OECD dışı ülkelerde ulaşım için enerji kullanımı yıllık %2,5'lik bir büyümeye kıyasla, OECD ülkelerinde yıllık ortalama %0,2 oranında bir artış göstermektedir. Buralarda tüketim seyirleri iyi belirlenmiş olması ve ulusal ekonomilerin ve nüfusun yavaş büyümesi ve araç verimliliği iyileştirmeleri, ulaşımda enerji talebinin artmasına engel olmaktadır (E.I.A., 2016: 13).

Enerji, ulaşım ve sürdürülebilir kalkınma konusundaki tartışmalar sürdürülebilir kalkınma öncelikleri ve iklim değişikliği tartışmalarıyla ilgilidir. Ana kaygı, sera gazı (GHG) emisyonları ve hava kirliliği gibi benzin tüketiminin olumsuz etkileridir. Taşımacılık endüstrisi dünyanın en büyük ikinci enerji tüketicisidir. Dünya toplam enerji tüketiminin %30'undan fazlasını tüketir. Gelişmekte olan ülkelerde taşıma sektörü ekonomiye önemli katkılar sağlamakla birlikte çevreye verdiği olumsuz

etkileri açıktır (Danish vd., 2018: 2). Bu nedenle, düzenli bir ulaştırma sisteminin genel olarak yakıt tüketimi ve çevre üzerinde önemli bir etkisi olacağı açıkça görülmektedir.

Şekil 2-12: Avrupa Birliği'nde Sektörel Sera Gazı Emisyonu (2007)



Kaynak: (Sperling ve Yeh, 2012: 4)

Ekonomiyi karbondan arındırmak ve petrol bazlı taşımacılıktan uzak tutmak, sıklıkla iklim değişikliğini azaltma bağlamında ele alınmaktadır. Ancak, dünya petrol üretiminde öngörülen zirveye yakında ulaşılabileceği ve sonunda gaz ve kömürün kıt hale geleceği ihtimali, dünyayı fosil yakıtlardan ayırmak için daha cazip bir neden olmasını sağlamaktadır (Sperling ve Yeh, 2012: 12).

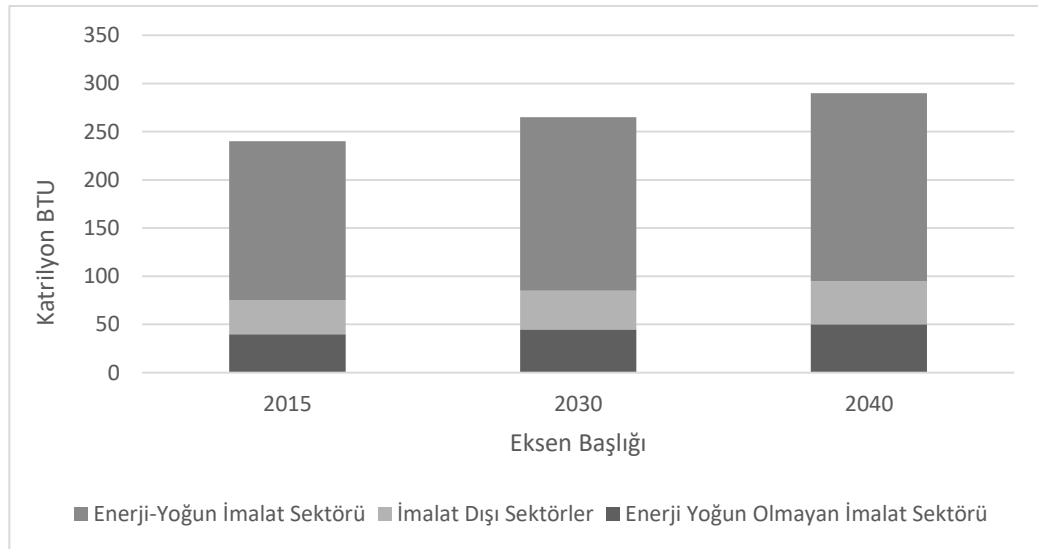
Ulaşım sektöründe geline nokta, enerji güvenliğini tehdit etmeden ve tüketicilere makul bir maliyetle emisyonları radikal bir şekilde azaltabilen imkanlar sunmaktadır. Ulaştırma sektörü daha az enerji tüketerek, daha modern bir altyapıyı kullanmalı ve doğal kaynakların olumsuz etkilerini en aza indirmelidir. Diğer taraftan, daha yoğun küresel kaynak kısıtlamalarına gidilmeden halihazırda alınabilecek çok daha basit tedbirler vardır. Günlük yaşantımızda ufak değişiklikler yaparak toplu taşımayı kullanmak, arabaları daha fazla kişiyle paylaşmak ve bisiklet kullanımı kaynaklarımızı korumak için atılabilecek adımlar olabilir.

2.5.2.3. Sanayide Enerji Yönetimi

Sanayi sektöründe enerji verimliliği, 1970'lerin başlıca işlevlerinden biri olarak görülmeye başlamıştır. O zamandan beri dünya, ekonomik olarak daha da büyürken, enerji verimliliğini artırarak enerji bütçesini azaltmış ve çevreyi korumanın önemini fark etmiştir (Abdelaziz vd., 2011: 154). Enerji maliyetlerine ek olarak, enerji verimsizliği yüksek çevre maliyeti oluşturur (Amundsen'den aktaran Jovanović ve Filipović, 2016). Endüstrinin büyük enerji kullanımı ve geniş enerji tasarruf potansiyeli, enerji verimliliğini artırmak suretiyle enerji güvenliği ve iklimsel etkilerini hafifletmek için cazip bir hedef haline getirmektedir (Tanaka, 2011: 6532).

Sanayide enerji kullanımı işleme, montaj, buhar, işlem ısıtması, soğutma ve binalar için aydınlatma, ısıtma ve klima gibi geniş amaçlarla imalat, tarım, madencilik ve inşaat gibi çeşitli gruplar tarafından kullanılır. Endüstriyel enerji talebi, diğer faktörlerin yanı sıra, ekonomik faaliyetin ve teknoloji gelişiminin seviyesine ve karışımına dayalı olarak, bölgeler ve ülkeler arasında değişir. Endüstriler diğer son enerji kullanıcı sektörlerle karşılaştırıldığında dünyada en fazla tüketime sahip sektör olarak karşımıza çıkmaktadır. Amerika Enerji Enformasyon İdaresi verilerine göre dünyada toplam dağıtılan enerjinin % 50'sinden fazlasını sanayi sektörü tüketmektedir. Bunlar içinde en büyük payı enerji yoğun imalat sektörü elinde tutmaktadır (E.I.A., 2017a: 18).

Şekil 2-13: Dünya Sanayi Sektöründe Enerji Tüketimi



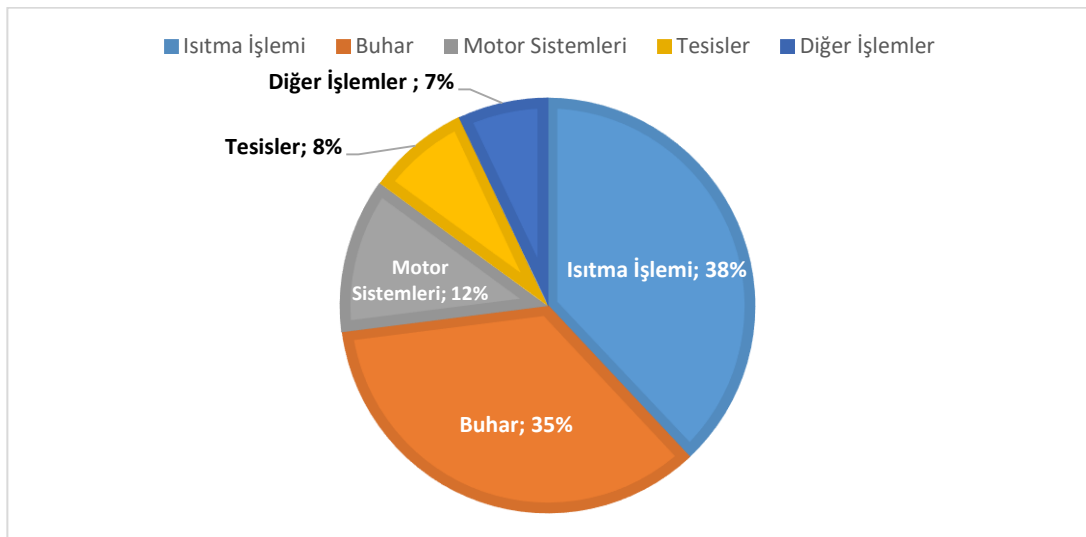
Kaynak: E.I.A. Uluslararası Enerji Görünümü, Eylül 2017

Kapsamlı bir enerji yönetimi programı neredeyse her zaman bir yatırım getirisi sunacak ve maliyet açısından rekabet gücünü artıracaktır. Bu, özellikle genel gider maliyetinin önemli bir kısmının enerji maliyetlerinden kaynaklandığı enerji yoğun sanayiler için geçerlidir (Bush, 2003: 32).

Uzun vadede pazar lideri olma hedefini taşıyan bir şirkette, enerji tüketiminin yönetimi ve işletilmesi gereklidir. Sanayi sektöründe enerji verimliliği konusunda sürekli ve başarılı gelişmeler yaşanmış olmasına rağmen enerji verimliliğini artırma potansiyelinin önemli bir kısmı halen kullanılmamaktadır. Bu potansiyel sektörde yarından fazlasını temsil etmektedir. Gerçek etkili enerji verimliliği seviyesi ile teorik olarak erişilebilen enerji verimliliği arasındaki bu uçuruma, bütün maliyet-etkin teknolojilerin uygulanması göz önüne alındığında, *enerji verimliliği boşluğu* olarak ifade edilir (Schulze vd., 2016: 3692).

Enerji yönetimi sistemleri sanayi tesislerine, enerji yönetimi için sürekli iyileştirmeye katkıda bulunabilecek enerji verimliliği projelerini kolayca hayata geçirme fırsatları sunar. Bununla birlikte, günümüzde çoğu piyasa ve politika yapımcılar küçük iyileştirme potansiyeli olan kısa vadeli bireysel sistem bileşenleri üzerine (örneğin, motorlar, kompresörler, pompalar, kazanlar) odaklanma eğilimindedirler. Enerji yönetim sistemleri bu bileşenlerden daha fazla iyileştirme sağlanabilecek potansiyelleri içermektedir.

Şekil 2-14: İmalat Sektöründe Enerji Kullanımı



Kaynak: (GEA, 2012: 534)

Enerji yönetiminin kapsamı, yalnızca tesislerdeki ısıtma, havalandırma ve klima sistemleri ile sınırlandırılmamalı, altyapı inşa etmek, atık yönetimi, tedarik zinciri ağları, ürün tasarımı, ulaşım ağları ve tesis ekipmanları optimizasyonuna kadar uzanması zorunlu görülmektedir. Dahası, işletmeler daha etkili maliyet yönetimi stratejileri için akıllı şebeke / sayaç sistemleri ve yenilenebilir enerji kaynaklarını benimsemeli ve böylelikle uzun vadeli sürdürülebilirliklerini geliştirmelidir.

Endüstride enerji verimliliğinin artırılması, endüstriyel enerji sistemlerinin karmaşıklığının yüksek olması nedeniyle de zordur. İlgili destek süreçlerine sahip üretim sistemleri, tek bir şirkette bile farklı alanlarda enerji performansı açısından farklılık gösterebileceğinden geliştirilebilirliği zordur ve ölçek avantajını zorlayan endüstriyel alanlar arasında farklılıklar göstermektedir. Endüstride gelişmiş yüksek enerji verimliliği karmaşıklığı göz önüne alındığında, endüstriyel enerji kullanımını yönetmek için sistematik bir yaklaşıma şiddetle ihtiyaç duyulmaktadır (Schulze vd., 2016: 3692). Diğer taraftan, yapılmış ampirik araştırmaların sonuçlarına göre, enerji programlarında beklenen ilgi bulunamamıştır ve bir endüstride program kabul kriterleri hakkında açık bir anlayış mevcut değildir (Sa vd., 2017: 538).

Sanayilerde enerji yönetim sistemlerini finanse etmek ve uygulamak için destekleyici politikalarla birlikte ileriye yönelik düşünmeyi ve sürekli yatırım yapmayı gerektiren kurumsal mekanizmalar gereklidir. Bu koşullarda bazı kurumsal firmalar yatırımlarını yapmaktadır ancak büyük bir enerji sistemi dönüşümü yaratmak için daha birçok şirket yenilikçi mekanizmalar yoluyla güçlendirilmeli ve bu sistemleri yaygın şekilde uygulamalıdır.

2.6. Enerji Yönetimi Uygulamaları

Enerji yönetimi alanındaki çalışmalar olgunlaştıkça, çok sayıda enerji verimliliği projesinden edinilen bilgiler enerji yönetiminde, geleneksel taktik uygulamalardan (bir defalık "kurma ve bırakma" projeleri) daha kapsamlı iyi uygulamalara (yönetimin aktif ömrü boyunca dahil edilmesine) doğru geçiş yapmaktadır (Van Gorp, 2004: 59). İşletmeler enerjiyi, bir organizasyonun kullandığı herhangi bir kaynak gibi ele almayı, sürekli gözden geçirerek yönetirlerse enerji-verimli bir yapıya kavuşabilirler.

Enerji yönetimi uygulamalarının ekonomik ve çevresel olarak faydaları bilinmekle birlikte, firmaların bunları uygulama oranları teknolojik, ekonomik, örgütsel ve benzeri engellerden dolayı günümüzde olması gerekenin çok altında kalmaktadır. Engellerin yanı sıra maliyetleri azaltıcı, yeşil bir görüntü sunmaları gibi pozitif çıktıları itibariyle yönetim açısından enerji verimli tedbirlerin alınmasını sağlayan motive edici ve destekleyici faktörlerin varlığı da iyi anlaşılmalıdır.

Enerji yönetimi programının tasarlanması programın başarılı bir şekilde uygulanmasında ilk ve en önemli adımı oluşturur. Enerji yönetimi programını geliştirmek ve sürdürmek için programın koordinasyonundan sorumlu bir kişinin atanması (Enerji Yöneticisi) gereklidir. Başarılı enerji yöneticileri, enerji yönetiminin kurumun finansal ve çevresel hedeflerine ulaşmasında önemli rol oynarlar.

2.6.1. Enerji Yönetim Sistemi Uygulanmasında Karar Verme Süreci

Enerji yönetimi tekniklerinin ekonomik ve çevresel olarak faydaları bilinmekle birlikte çok çeşitli enerji verimliliği tekniklerinin varlığını da göz önüne alacak olursak, firmaların bunları uygulama oranları günümüzde çok düşüktür (Anderson ve Newell, 2004: 28; Cagno vd., 2013: 291; Trianni vd., 2016: 199).

Düşük enerji maliyeti olan şirketler için bile, azaltılmış enerji maliyetleri veya gelişmiş enerji verimliliği karlılık üzerinde çok büyük bir etkiye sahip olabilir. Bununla birlikte, şirketler genellikle olumlu bir getiri oranına rağmen enerji verimliliği tedbirleri uygulamakta başarısız olurlar. Bu enerji verimliliği boşluğu olarak ifade edilir (Johansson ve Thollander, 2018: 618). Teoride maliyeti azaltıcı enerji verimliliği fırsatları ile pratik olarak elde edilen seviyeler farklılık göstermektedir. Bu nedenle, engellerin ve destekleyici faktörlerin belirlenmesi, firmaların enerji yönetim sistemleri uygulamalarına karar verme süreçleri için gereklidir (Cagno vd., 2015: 26).

Enerji, demir-çelik ve maden işleme endüstrisi gibi enerji yoğun endüstri işletmeleri, enerji verimliliğine yatırım yaparak elde edilecek potansiyel maliyet tasarruflarının çoğunlukla farkındadırlar. Bu şirketlerin yüksek enerji maliyet payı, verimlilik potansiyellerini bulmak ve gerçekleştirmek için güçlü bir ekonomik teşvik sağlar. Aynı şekilde, enerji verimliliğine yatırım yapmak, enerji yoğun işletmelerdeki

temel üretim süreçlerini doğrudan etkiler; enerji kullanımı, yatırım kararları arasında otomatik olarak düşünülür. Buna karşılık, ticari ve hizmet sektörlerinde, enerji maliyet payı genellikle düşüktür ve enerji verimliliğine yapılan yatırımlar çekirdek üretim süreçlerini nadiren etkiler. Buna ek olarak, bu sektördeki şirketler genellikle küçük olduğundan, enerji yönetimi için ek masraflar veya personel yetiştirme maliyetleri gibi enerji verimliliği yatırımlarıyla ilişkili dolaylı veya gizli masrafların engelleyici olması muhtemeldir (Schleich ve Gruber, 2008: 452-453).

Enerji verimliliğinde bir iyileşme sağlamak için, karar verme sürecini oluşturan birkaç adımdan geçmek gerekmektedir. Bir karar verici bu adımlardan bir veya birkaçı sırasında bir engelle karşılaşrsa, yatırım değerlendirmesinin ilerlemesi ertelenecek veya kesilecektir. Bu sürecin ilk adımında, enerji verimliliği konularında farkındalık sağlanmalı, ardından ihtiyaçlar ve fırsatların belirlenmesi, teknoloji tanımlanması ve etkin müdahalenin planlanması takip edilmelidir. Finansal analiz ve finansman beşinci aşamayı temsil ederken, son adım etkili kurulum, devreye alma ve eğitim konuları ile ilgilidir (Cagno vd., 2015: 27). Enerji verimliliği tekniklerinin uygulanmasıyla ilgili karar alma sürecinde engeller ve destekler üzerine yapılan araştırmalar enerji verimliliği açığını kapatmak veya azaltmak için ortak nedenleri ve çözümleri bulmaya çalışması değerli bir bilgi kaynağıdır. Münferit vaka incelemelerinden genelleme yapmak mümkün olmasa bile, birkaç vaka çalışmasındaki deneysel bulguları analiz etmek, genel kalıpları ortaya çıkarabilir ve endüstride etkili enerji yönetimi için başarı faktörlerini tanımlamaya yardımcı olabilir (Johansson ve Thollander, 2018: 618).

2.6.1.1. Enerji Yönetimi Uygulanma Kararının Önündeki Engelleri

Özel ve kamu kuruluşları ya da bireysel hane halkı düzeyinde enerji tüketimini azaltacak teknolojilerin ve uygulamaların hayata geçirilmesi bazı nedenlerle mümkün olmamaktadır. İşlem maliyetleri, gizli maliyetler, yatırımcı / kullanıcı ikilemi, teknolojik ve finansal riskler veya örgütsel ve davranışsal kısıtlamalar gibi engeller, enerji verimliliği tedbirlerinin gerçekleştirilmesini engelleyebilir (Schleich ve Gruber, 2008: 449). Önemli engelleri belirleyerek ve daha sonra bunlara odaklanarak bir organizasyonun enerji verimliliğini daha etkin bir şekilde geliştirmesi için müdahale edilebilir (Lunt vd., 2014: 392). Enerji verimliliği ile ilgili araştırma, genellikle teknolojik ve sistem iyileştirmeleri üzerinde yoğunlaşırken, enerji yönetimi ve örgütsel

araçlara nispeten ihmal edilmiştir. Bir iç enerji yönetimi programı belki de bir endüstriyel şirketin engelleri aşabileceği ve enerji verimliliğini geliştirdiği en önemli araçtır (Thollander ve Palm, 2013: 85).

Engeller, enerji tasarruflu teknolojilere yatırımları göz ardı eden bir geri-çekilme faktörü veya yatırımın önündeki maniler olarak görülebilir ve değişkenin gelecekteki değeri ile ilgili bir belirsizlik olarak tanımlanan risk terimi ile karıştırılmamalıdır. (Sudhakara Reddy, 2013: 403). Almanya'da, insan gücü maliyeti çok yüksektir ve enerji nispeten ucuzdur. Örneğin, bir KOBİ enerji ile ilgili faaliyetleri incelemek için teknik yeterliliğe sahip bir enerji yöneticisi istihdamına (usta bir zanaatkar veya teknisyen) karar verirse, yıllık işgücü maliyeti (maaş) yaklaşık 60.000 Avro olacaktır. Tahakkuk eden tasarruflar yaklaşık %10 ise ve eğer enerji yöneticisine enerji tasarruflarından ödenecek olursa, KOBİ'nin yıllık enerji maliyeti 600.000 Avro'dan daha fazla olmalıdır. Böyle bir enerji maliyeti için, yıllık enerji tüketimi 4-10 GWh aralığında olur, ancak çoğu KOBİ'nin enerji tüketimi yılda 2 GWh'den azdır. Bu koşullar altında, yalnızca enerji tasarrufu, belirli bir enerji yöneticisini ödemez. Bu maliyet faktörü, KOBİ'de bir enerji tasarrufu kampanyasının benimsenmesini engelleyen bir örnektir (Kannan ve Boie, 2001: 946).

Reddy 'Enerji Verimliliği İyileştirmelerindeki Engeller' konusundaki ilgi çeken çalışmasında, engelleri şu şekilde sınıflandırmıştır: (a) tüketici ile ilgili, (b) ekipman üreticisi ile ilgili, (c) kamu hizmetiyle ilgili, (d) finans kuruluşuyla ilgili ve (e) devletle ilgili (Sudhakara Reddy, 2013). Weber tarafından geliştirilen sınıflandırma (a) Politik engeller: Politik kurumların, yani devlet yönetiminin, yerel yönetimlerin vb. neden olduğu engeller; (b) Pazar engelleri: Piyasaya kısıtlanan engeller; (c) Örgütsel engeller: Örgütlerde, özellikle firmalardaki engeller ve (c) Davranışsal engeller: Bireyler içindeki engeller (Schleich'den aktaran Sudhakara Reddy, 2013: 406).

Enerji yönetiminin benimsenmesinin önündeki engeller başarısızlıklar açısından sınıflandırılabilir, açıklayabilir ve bunlara göre kısa vadeli politika seçenekleri değerlendirmek için veri sağlayabilirler. Literatürde yapılan çalışmalar basit listelerden başlar, engellerin yararlı ve mantıksal sınıflandırmalarına kadar geniş bir yelpazede karşımıza çıkmaktadır.

Tablo 2-3: Enerji Yönetiminde Engelleyici Faktörlerin Gruplandırılması

Engeller Grubu	Engelleyici Faktörler
Teknoloji ile ilgili	Teknolojilere uygun değil Teknolojileri mevcut değil
Bilgiyle İlgili	Maliyetler ve faydalar hakkında bilgi eksikliği Teknoloji sağlayıcıları tarafından net olmayan bilgiler Bilgi kaynaklarının güvenilirliği Enerji sözleşmeleri ile ilgili bilgi sorunları
Ekonomik	Düşük sermaye kullanılabilirliği Yatırım maliyetleri Dış riskler Yatırımın yeterince karlı olmaması Yatırım ile ilgili riskler Gizli maliyetler
Davranışsal	Diğer öncelikler Amaçların paylaşılabilmesi Enerji verimliliği müdahalelerine duyulan ilgi eksikliği Değerlendirme kriterlerinin eksikliği Durağanlık
Örgütsel	Zaman eksikliği Farklı menfaatler İç kontrol eksikliği Karmaşık karar zinciri Düşük enerji verimliliği durumu
Yeterlilik-ilişkili	Müdahalelerin uygulanması Verimsizliklerin belirlenmesi Fırsatların belirlenmesi Dışsal becerilerin toplanmasında zorluklar
Farkındalık	Bilinç eksikliği

Kaynak: (Cagno vd., 2013: 296)'den uyarlanmıştır.

Engellerin kategorize edilmesi, farklı yazarların farklı yaklaşımların kullanması anlamında literatürde tartışmalıdır. Aynı şekilde, bu kategoriler arasında bazı çakışmalar vardır.

Prensip olarak, politika müdahaleleri, tanıtım faaliyetleri ya da örgütsel önlemler, bu tür engellerin üstesinden gelmeye yardımcı olabilir ve yalnızca ekonomik verimliliği ve rekabet gücünü artırmakla kalmaz aynı zamanda ulusal ve uluslararası

sera gazı emisyon hedeflerine ulaşılmasına yardımcı olur. Enerji verimliliği engellerinin doğasını ve uygunluğunu araştıran ampirik analizler, etkili politikaların tasarımı için önemli bilgiler sağlar. (Schleich ve Gruber, 2008: 450).

2.6.1.2. Enerji Yönetimini Destekleyici Faktörler (İtici Güçler)

Engellerin yanı sıra, tüketicileri enerji açısından verimli önlemler almayı sağlayan isteklendirme ve teşvik edici güçleri anlaşılması gerekmektedir. Tüketici tercihlerine ve karar vermeye yönelik bilgiler ve diğer paydaşların davranışları, enerji verimliliği önlemlerine iten süreci daha iyi anlamalarına katkıda bulunur (Sudhakara Reddy, 2013: 414).

Enerji verimliliği potansiyeli, enerji verimli teknolojinin uygulanmasını başarılı enerji yönetimi uygulamaları ile birleştirerek artırılabilir. Yapılan araştırmalar, enerji verimliliğini artırmak için gerçek hırsla sahip çalışanların, iyileştirme önlemlerini vurgulayıp, uygulamaları çok önemli bir itici güç olduğunu göstermektedir (Johansson ve Thollander, 2018: 622).

Teşvik edici dinamikler, enerji verimliliği alanında özel yatırımları teşvik eden faktörler olarak düşünülebilir, başka bir deyişle, bir projenin uygulanmasını (fizibilite) kolaylaştıran ve / veya bir yatırımın getirisini arttıran / azaltan (kârlılığı) her faktör itici güç olarak düşünülebilir (Sudhakara Reddy, 2013: 403). Bir diğer deyişle hem enerji verimli teknolojilerin hem de uygulamaların benimsenmesini kolaylaştıran, böylece yatırım görüşünün ötesine geçen ve enerji açısından verimli bir kültür ve bilinçlendirmeyi içeren etkenlerdir (Cagno ve Trianni, 2013: 277).

Teşvik edici faktörlerin yokluğu durumunda enerji yönetimi uygulaması olması gerekenden daha yavaş ve daha verimsiz bir şekilde zorlaşır. Bir enerji yöneticisi ve onun eylemleri, liderliği, destekleyici bir faaliyeti, bir politika veya vizyonu, bir amacı ve hedefi, bir gözden geçirme, konuşmalar gibi destekleyici faaliyetler ve kaynaklar sağlama ve insanları motive etmeye ve iyileştirme girişimlerine ivme kazandırmaya yönelik diğer bu tür eylemler olası destekleyici faktörlerdir. Yeni büyük programların veya sistemlerin uygulanması, hızlarını, yönetim desteğini ve çalışanların katılımını sürdürmeleri için bu desteklere ihtiyaç duyulmaktadır (Howell, 2015: 241).

Aşağıdaki tabloda 23 tane destekleyici faktör, sırasıyla eylem türüne göre düzenleyici, ekonomik, bilgilendirici ve mesleki eğitim başlıklarında 4 gruba ayrılmıştır (Trianni'den aktaran Cagno vd., 2015: 27):

Tablo 2-4: Enerji Yönetiminde Destekleyici Faktörlerin Gruplandırılması

Destekleyici Gruplar	Destekleyici Faktörler
Düzenleyici	Bilginin açıklığı Yasal kısıtlamalara bağlı verimlilik Dış enerji denetimi Yeşil görüntü Enerji tarifelerinin arttırılması Uzun vadeli enerji stratejisi Teknolojik çekicilik Bilgi güvenilirliği Gönüllü anlaşmalar Rekabet etmeye istekli olma
Ekonomik	Düşük enerji kullanımından maliyet azaltma Gerçek masraflarla ilgili bilgiler Yönetim desteği Kamu yatırımları teşvikleri Özel finansman
Bilgi verici	Bilginin Paylaşımı Farkındalık Dış işbirliği Enerji dışı faydalar hakkında bilgi Gerçek istekli yönetim Gerçek istekli personel
Mesleki Eğitim	Eğitim ve öğretim programları Teknik destek

Kaynak: (Trianni'den aktaran Cagno vd., 2015: 27)'den uyarlanmıştır.

Firma büyüklüğünün gerekli itici faktörlerin algılanması üzerinde bir etkisi olduğu görülmektedir. Gerçekten de, KOBİ söz konusu olduğunda, büyük heves ve girişimci zihin yapısının yanı sıra - az önemle de olsa - yönetim duyarlılığına sahip insanlar, daha fazla enerji verimli üretim arayışında önemli rol oynamaktadır (Cagno ve Trianni, 2013: 284).

Enerji yönetimi uygulamalarının faydaları bilinmekle birlikte, firmaların bunları uygulama oranları günümüzde olması gerekenin çok altında kalmaktadır. Engellerin yanı sıra enerji verimli tedbirlerin alınmasını sağlayan motive edici ve destekleyici

faktörlerin varlığı da iyi anlaşılmalıdır. Enerji verimliliği tekniklerinin uygulanmasıyla ilgili karar alma sürecinde engeller ve destekler üzerine yapılan araştırmalar enerji verimliliği açığını kapatmak veya azaltmak için ortak nedenleri ve çözümleri bulmaya çalışması açısından önemlidir.

2.6.2. Enerji Yönetimi Programının Tasarlanması

Bir organizasyonun kullandığı herhangi bir kaynak gibi, enerji doğru bir biçimde yönetilirse enerjiyi verimli bir şekilde kullanmış olacaktır. İyi bir enerji yönetimi, teknik enerji tasarrufu tedbirlerinden en iyi şekilde yararlanmak koşuluyla yüksek enerji tasarrufu sağlamak için gereklidir (Energywise, 2012: 66-67).

Bir enerji yönetimi programının başarıyla başlatılmasına fayda sağlayacak birkaç madde aşağıda sıralanmıştır (Capehart vd., 2012: 21):

1. Programın başlangıcı görünürlüğü
2. Programa yönetim taahhüdünün gösterilmesi
3. İyi bir başlangıç enerji yönetimi projesinin seçimi

Yönetim taahhüdünü elde etmek, genellikle, mevcut enerji kullanımı ile ilgili gerçekler, rakamlar ve maliyetlerin yanı sıra gelecek için tahminler ve öngörülen tasarrufları da gerektirir. Bu nedenle program geliştirmeyi teşvik etmekle yükümlü olan kişinin, yönetimin, programa yönelik teşvik olmadığı sürece, kavramı yönetime kabul ettirmesine yardımcı olmak için denetim ve analiz aşamasından önce bir miktar geçmişe dönük inceleme yapması gerekli olabilir.(Smith ve Parmenter, 2016)

Bir enerji yönetimi programı birçok yönden organize edilebilir, Tablo 2-5’de üç başlıkta ele alınmıştır.

Tablo 2-5: Enerji Yönetim Programı'nın Planlanması

Başlatma ve planlama aşaması
<ol style="list-style-type: none"> 1. Yönetim tarafından bir enerji yönetimi programı taahhüdü. 2. Bir enerji yöneticisinin atanması. 3. Büyük tesis ve bölüm temsilcilerinden oluşan bir enerji yönetim komitesinin oluşturulması.
Denetim ve analiz aşaması
<ol style="list-style-type: none"> 1. Yakıt ve enerji kullanımı, üretim, hava durumu, doluluk, çalışma saatleri ve diğer ilgili değişkenlerin tarihsel modellerinin gözden geçirilmesi. 2. Genel tesis değerlendirme anketi. 3. Ön analizler, çizimlerin veri sayfalarının incelenmesi, ekipman özellikleri. 4. Enerji denetim planlarının hazırlanması. 5. (i) süreçleri ve (ii) tesis ve teçhizatı kapsayan enerji denetimi. 6. Denetim sonuçlarına ve beklenen hava durumu, işlemler ve / veya üretime dayalı olarak yıllık enerji kullanımının tahmini. 7. Tarihi enerji kayıtlarıyla karşılaştırma. 8. Enerji yönetimi seçeneklerini değerlendirmek için analiz ve simülasyon (mühendislik hesapları, ısı ve kütle dengeleri, teorik verim hesaplamaları, bilgisayar analizi ve simülasyon) hazırlama. 9. Seçilen enerji yönetimi seçeneklerinin ekonomik analizi (yaşam döngüsü maliyetleri, getiri oranı, fayda-maliyet oranı).
Uygulama ve sürekli değerlendirme aşaması
<ol style="list-style-type: none"> 1. Kurum ve bağlı tesisler için enerji verimliliği hedefleri oluşturulması. 2. Sermaye yatırım gereksinimlerinin ve önceliklerinin belirlenmesi. 3. Projelerin uygulanması. 4. Sürekli farkındalık ve personelin katılımının teşvik edilmesi. 5. Ölçüm ve doğrulama prosedürlerinin oluşturulması. İzleme ve kayıt araçlarının gerektiği gibi kurulması. 6. Yöneticiler için raporlama prosedürleri kurumu ("enerji izleme" grafikleri) ve sonuçların ilan edilmesi. 7. Genel enerji yönetimi programının periyodik olarak gözden geçirilmesi ve değerlendirilmesi için öngörülmesi.

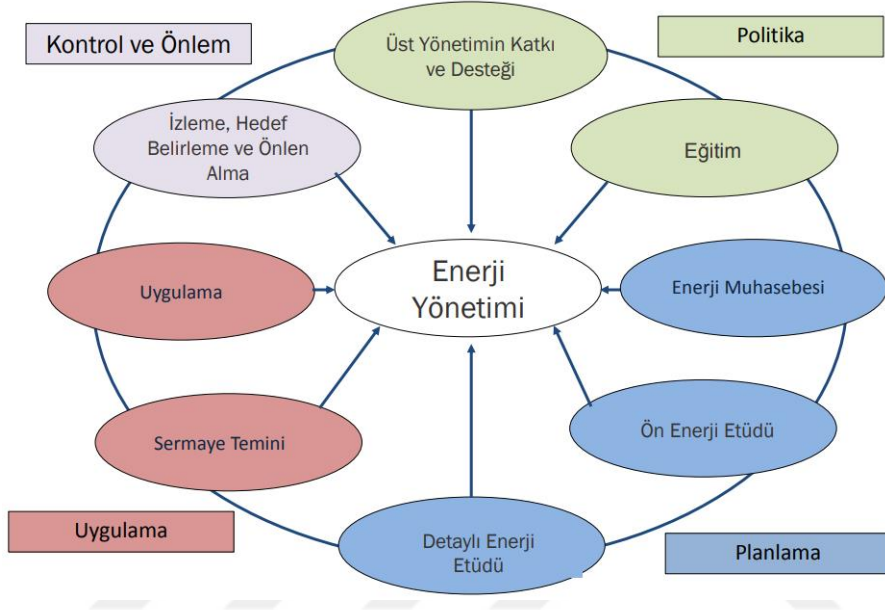
Kaynak: (Smith ve Parmenter, 2016)'den uyarlanmıştır.

2.6.2.1. Başlatma ve Planlama Aşaması

Enerji yönetimi programı başarılı olmak için başlangıçta üst yönetimin kesin bir taahhüdü gereklidir. En baştan beri, enerji tasarruf kampanyasına kıyasla enerji yönetiminin kalıcı bir faaliyet olduğunu açıkça belirtmelidir. Uygulama, işletme, üretim sürecinde teknik bilgi birikimi olan en az bir kişinin (Enerji Yöneticisi) enerjiyle ilgili tüm faaliyetlerden sorumlu tutulması gereken bir organizasyon yapısını ortaya koymalıdır. 'Özel' bir enerji yöneticisi üzerindeki personel maliyetini en aza indirmek için üretim müdürü veya tesis yöneticisi, enerji ile ilgili faaliyetlerden

sorumlu tutulabilir. Bununla birlikte, elde edilen enerji tasarrufuna bağlı olarak normal ödemesine ek olarak bir ödeme yapılması gerekir. Yeni organizasyon yapısı ve tanımlanan sorumluluklar, enerji tasarrufu gayretine daha geniş bir ilgi ve bağlılık getirecektir (Kannan ve Boie, 2001: 947).

Şekil 2-15: Enerji Yönetimi Programı



Kaynak: (Onaygil, 2015)

Çeşitli enerji verimliliği projelerinden elde edilen bilgiler, geleneksel taktik uygulamalardan stratejik enerji yönetimi uygulamalarına bir geçiş sağlamıştır. Enerji yönetimine yönelik bu stratejik yaklaşım uluslararası kuruluşlar tarafından kabul edilmektedir (Jelić vd., 2010: 614).

Enerji yönetimi programının başarısı, üst yönetiminin taahhütü, enerji yöneticisinin belirlenmesi ve programın tamamı hakkında geribildirim sağlayabilecek özenle hazırlanmış bir planın varlığı ve kalitesine göre şekillenecektir.

Enerji Yöneticisi

Enerji yönetimi programı geliştirmek ve sürdürmek için programın koordinasyonundan sorumlu tek bir kişiyi tayin edilmelidir. Enerji yöneticisi görevi hiçbir şirket çalışanının iş tanımında yoksa enerji yönetimine verilen önem diğer mesleki sorumluluklardan daha düşük önceliğe sahip olduğu anlamına gelmesi

muhtemeldir. Böyle bir yönetim modeliyle çok az bir verimlilik elde edilebilir veya hiç bir sonuç alınamayabilir (Capehart vd., 2012: 17). Diğer taraftan, kuruluşun büyüklüğüne bağlı olarak, enerji yöneticisi rolü tam zamanlı bir görev olabilir veya diğer sorumluluklara eklenebilir. Bir enerji yönetimi politikası ve yöneticisi değişiklikleri uygulamak için yetkilendirilmelidir, aksi takdirde program kuruluş içinde güvenilirliğini kaybedecektir. Ek olarak, enerji yöneticisi üst yönetimin tam desteğine sahip olmalıdır.(Energywise, 2012: 12). Bir enerji yöneticisinin görevleri dört temel kategoriye ayrılır: teknik, politika ile ilgili, planlama ve satın alma ve halkla ilişkiler. Belirli görevlerin bir listesi ve bunların uygulanması için bir plan açıkça belgelenmeli ve organizasyondaki bireylere bildirilmelidir (American Society of Heating ve Air-Conditioning Engineers, 2015: 2).

Enerji yönetimi becerileri birçok organizasyonda ve enerji denetimi, tesis veya bina yönetimi, enerji ve ekonomik analiz gibi görevleri yerine getiren kişiler için çok önemlidir. Profesyonel olarak eğitilmiş enerji yöneticileri istihdam eden şirketlerin sayısı artmaktadır. Enerji yöneticisi güçlü, dinamik, hedefe yönelik ve iyi bir yönetici olmalıdır. Çok uluslu şirketlerin veya birden fazla şirketlerin, her fabrika için bir, her organizasyon düzeyi için birden fazla koordinatör gerekebilir (Capehart vd., 2003: 26). Enerji yöneticiliği iş başlıklarının kısmi bir listesi aşağıda mesleğin derinliğini anlamak açısından Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 2-6: Enerji Yöneticisi Unvanları

• Tesis Enerji Yöneticisi	• Enerji Yöneticisi Danışmanı
• Enerji Hizmet Programı Yöneticisi	• Enerji Mühendisi Danışmanı
• Bina Enerji Yöneticisi	• Enerji Denetçisi
• Enerji Hizmet Analisti	• Enerji Muhasebecisi
• Devlet Enerji Analisti	• Enerji Komitesi Başkanı

Kaynak: (Turner ve Doty, 2007: 4)

Bu insanlardan bazıları için enerji yönetimi birincil görevidir ve ekipman ve teknolojileri kullanarak mevcut ve yeni enerjiyle ilgili bilgi yanında, enerji analizi konusunda derin beceriler kazanmaları gerekir (Turner ve Doty, 2007: 4). Bazı durumlarda, büyük bölümlerin üyeleriyle birlikte Enerji Komitesi, şirket çapında veya fabrika çapında işbirliği sağlamak üzere oluşturulabilir (Energy Conservation Center Thailand, 2015: 3).

Enerji yöneticisinin rolü, bir işletmenin tüm yönleriyle kesişir, her seviyedeki yönetici ve personelle birlikte çalışır ve bir enerji programının başarısı için kritik bir bileşen olarak görülebilir. Başarılı enerji yöneticileri, enerji yönetiminin kurumun finansal ve çevresel hedeflerine ulaşmasına nasıl yardımcı olduğunu anlamalıdır (Energywise, 2012: 36). Enerji yöneticisi, şirketin son karar verebilen ve dolaylı olarak şirketin hisse değeri üzerinde önemli bir etkiye sahip olacak bir kurumsal sorumluluk seviyesine sahip olmalıdır. Kullanabileceği finansal alternatifleri anlamalı ve yaşam döngüsü maliyetinin değerini kurumsal mali personele aktarabilmelidir (Bush, 2003: 38). Bir enerji yöneticisi bulunduğu pozisyon gereği amaçlar geliştirmek, enerji projelerinin uygulanmasını denetlemek ve üst düzey yönetici ile mühendislik ve bakım personeliyle iletişim kurmak için tek hesap verebilen nokta olarak hizmet etmelidir. İster bir kurum içi çalışan, isterse bir dış danışman olsun, bu uzmanlık, strateji, gözetim ve en önemlisi coşku sağlayacak kilit bir konum arz eder (Kearney, 2005: 1).

2.6.2.2. Denetim ve Analiz Aşaması

Program başlatma ve planlama aşamasından sonra, denetim ve analiz safhası gelmektedir. Bu aşama, tarihsel verilerin, enerji denetimlerinin, enerji yönetimi fırsatlarının belirlenmesi, enerji analizi ve ekonomik değerlendirmenin ayrıntılı bir incelemesinden oluşur. Burada, enerjinin nerede ve nasıl kullanıldığının belirlenmesi ve enerjinin daha etkin kullanılması için fırsatlarının belirlenmesi yer alır (Smith ve Parmenter, 2016).

Enerji analizi, tesislerde enerji kullanımının dağılımını, enerji kullanım endeksini, tarihsel karşılaştırmaları, maliyet analizini ve işletme ve bakım prosedürleri üzerindeki etkileri ve analiz gerektiren potansiyel sermaye yoğun iyileştirmelerin belirlenmesini içerir (ASHRAE, 2015: 36).

Aşağıdaki tabloda bir performans izleme sisteminin tanımlayabileceği tipik problemlerin ve bunlara bağlı izleme frekanslarının örneklerini listeler.

Tablo 2-7: Daha Yüksek Enerji Maliyetine Sorunlarına Neden Olan Örnekler

Problem Çeşitleri	İzleme Sıklığı
<i>Operasyon Süreçleri</i>	
• yanlış ayar noktaları	Saatlik
• hatalı ısı dönüştürücüler	Günlük
• gelişmiş kontrollerin kapanması	Saatlik
• zayıf kontrol zamanlaması	Saatlik
<i>Kazanlar</i>	
• kötü hava-yakıt oranı	Saatlik
• hatalı dönüştürücüler	Günlük
• aşırı üfleme	Saatlik
• yanlış kazan seçimi	Saatlik
<i>Soğutma</i>	
• hatalı kondensör	Günlük
• kondensördeki hava	Günlük
• yanlış aşırı ısınma ayarları	Günlük
• yüksek baş basınç ayarları	Günlük
• hatalı kompresör seçimi	Saatlik
<i>Sıkıştırılmış Hava</i>	
• sızıntı	Günlük
• zayıf kompresör kontrolü	Günlük / Saatlik
• yanlış basınç	Saatlik
<i>Buhar</i>	
• sızıntı	Saatlik
• başarısız tuzaklar	Saatlik
• zayıf izolasyon	Saatlik
• yanlış ayar noktaları	Saatlik
• düşük kondens dönüşü	Saatlik
<i>Alan Isıtma / Soğutma</i>	
• aşırı alan sıcaklığı	Saatlik
• aşırı fan gücü kullanımı	Saatlik
• aşırı soğutma	Saatlik
• ısıtmak ve soğutmak	Saatlik
• yüksek soğutulmuş su sıcaklığı	Saatlik
<i>Güç Üretimi</i>	
• zayıf motor performansı	Saatlik
• yanlış kontrol ayarları	Saatlik
• Zayıf soğutma kulesi işletimi	Saatlik
• kirli ısı eşanjörleri	Saatlik

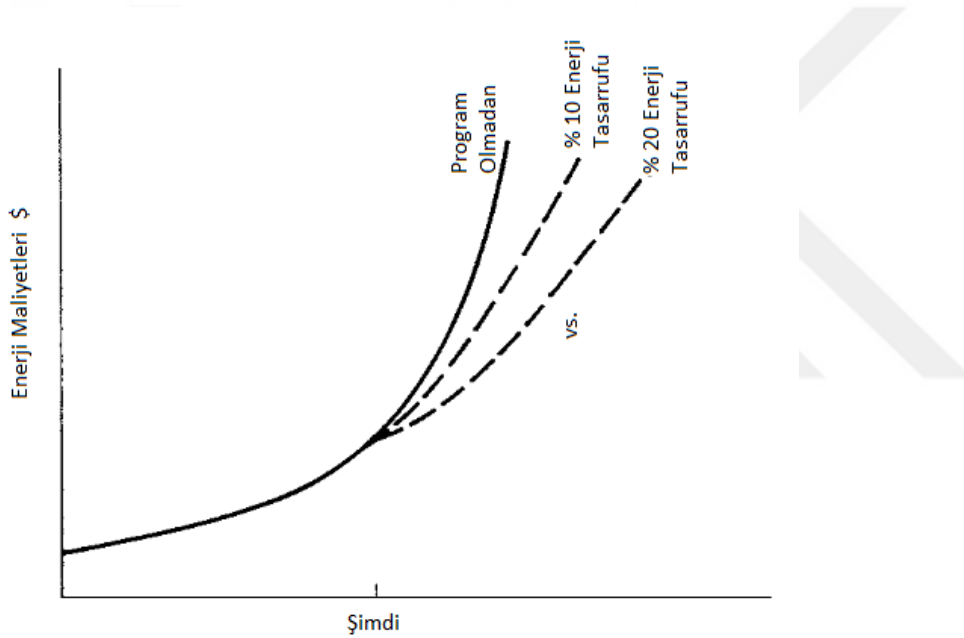
Kaynak: (Hooke vd., 2004: 12)

Enerji yönetim projesinin uygulanmasından önce iyileştirme tedbirlerinin tanımlanmasını belirlemek için mevcut enerji durumunu ve problemlerin tespit

edilmesi için enerji denetimi yapılmalıdır. Toplanan veriler, proje süresince referans olarak kullanılabilir (Energy Conservation Center Thailand, 2015: III-2)

Düzgün bir şekilde yapılan bir enerji denetimi, enerji yönetimi işini başlatmanın ilk adımındır. Bir denetim olmadan bu işi başlatmak, bir şirket bütçesini bir önceki yılın mali dengesini bilmeden formüle etmesi gibi olur ve başarısız olma olasılığı da yüksektir. Bununla birlikte başlangıçtaki enerji denetimi, tekrar ölçümlere olanak sağlayan enerji kullanımının sürekli olarak izlenmesine yol açacak şekilde dizayn edilmelidir. (Thollander ve Palm, 2013: 101).

Şekil 2-16: Enerji Maliyetleri – Geçmiş ve Gelecek



Kaynak: (Capehart vd., 2012: 16)

Bir enerji denetiminin amacı, enerji kullanımını ve/veya maliyeti düşürmek için fırsatları belirlemektir. Sonuçlar, bir operatörün hangi tavsiyeleri uygulayacağına karar vermesi için gereken bilgileri sağlamalıdır. Enerji denetimi finansal denetimlerin aksine enerji verimliliği sürecinin sonu olarak değil bir enerji yönetimi programı kurmanın ilk adımı olarak görülmelidir. Dahası belirli aralıklarla tekrarlanması zaman içinde unutulmuş tedbirlerin gözden geçirilmesine olanak tanır.

2.6.2.3. Uygulama ve Sürekli Değerlendirme Aşaması

Enerji yönetimi programının son aşaması devam eden bir süreçtir. Enerji kullanım hedeflerini belirlemeyi; projelerin önceliklendirilmesi ve uygulanması; ölçme, doğrulama ve raporlama prosedürlerini tanımlanması; sürekli farkındalık ve personelin katılımının teşvik edilmesi ve sürekli olarak program amaç ve başarılarını değerlendirilmesini içerir (Smith ve Parmenter, 2016).

Enerji verilerinin toplanması, analizi ve raporlanması şirketin eksikliklerinin tespit etmesine, en iyi uygulamayı benimsemesine ve enerji tüketiminin azalmasına olanak tanır (Energywise, 2012: 15). Enerji verimliliği önlemleri yürürlüğe girdikten sonra, tesisin her bir bölümü için, sıklıkla ve düzenli olarak enerji tüketimini ve maliyetlerini fonksiyonel maliyet hesap verebilirliği ile tutarlı bir şekilde kaydetmek için prosedürlerin oluşturulması gerekmektedir. Enerji yönetim programını uygulamadan önce ve sonra tesis performansını karşılaştırmak, işletme personelinin enerji verimliliği çabalarıyla uyumlu olmasına bağlıdır ve performansın korunmasını sağlar. Enerji performansının değerlendirilmesi ve raporlanması dört adımdan oluşur (ASHRAE, 2015: 36):

1. Temel performans göstergelerinin oluşturulması
2. Performansın izlenmesi
3. Yeni hedeflerin geliştirilmesi
4. Raporlama

Bir enerji raporlama sisteminin amacı, enerji tüketimini ölçmek ve şirket hedeflerine ya da bazı enerji tüketimi standartlarına göre karşılaştırmaktır (Capehart vd., 2012: 20). Enerji kullanımıyla ilgili düzenli raporlar üretmek önemlidir, çünkü maliyetleri düşük tutmak için büyük bir motivasyon kaynağı olabilir. Yönetim için gerçek enerji miktarı ve bu kullanımla ilişkili maliyetler açısından reel sayıları olan raporlar kullanılabilir. Bu rapor, Yönetim Kurulu ve Yönetici seviyesinde en çok kullanılan rapordan biridir. Diğer rapor türü daha genel olmalı ve tüm personele dağıtılmalıdır. İstatistiksel verilere ihtiyaç duymadan sadece enerji verimliliği sürecinin nasıl ilerlediğine dair genel bir fikir verilmesi yeterlidir (Energywise, 2012: 16).

Etkin bir enerji yönetimi programı, yönetim taahhüdü ile başlamalıdır. Bir sonraki adım, müteakip eylemler için bir plan geliştirmektir. Tarihi enerji tüketim kalıplarının gözden geçirilmesi, enerji denetimleri ve daha ileri mühendislik çalışmaları analizinin temelini oluşturur. Programın başında, olası enerji yönetimi projelerini değerlendirmek için uygun kriterler oluşturulmalıdır. Eğitim, kişisel bilinçlendirme ve bilgi programları hayati önem taşımaktadır. Herhangi bir programın başarısı, teknoloji üzerinde olduğu kadar çalışanların motivasyonuna da bağlıdır (Smith ve Parmenter, 2016).

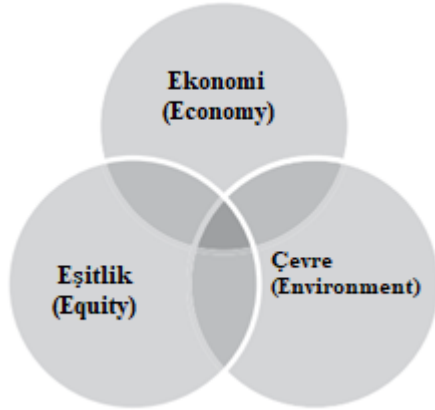
2.7. Sürdürülebilirlik

Sürdürülebilirlikle ilgili olarak bugün büyük ölçüde kabul edilen kavramların çoğu, Birleşmiş Milletler 'in 1987 yılındaki Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nun Ortak Geleceğimiz Raporu'ndan (Brundtland Raporu olarak ta anılır) kaynaklanmaktadır. Sürdürülebilir kalkınmanın en yaygın şekilde ifade edilen tanımı, Brundtland raporunda verilen tanımdır (WCED 1987: 39):

"Sürdürülebilirlik, gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama kabiliyetinden ödün vermeksizin, günümüzün ihtiyaçlarını karşılayan ekonomik kalkınma faaliyetidir."

Bu rapor, küresel çevreyi korumak için ya da raporda belirtildiği gibi dünyanın çevresel kaynak tabanını sürdürmek ve genişletmek için uluslararası bir gündem oluşturmak üzere tasarlanmıştır (Portney, 2015: 23). 1987'de Komisyonunun raporu, sürdürülebilirliği hepsi E harfi ile başlayan çevre (environment), ekonomi (economy) ve eşitlik (equity) olarak üç eşit parça veya unsur olarak tanımlamıştır (Şekil-8). Kesişen daireler olarak tanımlanan bu unsurlar, sürdürülebilirliği anlamak ve detaylandırmak için temel oluşturmuştur (Portney, 2015: 7).

Şekil 2-17: Sürdürülebilirliğin Üç Temel Unsuru



Kaynak: (Portney, 2015)

Sürdürülebilirlik konularının çoğu, üç sürdürülebilirlik temelinde (sosyal, ekonomik ve çevresel) ele alınmaktadır (Chong vd., 2016: 798). Bununla birlikte, operasyonel stratejiler olmaksızın sürdürülebilirliğin tanımı çok fazla bir anlam ifade etmez. Geriye kalan belirsizlikler, bir boyutlu (ekonomik, sosyal veya çevresel) analiz vasıtasıyla netleştiremez; ancak sürdürülebilir kalkınma boyutları arasındaki ilişkileri gösterecek entegre yaklaşımlara ihtiyaç duyulur (Bockermann vd., 2005: 190). Bu paradigmanın işlev kazandırılması gerekmektedir ve aslında geçmişten günümüze sürdürülebilir kalkınma için sayısız yöntem ve göstergeler geliştirilmiştir (Bartelmus, 2004: 44).

Sürdürülebilirlik, mevcut ve gelecek nesilleri desteklemek için üretken bir uyum içinde insanların ve doğanın var olabileceği koşulları yaratmak ve devam ettirmektir (EPA, 2018). Sürdürülebilirlik basit bir ilkeye dayanmaktadır: Hayatta kalmak ve refah için ihtiyaç duyduğumuz her şey doğrudan veya dolaylı olarak doğal çevremiz üzerinde bulunuyor. Sürdürülebilirlik, yaşam kalitesinden ödün vermeden, yaklaşım tarzında değişiklik gerektiren bir kavram ortaya koymaktadır. Bu düşüncenin temelinde, tüketim toplumu ağırlıklı yaşamaktan vazgeçip, küresel açıdan dayanışma içinde olan, iklimsel yönetim, toplumsal sorumluluklar ve ekonomik çözümleri hedeflemek yer almaktadır (Seydioğulları, 2013: 20).

Sürdürülebilirliğin çeşitli anlam ve bağlamlara sahip olduğu göz önüne alındığında, toplumun sürdürülebilirliği anlaması için aşağıdakiler maddeler bir yol göstermektedir (Golusin vd., 2012: 13):

- Sürekli ekonomik büyüme ve gelişme sağlayan;
- Sosyal açıdan kabul edilebilir;
- Ekolojik kapasitelere göre ekonomik ve sosyal gelişme oranını ve ölçüsünü uyumlu hale getiren ve
- Siyasi açıdan kabul edilebilir (resmi kurumlarda anlaşma konusu olabilir).

Sürdürülebilirlik çok kapsamlı, çok boyutlu ve çok disiplinli bir kavramdır ve uygulamaları yaygın şekilde olabilir. Sürdürülebilir kalkınma çalışmaları, ilgili tüm konuları, mekanizmaları, çözümleri ve eleştirel tutumları göz önüne alabilmektedir. Dünya üzerinde genel geçer uygulanabilen sürdürülebilir kalkınma kavramı bulunmamaktadır ve belirli bir konuda sürdürülebilir kalkınmanın temeline inmek için özel olarak ilgili sektörleri incelemek gereklidir (Golusin vd., 2012: 1). Çağdaş kritik yazarlar mevcut enerji sistemlerinin sürdürülemez gelişmesini kınarlar. Bazıları, sürdürülebilir ve çevre dostu bir enerji sistemine geçişin modern endüstriyel toplumlarda yaşam biçimini değiştiren temel toplumsal değişimle birlikte gelişmesi gerektiğini iddia etmektedir. Diğerleri, sürdürülebilirliği sağlamak için tasarlanan bir dönüşümün ekonomi tarafından değil, sosyal ve etik fikirlerle yönlendirilmesi gerektiğini savunarak, enerji sorunlarını çözmeye yönelik ekonomik yaklaşımı ret ederler (Zweifel vd., 2017: 3).

Diğer taraftan, sürdürülebilirlik enerji ve çevre ile sınırlı değildir: İfadenin en geniş anlamıyla bir faaliyet eğer çevresel, ekonomik, teknik ve sosyal şartlar veya başka alanlarda herhangi bir olumsuz etki yaratmadan sınırsız devam edebilirse, sürdürülebilir olduğu söylenebilir. Diğer bir deyişle, sürdürülebilir bir faaliyet, diğer faaliyetlerin başka zamanlarda ve başka yerlerde bile farklı konularda yürütülme olasılığı üzerinde sınırlamalar getirmez (Schirone ve Pellitteri, 2017: 2).

Sürdürülebilirlik, sürdürülebilir bir tarzda hizmet ve ürünler sunmak için nihai hedefteki belirli bir organizasyonun uzun vadeli bir planlama ve faaliyetlerin merçeğiyle görülebilir. Sürdürülebilir organizasyonlar en olumlu ekonomik ve toplumsal etkiye sahip olmaya çalışırken aynı zamanda çevre üzerinde en az olumsuz etkiye sahiptir (Alibasic, 2013: 3).

2.7.1. Sürdürülebilir Enerji

Sürdürülebilir ekonomik kalkınmaya ulaşmak için enerji verimliliğinin önemi göz ardı edilemez. Bunun nedeni, enerji verimliliğini karşılamada başarısızlığın çevreyi daha da kötüleştirmesine, halk sağlığının bozulmasına, kaynakların bozulmasına ve enerji güvencesizliğine yol açarak uzun vadede yavaş ya da azalan ekonomik büyümeye neden olabilmesidir (Apergis'ten aktaran Weber, 2018: 19). Enerji (özellikle petrol, gaz ve elektrik), ekonomik büyüme ve gelişmenin sürdürülebilir olmasına destek veren önemli bir metadır. Küresel ekonomik büyüme, artan motorlu taşıtlar ve endüstriyel gelişmeye ihtiyacı olan yakıtı vermek için enerji tüketiminde muazzam bir artış yaşanmaktadır (Filho ve Voudouris, 2013: 2).

Sürdürülebilir küresel enerji arzı sorunu en az üç sebeple acil bir sorundur (Narbel vd., 2014: v):

i. Nüfustaki artış ve gelişmekte olan ülkelerdeki yaşam standardının artması tek başına artan bir enerji arzını gerektirmektedir.

ii. Yakın gelecekte, fosil yakıt kaynaklarının tükenmesi (ve potansiyel olarak petrol üreten ülkeler tarafından küresel petrol talebi karşılanamadığı bir kriz) ortaya çıkacaktır.

iii. Artan küresel ısınmanın, gezegenin giderek artan sayıda nüfusa ev sahipliği yapma kabiliyetini azaltacağı tahmin edilmektedir.

Büyümekte olan çevresel sorunlara cevap vermek amacıyla bireylerin, işletmelerin ve ülkelerin farkındalığının ve sorumluluğunun geliştirilmesi ile birlikte, sürdürülebilir kalkınma kavramı, enerji kullanımı ve tüketim de dahil olmak üzere çevre sorunlarına başarılı çözümler için seçenekler aramak üzere tanımlanmıştır. Yeterli enerji sağlama sorunu, sürdürülebilir kalkınmanın ana zorluklarından biridir ve kontrolsüz enerji tüketiminin gidişatını açık bir şekilde engeller ve bu alandaki değişikliklere kesin olarak ihtiyaç duyar (Golusin vd., 2012: 5). Sürdürülebilirlik kavramı, çevresel, ekonomik ve sosyal faktörlerin oluşturduğu bir ağı içermektedir ve enerji alanında karmaşık disiplinler arası yapısını açıkça göstermektedir (Schirone ve Pellitteri, 2017: 1). Enerji perspektifinden bakacak olursak, sürdürülebilirliğin oluşması için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması, çevresel

kirliliğin azaltılması ve enerji kaynaklarının verimli kullanımı gerekmektedir (Bayraç vd., 2018: 15). Dünya Enerji Konseyi'nin enerji sürdürülebilirliği tanımı, enerji güvenliği, enerji eşitliği ve çevresel sürdürülebilirlik olmak üzere üç ana boyuta dayanmaktadır.

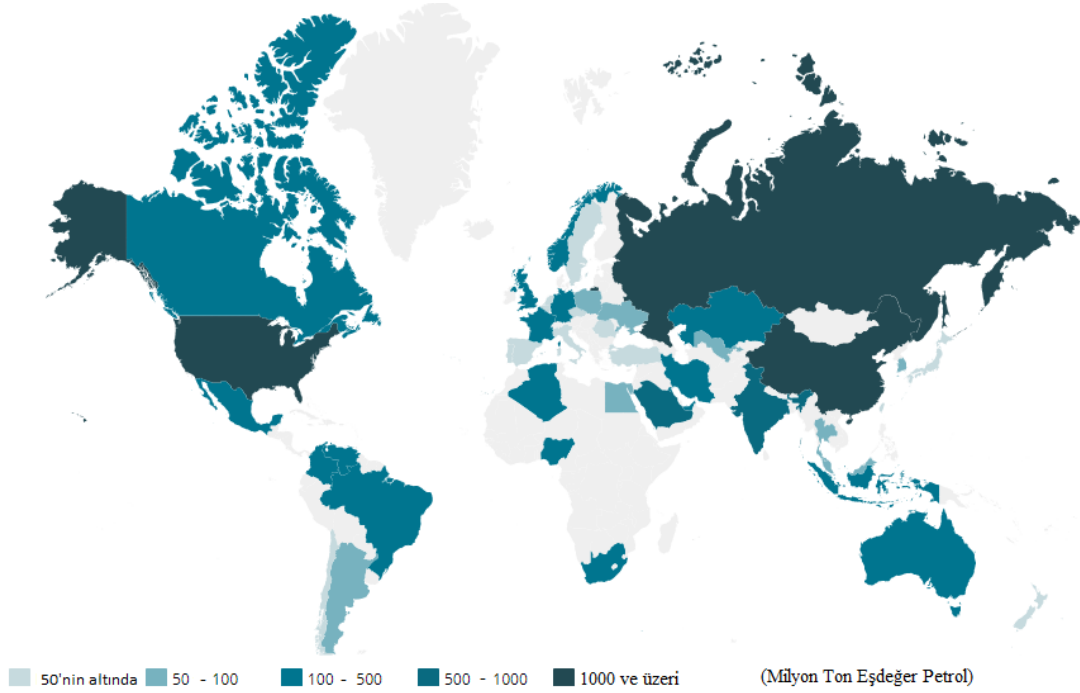
Küresel enerji sektörü, talep ve arzı etkileyen üç birbiriyle ilişkili ve takviye eğilimi geniş çaplı bir geçiş sürecine girmektedir (World Energy Council, 2017a):

- Karbonsuzlaşma: Düşük karbonlu enerji üretimine ve kullanımına geçiş.
- Dijitalleşme: Akıllı şebekeler ile optimize edilmiş enerji kullanım, bilgi ve iletişim teknolojilerindeki artış ile daha yüksek verimliliğe genel bir geçiş.
- Yerinden Dağıtım: Enerji kaynaklarını tek bir merkezde depolamak ve dağıtmak yerine, değişen tüketici tercihlerini göz önüne alarak sorumluluğu dağıtan enerji yönetiminin benimsenmesi.

Birçok bilim insanı, iklim değişikliğinin gezegenimizin tarihinde görülmemiş bir ölçek ve küresel boyuta sahip olduğunu ve insanlığın şimdiye kadar gördüğü en büyük meydan okumayı ve maliyet etiketini temsil ettiğini iddia etmektedir (Bollino ve Polinori, 2011: 137-138). Fosil yakıtlara olan güven, dünyanın bu kaynakları tüketiceği nedeninden dolayı bir zamanlar sürdürülemez olarak kabul edilirdi, ancak bugün bu kaynakları kullanmanın çevresel sonuçları nedeniyle sürdürülemez olarak kabul edilmektedir (Portney, 2015: 15). Enerjinin üretimi ve tüketimi günümüz dünyasında üzerine dikkatle eğilinmesi gereken önemli bir sorundur ve çeşitli gerekçelerle anlaşılması hayati önem taşır. En başta artan nüfusla birlikte paralellik gösteren enerji talebine cevap bulmak dünyanın her kesimini ilgilendiren bir sorundur.

Dünyanın farklı yerlerinde enerji ihtiyacı çok farklıdır. İleri teknolojinin yoğun olduğu Amerika, Kanada ve Sudi Arabistan gibi ülkelerin enerji tüketimi ve enerjiye olan ihtiyacı da daha fazladır (Golusin vd., 2012: 3). Enerji sektörünün genel durumunu anlamak, belirli bölgeler arasındaki farklılıkları gözlemleyebilmek, tüketim eğilimlerini analiz etmek ve gelecekteki durumu tahmin etmek gibi nedenlerden dolayı dünyadaki enerji tüketimi tanımlanmalı ve ölçülmelidir.

Şekil-2-18: 2016 Dünyadaki Enerji Tüketiminin Bölgesel Dağılımı



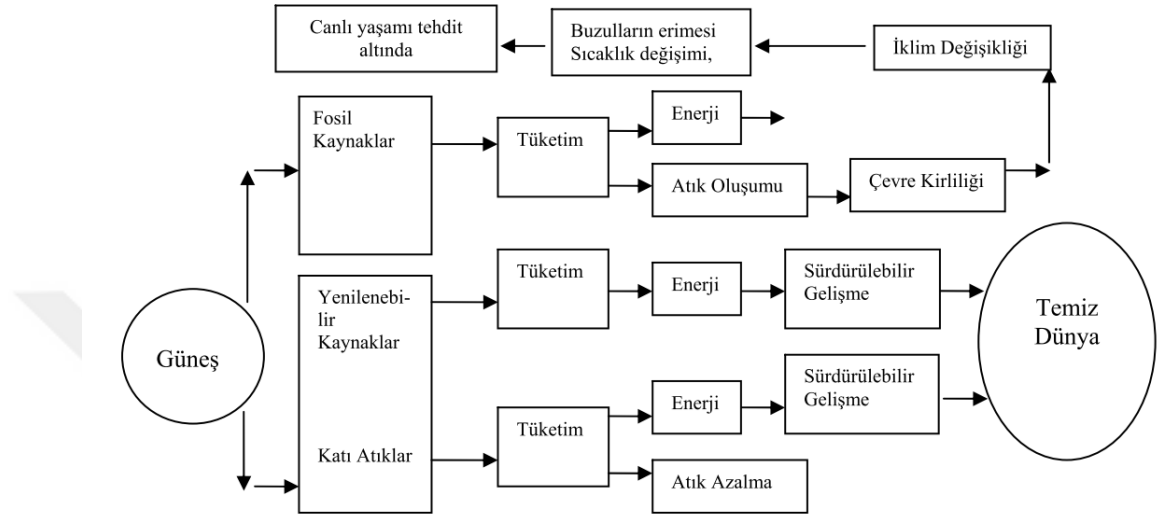
Kaynak: Global Energy Statistical Yearbook 2017

Gelişmiş ülkelerin enerji bağımlılığını ve enerji kaynaklarının düzensiz dağılımını dikkate alarak, enerji üretimi ve dağıtımını özellikle uluslararası politik ve ekonomik önemi olan bir sorun haline geldi. Her biçimdeki enerji, uluslararası ticaret, çok sayıda tartışma, müzakere ve askeri çatışmalara konu olmuştur. Gezegende enerji talebi sürekli arttığı için gelecekte küresel ekonomik ve politik değişiklikler açısından daha önemli bir yer tutacaktır (Golusin vd., 2012: 4-5).

Sürdürülebilir enerji, dünyanın biyosferini olumsuz yönde etkilemeksizin sağlanabilen enerjidir. Bununla birlikte, böyle bir enerji kaynağı biçimi mevcut değildir. Bunların tamamı, arazi kullanımına, beraberinde kullanılan ekipmanlar ile bağlı oldukları ekosistemlerin bozulmasına veya nükleer yakıtlar için çok daha az olmasına rağmen fosil yakıtlar için yıkıcı olabilecek çıkarma işlemine ihtiyaç duyarlar (Tester vd., 2012: 4). Enerjinin güncelliğini sürekli korumasının temelinde iki nedeni vardır. İlki mevcut kaynakların yetersiz oluşudur diğeri de fosil kaynaklı yakıtların çevreye verdiği zarardır. Bu açıdan yenilenebilir enerji kaynağı tüketildiği sürece yerine devamı gelmesi ve çevreye zararlarının nispeten az olması dolayısıyla en önemli alternatif olmaktadır. Enerji tüketimi, çevre faktörü ve kaynakların mevcut

durumu bir arada düşünülduğünde yenilenebilir olmayan enerji ile sürdürülebilirlik arasında ters bir orantı olduğu söylenebilir. Bu ilişki Şekil 2-19'da şu şekilde gösterilmiştir.

Şekil 2-19: Enerji Kaynakları Kullanımı, Çevresel Etki ve Sürdürülebilirlik



Kaynak: (Selici vd., 2009: 3)

Çevrecilerin büyük bir çoğunluğu, karbon emisyonlarını azaltmak için bir araç olarak sürdürülebilir enerjiyi savunmaktadırlar. Bu kaçınılmaz olarak, sürdürülebilir enerjinin güneş, rüzgar, jeotermal, hidro ve bazen nükleer elektrik üretim kaynaklarının hızla yerini alması gerektiği anlamına gelir (Portney, 2015: 14). Atıklardan elde edilen enerjiler sürdürülebilir gelişmeye katkı sağlamaktadır (Selici vd., 2009: 4). Diğer taraftan yenilenebilir enerji elde etmek için kullanılan teknolojilerin de çevreye bir maliyeti olmakla birlikte önemi nispeten azdır. Örnek olarak hidrolik enerji santrallerinde kullanılan motorların üretiminde kullanılan fosil yakıtlar ele alınabilir.

Sürdürülebilir bir gelecek, bugünün enerji sistemlerinden aşağıdakilere sahip olanlara dönüşümü gerektirir:

(i) enerji verimliliğinde özellikle son kullanımda radikal iyileşmelere ve

(ii) hem fosil yakıtlar hem de biokütle için karbon tutma ve depolamaya sahip yenilenebilir enerjilere ve gelişmiş enerji sistemlerine.

Yapılan analizler ve araştırmalar sonucunda, enerji sistemlerini ve çeşitli enerji seçeneklerini dönüştürmenin birçok yolu olduğunu saptanmıştır. Değişimi uygulamak ve finanse etmek için destekleyici politikalarla birlikte geniş, erken ve sürekli yatırımlar gereklidir. Yatırım kaynaklarının birçoğu, ileriye dönük düşünen ulusal ve yerel politikalar ile bunların etkili dağıtımını destekleyebilen kurumsal mekanizmalar yoluyla bulunabilir (GEA, 2012: 8). Bir enerji liderinin belirttiği gibi, "yeni bir elektrik sistemi için gerekli en yeni teknolojiler mevcuttur, ancak düzenleyici çerçeveye, düzenlemelerin değişime katkıda bulunup bulunmayacağına ve nasıl değiştirildiğine bağlı olarak başarısı belirlenecektir. Sistem değişiklikleri hakkında konuşmak kolaydır, ancak elektrikle nasıl fatura düzenleyeceğinizi, nasıl hesaplanacağınızı, pilden çekilen güç için pazar fiyatını nasıl ayarlayacağınız gibi birçok zorlu ayrıntıları vardır " (World Energy Council, 2017: 15). Halihazırda işletmelerin çoğunda karar verme süreçleri genellikle, kısa vadeli, hızlı sonuçlara yönelik olup, optimal olmayan uzun vadeli maliyetli sonuçlar doğurması muhtemeldir.

2.7.2. Sürdürülebilir Enerji Yönetimi

Yeterli, güvenli ve aynı zamanda çevreyi koruyan bir enerji sistemi sağlamak bir ekonominin refahı, rekabetçi pozisyonu ve kalkınmasını etkileyen en önemli etkenlerin başında gelmektedir. Enerji geçişi olarak adlandırılan enerji sektöründeki temel yapısal değişiklikler dünya çapında gerçekleşmektedir. Enerji geçişlerini uygulamak için motivasyon, hedefler ve öncelikler farklıdır ancak çoğunlukla "enerji arzının güvence altına alınması", "en düşük maliyetli yaklaşımlar" ve "çevresel kaygılar" üçlüsü ile ilişkilendirilirler (World Energy Council, 2017b: 9). Gelecekte enerjiyi sürdürülebilir bir şekilde sağlamak için gereken bu yapısal değişiklikleri anlamak büyük bir zorluk ve mutlak bir zorunluluktur. Bunu gerçekleştirmenin bir yolu küresel olarak tanımlanmış sürdürülebilirlik kriterleri içinde enerji sistemleri

geliştirmektir (GEA, 2012: 237). Bu sistemlerin uyumlu gelişmesi insanlığın uzun vadeli, istikrarlı gelişimi ve hayatta kalması için en iyi seçenekleri bir araya getirmesi hedeflenir. Enerji yönetimi sürdürülebilir kalkınmanın önemli bir alt sistemi ve aynı zamanda problemidir. Çünkü artan enerji tüketimi çevresel alt sistemlere olumsuz etki yaparken ekonomik alt sistem değerleri üzerinde pozitif etkilere sahiptir.

Sürdürülebilir enerji yönetimi, modern yönetim biliminin tüm unsurlarıyla birlikte ele alınmalıdır. Sürdürülebilir kalkınma sürecinin uygulanması kapsamında belirlenen enerji gereksinimlerinin entegrasyonu ile uzun vadeli planlanmasına olanak tanıyan etkili bir mekanizmadır. Sürdürülebilir enerji yönetimi, adımları açıkça tanımlanıp, hedefleri belirlenip ve ölçülebilecek şekilde tasarlanmıştır. Sürdürülebilirlik faktörlerinin etkisini esas alan ve açıkça tanımlanmış amaçlara dayanan böyle bir yönetim modeli ile sürdürülebilir kalkınma sürecinde kalite izlenmesi sağlanabilir. Bununla birlikte, sürdürülebilir enerji yönetiminde, enerji kullanımının ve enerji kaynaklarının kullanımının diğer göstergeler üzerinde yaratacağı etki izlenebilir, ölçülür ve kontrol altında tutulabilir (Golusin vd., 2012: 6). Enerjiyi, büyümenin ve sürdürülebilir kalkınmanın önünde bir engel olarak ele almak yerine, doğru bir şekilde yönetilebilirse kentsel / kırsal kalkınma, imalat / sanayi gelişimi ve tarım / ormancılık gibi sürdürülebilir gelişimde kritik olan alanlarda başarıyla katkıda bulunabilir.

Sürdürülebilir enerji yönetimi ve ilgili yeşil mühendislik tasarımları ve üretim süreçleri hayatımızın her alanını etkilemektedir. (Ranky, 2012: 1). Yalnızca bireysel şirketler tarafından değil, coğrafi, doğal ve ekonomik birim oluşturan ülkeler veya bölgeler tarafından kabul edilebilir bir yönetim modeli sunmak için tasarlanmıştır. Sürdürülebilir enerji yönetimi modeli, yalnızca sürdürülebilir enerji geliştirme alanında en önemli hedefleri belirten bir model değil aynı zamanda gelecekteki enerji üretimi ve tüketim sisteminin yönetiminin en uygun şeklinin belirlenmesine, bu hedeflere nasıl ulaşılacağına gösterilmesine ve kontrolün sağlanmasına yöneliktir (Golusin vd., 2012: 6). Dünya genelinde politika yapımcılar sürdürülebilir enerji konusuna bütüncül bir yaklaşım sergilemeleri, bu karmaşık yapıyı iyi okuyup birlikte değerlendirmelerine bağlıdır.

Sürdürülebilir enerji gelişiminin temel kavramı farklı kriterlere dayanarak geliştirilebilir, ancak genel olarak şu şekilde özetlenebilir (Golusin vd., 2012: 20-21):

- Mevcut yenilenemeyen kaynakların korunması ilkesi,
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması ilkesi,
- Enerji verimliliği ilkesi,
- Kuşaklar arası adalet ilkesi,
- Ekonomik kalkınma ve enerji tüketiminin uyumlaştırılması ilkesi,
- Aşırı ve uygun olmayan enerji kaynaklarının kullanılmasıyla oluşan hasarların ödenmesi ilkesi,
- Ölçülebilirlik ilkesi, sürdürülebilir stratejik yönetim ihtiyacı,
- Tanıtım ve eğitim ilkesi,

Enerji sürdürülebilirliğinin temel ilkeleri, sürdürülebilir enerji yönetiminin planlanması ve uygulanması için gerekli temel çerçeveyi vurgulamakta ve enerji yönetimi uygulanabilecek bir çerçeve sunmaktadır. Sadece temel ilkelere saygı ile enerji istikrarı ve uzun vadeli enerji sürdürülebilirliği sağlanabilir (Golusin vd., 2012: 21). Gün geçtikçe enerji sistem yönetimi, zorlukları da beraberinde getirecektir. Yenilikçi politika düzenlemeleri ve yeni iş modelleri ile adapte olarak sağlanabilecek enerji geçişleri dünyadaki toplumların güvenli, sürdürülebilir ve eşit enerjiye erişimin başarısını belirlemede önemli rol oynayacaktır.

Çevrenin korunması, enerjiden tasarruf edilmesi ve dünya genelinde sera gazı emisyonlarının azaltılması için küresel çapta baskı yapılması ihtiyacı, işletmelerin hem bireysel enerji tasarrufu önlemlerini hem de şirketin genel enerji performansını iyileştirmek için daha sistematik bir yaklaşım uygulamanıza neden olmuştur. İşletmeler, enerji maliyetlerini azaltmaya, yasal gereksinimlere uymaya ve kurumsal imajını geliştirmeye çabalarken, enerji yönetimi bir öncelik haline gelmektedir (Păunescu ve Blid, 2016: 513). Yenilenebilir enerjiler ve enerji verimliliği yoluyla tanımlanan sürdürülebilir enerji, herhangi bir enerji stratejisinin hayati bir parçası olmalı ve büyük bir tasarruf potansiyeli içermelidir (Weber, 2018: 19). Bu nedenle,

işletmeler enerji ile ilgili konularda kendi enerji verimliliğini sürekli iyileştirmek için sistematik ve daha uyumlu bir şekilde yönetilmeye teşvik edilmektedir.

Genel olarak enerji yönetimi, geçmişten günümüze giderek artan ciddi enerji sorunlarına hitap etmek ve kıt ve değerli enerji kaynaklarının tüketimini, maliyetini ve çevresel etkilerini azaltmak için hayati öneme sahip bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır. Enerji yönetiminin önemi her ölçekte enerji tasarrufuna olan küresel ihtiyaçtan kaynaklanmaktadır. Enerji yönetiminin amaçları arasında kullanıcıların ihtiyaç duydukları enerjiye kesintisiz erişim sağlarken kaynakların korunması, çevresel etkilerinin azaltılması ve maliyet tasarrufu konuları yer almaktadır.

Enerji yönetimi, bir şirketin enerji konusunda stratejik olarak çalıştığı prosedürler olarak tanımlanabilirken, bir enerji yönetim sistemi bu prosedürlerin uygulanması için bir araçtır. Enerji yönetimi standartları da sürekli gelişim kültürünü yönetim uygulamalarına adapte etmeleri için rehberlik etmektedirler.

Dünya genelinde sektörlere dağıtılan enerji tüketim modellerini incelemek, küresel enerji kullanımının geleceğini anlamak için önemlidir. Tipik sanayileşmiş bir ülke için toplam enerjini %30'u sanayi, %25'i ulaşım, %28'i konutlar ve %17'si ise diğer kullanımlar tarafından tüketilmektedir. Enerji tüketiminde en büyük paya sahip olana sanayilerde enerji yönetim sistemlerini uygulamak ve finanse etmek için destekleyici politikalarla birlikte ileriye yönelik düşünmek ve sürekli yatırım yapmayı gerektiren kurumsal mekanizmalar gereklidir. Bu koşullarda bazı kurumsal firmalar yatırımlarını yapmaktadır ancak büyük bir enerji sistemi dönüşümü yaratmak için daha birçok şirket yenilikçi mekanizmalar yoluyla güçlendirilmeli ve bu sistemleri yaygın şekilde uygulamalıdır.

Enerji yönetimi uygulamaları alanındaki çalışmalar olgunlaştıkça, bir enerji yönetimi programının başarısı da artmaktadır. Başlangıçta üst yönetimin kesin bir taahhüdü (kalıcı bir faaliyet olduğu yönünde) olduğu açıkça belirtmeli ve işletmenin yapısına uygun olarak en az bir kişinin "Enerji Yöneticisi" olarak atanması önemlidir. Enerji yönetimi programının uygulanması önünde engellerin yanı sıra maliyetleri azaltıcı, yeşil bir görüntü sunmaları gibi pozitif çıktıları itibariyle yönetim açısından enerji verimli tedbirlerin alınmasını sağlayan motive edici ve destekleyici faktörlerin

varlığı da iyi anlaşılmalıdır. Bu aşamada enerji yönetimi programını uygulama kararı veren bir organizasyonun en yüksek verimi elde etmek için sırasıyla başlatma-planlama, analiz-denetleme ve uygulama-sürekli değerlendirme aşamalarını titizlikle uygulaması önemlidir.

İnsanlık, daha iyi bir dünya yaratmak için kapasite, yaratıcılık, teknolojiler ve kaynaklara sahiptir. Bununla birlikte, uygun kurumların, koordinasyon görevlerinin, siyasi istek ve yönetim yapılarının bulunmaması bu görevi zorlaştırmaktadır. Bunu gerçekleştirmenin bir yolu küresel olarak tanımlanmış sürdürülebilirlik kriterleri içinde enerji yönetim sistemleri geliştirmek ve uygulamak bir zorunluluk olarak görülmektedir.



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

Enerji Muhasebesi Ve Faaliyet Tabanlı Maliyetleme Sistemi

Uluslararası alanda kalkınmanın bir aracı olan enerji, korunması gereken bir varlık olarak ele alınmaktadır. Bunun önemine istinaden çeşitli boyutlarda ve alanlarda enerji verimli sistemler geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Farklı disiplinler tarafından ele alınması gereken konular arasında önemi her geçen gün giderek artmaktadır.

Çoğumuz için muhasebe parayla ilişkili olan bir kavramdır ve enerji ile ilişkisi doğrudan algılanamaz. Enerji işletmeler için stratejik öneme sahip bir girdidir ve bu girdinin finansal sonuçları yöneticilerin gündeminde önemini giderek arttırmaktadır. Bu noktada işletmede meydana gelen finansal nitelikli olaylar muhasebe bilgi sisteminin alanına girer ve sağladığı bilgiler karar vermede belirsizliği azalttığı ölçüde değerlidir. En etkili enerji verimliliği çabaları doğrudan muhasebe biriminden gelebilir.

Bu bölüm öncelikle enerji muhasebesi ve sonrasında faaliyet tabanlı maliyet muhasebesi olmak üzere iki ana başlıkta ele alınacaktır. Çalışmanın başında ayrıntılı bir literatür taraması yaparak, ilk olarak ülkemizde enerji muhasebesi ile ilgili çalışmalar ele alınmış ve daha sonra uluslararası alanda yapılan çalışmalar incelenmiştir. Yabancı literatürde yer alan çok sayıda bilimsel çalışmanın enerji muhasebesi konusu için destekleyici bir arka plan sağlamaktadır. Yerli literatüre baktığımızda enerji yönetimi ve muhasebesi hakkında kitapların, hakemli dergilerin, bilimsel makalelerin sınırlı olduğu görülmektedir.

Enerji muhasebesi, işletme yönetimine karar alma, planlama, yönetim ve kontrol için enerji tüketimi ve maliyetleri ile ilgili bilgi ve belgelerin toplanması, kaydetme, sınıflandırma, raporlama ve yorumlama fonksiyonlarını yerine getiren muhasebe dalıdır. Çalışmamızın bu bölümde ilk olarak nispeten yeni bir kavram olan enerji muhasebesinin tanımı, yönetimin ihtiyaçlarına hizmet etme temelinde amaçları ve enerji yönetimi için artan önemi üzerinde durulacaktır. Enerji faturalarında görülecek azaltmaların her kesimden bireyi memnun etmesi arzulanan bir durumdur ve enerjinin maliyetlerini kontrol altına almayı gerektirir. Sabit ve değişken maliyetlerin analizi

yapılan bu bölümde enerji muhasebecisinin üzerine düşen temel ve ileri düzeyde görevlere de yer verilecektir.

Daha sonra bir enerji muhasebesi programının farklı şekillerde organize edilme aşamaları ele alınacaktır. Genel olarak belirlenen beş aşama arasında planlama, ölçme ve izleme, kaydetme, analiz ve raporlama aşamaları alt başlıklar halinde ayrıntılı bir şekilde incelenecektir. Enerji muhasebesi daha çok karar almaya yönelik iç raporlamada yönetim muhasebesinin bir alt başlığı olarak yönetimin amaçlarına hizmet etmektedir. Bu kapsamda kullanılan çeşitli indeksler ve diğer ölçüm tekniklerinin avantajları ve dezavantajları ortaya konulacaktır. İşletmeler için enerji içeriği, yapısal unsurları ve birimleri çeşitlilik arz ettiğinden ölçümlemesi ve hesaplamalarda dikkate alınması bazı zorluklar getirecektir. Enerji muhasebesi konusunda yaşanan bazı problemlere değinilerek ilk kısım tamamlanacaktır.

Bu bölümün ikinci kısımda muhasebe bilgi sisteminin bir alt dalı olan maliyet muhasebesi kapsamında 1980'lerin sonunda ortaya çıkan Faaliyet Tabanlı Maliyetleme'nin (FTM) kavramsal çerçevesi ortaya konulmaya çalışılacaktır. Daha önceleri emek yoğun çalışan işletmelerin zamanla yerini otomatik ekipmalara bıraktığı yeni ortamda maliyet bilgilerine duyulan ihtiyacın çeşitliliği ve seviyesi de artmıştır. FTM, endirekt üretim maliyetlerinin ürünlere dağıtımını iyileştirmek ve bu maliyetlerin yönetimine yardımcı olmak için maliyet biriktirme sistemini kullanan bir yöntemdir. Bu kapsamda çalışmamızda maliyet biriktirme sistemine duyulan ihtiyacın nedeni ve konunun iyi anlaşılması için çeşitli maliyet kavramları açıklanacaktır.

Sonraki aşamada geleneksel maliyetleme sistemi ile FTM karşılaştırılacak ve ikisi arasındaki en temel fark olan genel üretim giderlerinin ürünlere tahsis aşamaları incelenecektir. Bir işletme FTM'yi uygulamaya karar verdiğinde izlemesi gereken dört adım sırasıyla faaliyetlerin tanımlanması, faaliyetlerin maliyet havuzlarına yüklenmesi, faaliyet sürücülerinin belirlenmesi ve maliyetleri ürünlere veya hizmetlere dağıtması olacaktır. Bu adımlar örnekler yardımıyla açıklanmaya çalışılacaktır.

Faaliyet tabanlı maliyetleme, maliyet kontrolü ile verimliliğe odaklanan ve faaliyetlerin sistematik olarak gözden geçirilmesini sağlayan bir yöntemdir. Ancak şu

unutulmamalıdır ki hiçbir maliyet sistemi FTM’de dahil mükemmel değildir. FTM’nin avantajları ve olumsuz yönlerinin ele alınacağı bu bölümde faaliyet tabanlı yönetim ve faaliyet hiyerarşisi konularına yer verilecektir. Bu bölümün son konusu olarak enerji muhasebesi açısından FTM’nin önemi incelenecektir.

3.1. Literatür Taraması

Enerji muhasebesi ve yönetimi üzerine daha önce yapılmış benzer çalışmaların incelenmesi, dünyada yapılan enerji muhasebesi araştırma sonuçları ile kıyaslanması çalışmamızın literatüre nasıl bir katkı sağlayacağını anlaşılmaya yardımcı olacaktır. Bu bölümde ayrıntılı bir literatür taraması yaparak, ilk olarak ülkemizde enerji muhasebesi ile ilgili çalışmalar ele alınmış ve daha sonra uluslararası alanda yapılan çalışmalar incelenmiştir. Yabancı literatürde yer alan çok sayıda bilimsel çalışma enerji muhasebesi konusu için destekleyici bir arka plan sağlamaktadır. Yerli literatüre baktığımızda enerji yönetimi ve muhasebesi hakkında kitaplar, hakemli dergiler ve bilimsel makaleler gibi kaynakların sınırlı olduğu görülmektedir.

Türkçe dilinde yayınlanan makaleler, kitaplar ve diğer akademik çalışmalar için çeşitli veri tabanları ve farklı arama motorları sistematik olarak araştırılmıştır. Yerli çevrimiçi kaynak taramasında 16 Mart 2018 tarihi itibarıyla herhangi bir kısıt belirlemeden aranacak kelimeler kısmına enerji muhasebesi yazılarak yapılan aramada Ulusal Tez Merkezi, Ulakbim, DergiPark Akademik ve Hiperkitap platformlarında hiçbir sonuç bulunamamıştır. Bununla birlikte yapılan ayrıntılı araştırmalarda en öne çıkan çalışma (Kırlı ve Kulu, 2016) tarafından Enerji Yönetimi ve Enerji Muhasebesi isimli makaledir. İşletmelerin karlılıklarını ve verimliliklerini arttırmalarında enerjinin optimum kullanımının önemli olduğu ve bu amaca ulaşmak içinde enerji yönetimi uygulamalarından yararlanılması gerektiği hipotetik bir örnekle incelenmiştir. Enerji yönetimi uygulamalarında gerekli tedbirlerin alınıp, yeni politikaların üretilmesinde önemli bir alt bilgi sistemi olan enerji muhasebesinin en büyük katkıyı sağlayacağı sonucuna ulaşılmıştır. Diğer bazı çalışmalarda enerji muhasebesi araştırmalarının ana odağı olmamakla birlikte, (Karslı vd., 2011) çalışmasında enerji muhasebesi, diğer maliyet muhasebesi uygulamalarında olduğu gibi enerji yönetimi bakımından son derece önemli bir araç olduğunu belirtmiştir. (Bozkurt ve Karataş, 2011) çalışmalarında enerji sektöründe muhasebe standartları ile vergi mevzuatının farklılık

gösterdiği hususlara değinmiştir. (Kavak, 2005) (Üçüncü, 2016) (Topallı, 2012) (Dizkırııcı, 2012) çalışmalarda sanayide enerji verimliliğinin artırılması için alınması gereken tedbirler arasında enerji muhasebesinden bahsedilmektedir. Enerji muhasebesi, (Çakal, 2006) (Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, t.y.) çalışmalarında iyi organize olmuş bir enerji yönetim sistemine kılavuzluk yapacağı vurgulanmıştır.

Yabancı literatüre baktığımızda; enerji yönetimi ve karbon muhasebesi kapsamında çok sayıda yayınlanmış araştırmanın kolayca bulunabilmesine karşın, enerji muhasebesine ilişkin yayınlar literatürün gerisinde kalmaktadır. (Hoffman ve Wood, 1976) enerji sistem modelleri alandaki ilk çabaları ele almaktadır ve tutarlı, kapsamlı bir enerji muhasebesi yaklaşımının ABD'de 1950'lerden beri kullanıldığını ileri sürmektedir. Enerji muhasebesinin değeri, tanımlanması ve amaçları (Roberts, 1978)'de tartışılmıştır. İstatistiki yöntem ilk önce enerji giderlerinin tahminine dayanarak gösterilmektedir. (Hyman, 1976) hizmet muhasebesi ve enerji politikalarını ele almaktadır. 1970'li yılların sonunda (Boyles, 1979) enerji maliyeti için muhasebe disiplinin ön plana çıktığını vurgulamış ve çalışmasında enerji verilerini raporlamada karşılaşılan problemlerin temel çerçevesini ortaya koymuştur. Enerji verilerinin nasıl organize edilmesi ve sunulmasıyla ilgili çalışmasında (Cornwall ve California Energy Extension Service, 1984) enerji verilerini planlama, kayıt tutma ve enerji tasarrufu ile ilgilenenlere enerji muhasebesi metotları ile ilgili bilgiler vermektedir. Watt komitesi tarafından yayınlanan enerji kullanımının değerlendirmesi raporunda bazı basit prosedürlerin uygulanmasıyla (A.E.Eagles ve J.Claret, 1990) küçük işletmelerde enerji kullanımının daha büyük bir kontrol düzeyi sağlanabileceği vurgulanmaktadır. Yine aynı raporda (A.Melvin vd., 1990) Ulusal ve kabul edilmiş ilkelere dayanan kapsamlı bir plan analizi ve enerji muhasebesinin hükümet seviyesinde daha net bir şekilde açıklanması gerektiğine dikkat çekmektedir. (J.K.Jacques vd., 1990) Enerji muhasebesi ve denetimi için ölçüm ve planlama metotlarındaki problemleri incelemektedir. Bireysel tesis bazında enerji tüketimini azaltılması ile ilgili çalışmalarda hatalı sonuçlara bir alternatif bakış açısı getiren çalışmada (Nelson, 1994) enerji mühendislerine yönelik çeşitli hesaplama ve izleme teknikleri ve enerji muhasebesini işlevi ele alınmıştır. Geleneksel maliyetleme yöntemleri ile göz ardı

edilen enerji maliyetlerini faaliyet tabanlı maliyetleme yöntemiyle açıklayan (Fernandes vd., 1997), bir üretim işletmesinde uygulanmalı bir örnekle açıklamıştır. Enerji maliyetlerini yönetmenin bir anahtarı olarak muhasebenin nasıl kullanılacağı ve mevcut teknikler, (California Energy Commision, 2000) tarafından ele alınmıştır. Enerji mühendisliği ve teknolojisi ansiklopedisinde yer alan Muhasebe: Tesislerde Enerji Kullanımı makalesinde (Tripp, 2007) enerji izleme ve hedefleme, geleneksel performans endekslerinde veya enerji yoğunluğunda olası eksiklikleri, enerji performans analizi konularını ele almıştır. Enerji tasarrufu ve tüketimi azaltma üzerine yapılan bir çalışmada (Wang, 2013) enerji muhasebesinin özü, amacı ve unsurlarının teorik temeline yer verilmiştir.

Yabancı literatürde enerji muhasebesi bölümü bulunan enerji yönetimi kitapları bu konuyla ilgilenen enerji öğrencilerinden enerji profesyonellerine kadar geniş yelpazede kullanıcılara hitaben kaleme alınmıştır. Bu kitaplar genel olarak enerji muhasebesinin tanımı, aşamaları ve hesaplamaları başlıklarını içermektedir (Capehart vd., 2012) Enerji muhasebesi özelinde ayrıntılı bilgilere yer veren bu çalışmada bazı konu başlıkları enerji muhasebesinin tanımı, aşamaları ve hesaplamalarını içermektedir. Enerji muhasebesi ve analizi bölümünü içeren enerji denetimi el kitabında (Thumann, 2013) enerji muhasebesinin amaçları ölçüm ve kayıt teknikleri ile ilgili ayrıntılı bilgilere yer vermektedir. Farklı konulara odaklanmış bazı kitaplarda enerji muhasebesine yer veren bazı kitaplar (Emblemsvåg, 2016), (Aldrich vd., 2010), (Aspinall vd., 2014), (GEA, 2012), (Wang, 1999), (Bosnich, 2017), (Klemeš vd., 2008) tarafından literatürde yerini almaktadır.

3.2. Enerji Muhasebesi

Bir kalkınma aracı olarak güvenli enerji kaynaklarına erişim, uluslararası alanda ortak bir endişe kaynağı olmuş ve enerjiyi korunacak değerli bir varlık haline getirmiştir. Bu nedenle sorunu daha iyi ele almak için birçok enerji sistemi analiz metodu geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Bu modellerin geliştirilmesinde enerjinin kullanılabilirliği (niteliksel açıdan), ekonomisi, çevresel kısıtlamalar ve sosyal faktörler enerji modellemelerinde dikkate alınan bazı faktörler olarak ortaya çıkmıştır (Khajehpour vd., 2017: 999). Günümüzün yenilenebilir enerji teknolojileri ile karşılanacağı öngörülen enerji talebi ihtiyacın çok gerisinde kalmaktadır. Bu nedenle

enerji odaklı alternatif analiz ve yönetim sistemlerinin geliştirilmesine katkı sağlamak günümüz bilim dünyasında öne çıkan konular arasında önemini giderek arttırmaktadır.

Çoğu insan “muhasebenin” parayla ilgili olduğuna alışkındır, ancak enerji bağlamında çoğu için muhasebe yeni bir şeydir (Aspinall vd., 2014: 30). “Enerji” kelimesi, birçok sektörde iş, ısı, bir maliyet vb. gibi çok çeşitli kavramları kapsayan şekillerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Teknisyen, elektrikten sıcak suya kadar çeşitli biçimlerde makine ve teçhizatlar da kullanılan enerji akışını izler. Bir operatör ise satın aldığı birkaç enerji taşıyıcısının, elektrik ve yakıt miktarları ve maliyetleri ile ilgilenir. Teknik aktivite ile ekonomik sonuç arasındaki ilişki açık değildir (Trambouze, 2000: 693). Eğer enerji tüketimi, mal ve hizmetlerin tüketiminden kaynaklanıyorsa ve bu malların ve hizmetlerin tüketiminin neden olduğu parasal tutar olarak hesaplanıyorsa, o zaman enerji maliyetleri enerji tüketiminin neden olduğu parasal tutardır (Annett ve Uwe, 2012: 130). Toplumun değişik kesimlerinde yaklaşım biçimlerine göre farklı kullanımları bulunan enerjinin bir ortak noktası vardır ki bu da enerjinin kıt olduğu ve rasyonel bir şekilde kullanılması gerçeğidir. Geçmişte yaşanan enerji krizleri ve enerji fiyatlarındaki dalgalanmalardan sonra günümüzde enerji maliyetleri görece daha istikrarlı bir hale gelmiştir. Ancak bu durum “hayati bir güç olan” enerjinin satın alma fiyatından bağımsız olarak rasyonel kullanılması gerekliliğini göz ardı etmemiz anlamına gelmemelidir. Zira üretimde sürekliliğin ve kalitenin sağlanması ve çevresel etkilerinin azaltılması için enerji uygulamaları ve kullanılan teknolojiler gibi konuların iyi anlaşılması ve yönetilmesi çok önemlidir.

Enerji verimliliği kavramı çoğunlukla şirketin finansal yönleriyle ilgisi olmayan bir “teknoloji düzeltmesi” olarak görülmektedir. Faaliyetlerin sadece teknik ve üretim alanlarını kapsadığı ve diğer personelin enerji verimliliği süreçlerine katılımları yeterince ödüllendirilmediği görülmüştür. Ancak, en etkili enerji verimliliği çabaları doğrudan muhasebe fonksiyonundan gelebilir. Genel olarak muhasebe fonksiyonunun enerji verimliliği ve olumlu faydaları ile yeterince ilgilenmediği görülmektedir (Tangram, 2010: 4). Birçok durumda kuruluşlardaki temel muhasebe modelleri enerji maliyetlerini kontrol edilemeyen bir maliyet unsuru olarak ele alırlar. Bir kısım yerel idarelerle enerji sözleşmeleri müzakere edilmesi bir dereceye kadar enerji maliyetlerine yoğunlaşmayı sağlar, ancak çoğunlukla bu maliyetler dışsal bir girdi

olarak değerlendirildiğinden üzerinde fazla durulmaz. (Aldrich vd., 2010: 13; ETSU vd., 1999: 1). Bu değerlendirmeler gerçeği yansıtmaz; toplam enerji maliyeti hem sabit hem de değişken maliyetlerin birleşimidir ve her iki bileşeni de azaltmak için etkili enerji yönetimi kullanılabilir. Enerji muhasebesi kavramı nispeten yeni bir uygulamadır ve endüstriyel denklemden bir faktör olarak enerjinin artan öneminden kaynaklanır. Geçmişte malzeme, işçilik ve genel masraflar büyük sermaye yatırımları gerektirdiğinden dikkatli bir şekilde kontrol edilmiştir, ancak günümüzde artan enerji maliyetleri, enerjinin muhasebe fonksiyonu içinde benzer bir tedaviye ihtiyaç duyduğunu ortaya koymaktadır (Watt Committee, 1990: 8). Nitekim işletmelerde meydana gelen finansal nitelikteki olaylar muhasebe bilgi sistemi ilgi alanına girmektedir ve karar alma sürecindeki belirsizliği azalttığı oranda değerlidir (Atabey vd., 2014: 3). Muhasebecilerin toplumda geleneksel rolü, karar vericilerin alternatif seçenekleri değerlendirirken kullanılan verilerin toplanması, yorumlanması, kayıt altına alınması, özetlenmesi, doğrulanması ve raporlanmasıdır. Muhasebecilerin enerji muhasebesine dahil olmalarının nedenleri arasında karar alıcılara yönelik hazırlanan finansal raporların dipnotlarında enerji verilerinin yer alması konusunda profesyonel bir sorumluluklarının bulunması yer almaktadır (Boyles, 1979: 35).

Artan rekabetle birlikte, tarihin hiçbir döneminde, işletmelerin etkin yönetimi için maliyet bilgilerine olan ihtiyaç, günümüzdeki kadar yüksek olmamıştır (Küçüksavaş, 2006: 1). Bu nedenle işletmelerde, enerji tüketimini azaltmak, tasarruf sağlamak ve verimliliği arttırmak amacıyla enerji maliyetlerini kontrol altına almak için enerji muhasebesinin oluşturulması ve yönetim muhasebesi fonksiyonunun bu yönde genişletilmesi gerekmektedir (Wang, 2013: 36). Muhasebeciler, enerji verimliliğini arttırmak için analitik becerilerini kullanarak bir işletmeye değer katabilirler (Tangram, 2010: 3). Enerjiyi sabit bir maliyet olarak görmeyip, bu maliyet kalemini etkileyen faktörleri göz önüne alarak, ölçümler ve karşılaştırmalar yaparak yönetilmesini sağlamamız mümkündür. Böylelikle, enerji maliyetlerini düşürebilmek günümüz rekabet koşullarındaki işletmeler açısından önemlidir. Enerji tasarrufu sağlanması için öncelikle ne kadar enerjinin hangi birimler tarafından ne oranda tüketildiğini bilmemiz gerekir. Bunların kayıt altına alınması ve sayıların rapora dönüştürerek karar vericilere sunulması muhasebe biriminin görevidir.

Enerji muhasebesi özel bir kaynak muhasebesidir ve temel işlevi kayıt altına alma, kontrol etme ve karar alma sürecine dahil olmayı içerir (Wang, 2013: 36). Bir maliyet ve yönetim muhasebesi işletme dışındaki menfaat gruplarından çok, işletme organizasyonlarında yer alan, yöneticilerin bilgi ihtiyaçlarını karşılamaya yoğunlaşmıştır. Finansal muhasebe daha çok işletmenin finansal durumuyla ilgilenen işletme sahipleri (ortaklar), işletmeye borç para verenler ve potansiyel yatırımcılar gibi işletme dışı kullanıcılar için gerekli bilgileri sağlamaya yoğunlaşır. Yönetim fonksiyonları düşünüldüğünde yönetim için en önemli bilgi kaynağının maliyet/yönetim muhasebesi olduğu görülecektir (Küçüksavaş, 2006: 4-5). Finansal muhasebe tarafından sağlanan kar ve zarar tabloları yöneticinin ne kadar iyi çalıştığını gösteren bir fonksiyona hizmet ederken, yöneticilerin politika kararlarına rehberlik eden, işletmelerin gelecekteki performansını iyileştirecek olan enerji muhasebesi tarafından sağlanan tutarlı istatistiklerin ayrıntılı raporları daha stratejik bir konumda olabilir (Wang, 1999: 2-3).

Enerji maliyetlerini daha iyi kontrol etmek için işletmeler, finansal muhasebeden teknik yönden ayrı bir temelde “enerji muhasebesi” uygulamalarını iş süreçlerine dahil edebilirler. Enerji maliyetlerinin yönetimi ve kontrolüne ilişkin bir muhasebe sistemini takip eden işletmeler, aynı zamanda enerji tasarrufu ve tüketim azaltılması ile elde edilen geliri de yansıtmaları gerekir (Wang, 2013: 36). Enerji muhasebesinin işletmeler açısından politik olarak seçilmesinin gerekli olup olmadığı hakkında kesin bir yargıya varılamaz, ancak enerji muhasebesi oldukça basit olduğundan, açıklamak ve uygulamak en azından karmaşık sistemlerden çok daha kolaydır (Emblemsvåg, 2016: 185). Burada, enerji muhasebesi uygulamaları için ayrılacak bütçenin, işletmenin diğer önemli ticari hedefleriyle öncelikli olarak rekabet etmesi gerektiğini belirtmemiz gerekir.

3.2.1. Enerji Muhasebesinin Tanımı

Muhasebenin faaliyeti, her zaman evrensel olarak geçerli ve eksiksiz kabul edilen bir dizi hesaplar setini sunmaktan ibaret değildir. Bununla birlikte, yeni politikalar üretmek için faaliyetin değeri açısından, nihai bir hesap kümesi asla ortaya çıkmasa bile, muhasebe süreci oldukça değerli olabilir (Wang, 1999: 2). Genel muhasebeden farklı olarak yönetim ve maliyet muhasebesi gibi iç raporlamada

kullanılan muhasebe faaliyeti, işletmelerin alacakları kararlarda daha önemli olabilmektedir. Kıymetli bir üretim girdisi olan enerjinin muhasebe disiplini içinde ele alınması üzerine odaklanan çeşitli yaklaşımlar mevcuttur. Bu kısımda standart bir uygulaması ve tanımı olmaması nedeniyle enerji muhasebesinin farklı tanımlarına yer verilecektir.

Enerji muhasebesinin tanımları arasındaki bazı farklılıkların bir nedeni, bütün uygulayıcıların “muhasebe” kelimesini aynı şekilde kullanmamasıdır. Türk Dil Kurumu’na göre muhasebe “hesaplaşma, karşılıklı hesap görme, hesap işleriyle uğraşma, hesapların bütünü, hesap işlerinin yürütüldüğü yer” anlamında ele alınırken yabancı kaynaklarda 'sayma, hesaplama, takip etmek, hesap verme' anlamlarına gelen terim olarak kullanılmaktadır. Ancak, daha resmi bir muhasebe kullanımı daha vardır ki bu da biçimsel anlamda, muhasebenin aynı zamanda bir rapor veya açıklayıcı bilgi kaynağı olarak tanımlar. Daha da önemlisi, genellikle 'muhasebe dönemi' tarafından tanımlanan, zaman içinde tek bir noktada bir sistemi tanımlayan yapısal bir bilgi bütünü olmasıdır. Bu açıdan bir isim olarak muhasebe ve bir süreç olarak muhasebe arasındaki ayırım, enerji muhasebesi uygulamasının faydalarını değerlendirmede önemlidir.

Bir enerji muhasebesi sistemi, gerekli bilgi ve veri zenginliğini sağlayabilir ve daha sonraki uyarlama önlemlerinin tasarlanması ve iyileştirilmesi için analizleri kolaylaştırabilir (Henze, 2001: 97). Enerji muhasebesinde enerji ile enerji tüketimi muhasebesi kastedilir, ancak bu gereğinden uzun bir açıklamadır, bu nedenle basitlik için enerji muhasebesi terimi kullanılır (Emblemsvåg, 2016: 180). Enerji muhasebesi, enerji tüketimini ve maliyetini düzenli olarak kaydetmek, analiz etmek ve raporlamak için kullanılan bir sistemdir (California Energy Commission, 2000: 1; Capehart vd., 2012: 27; Cornwall ve California Energy Extension Service, 1984: 2; Kırılı ve Kulu, 2016: 4895). Enerji muhasebesi, enerjiyi kim tarafından, hangi biçimde ve ne miktarda kullanıldığı ve maliyeti ne olduğu sorularını cevaplar (Trambouze, 2000: 704). Enerji muhasebesi, enerji işlemlerinin analizi, sınıflandırılması ve kaydı ve bu işlemlerin bir işletmenin teknik performansı ve finansal durumunu nasıl etkilediğinin belirlenmesidir (Watt Committee, 1990: 14) Enerji muhasebesi sistemi, enerji verimliliği projelerinden tasarruf doğrulamak için gereken tüketim ve maliyetleri sürekli izleyen

enerji kullanım verilerini sağlar (ASHRAE, 2015: 36-31). Enerji muhasebesi çerçevesi, orijinal tedarik kaynaklarından, dönüşüm süreçleri ile tüm çift sayımlardan kaçınarak nihai kullanım taleplerine kadar enerji akışlarının eksiksiz bir şekilde hesaplanmasını sağlayan bir çerçevedir (Bhattacharyya, 2011: 15). Enerji muhasebesi, bir tesiste kullanılan çeşitli enerji kaynaklarının görelî değerini değerlendirmede ortak bir temel uygular (Nelson, 1994: 123). Enerji muhasebesi gerekli veri ve bilgi zenginliğini sağlayabilir ve daha sonraki güçlendirme önlemlerinin tasarlanması ve iyileştirilmesi için analizleri kolaylaştıran bir sistemdir (Henze, 2001: 97). Enerji Muhasebesi, enerji tüketimini niceliksel olarak izleyen, tüketimi, üretim ve hava durumu gibi anahtar bağımsız değişkenlerle ilişkilendiren ve zaman içinde ve ilgili kriterler karşısında enerji performansını veya verimliliğini değerlendiren yönetim tekniğidir (Tripp, 2007: 1). Enerji muhasebesi, muhasebe ve disiplinler arası yöntemler aracılığıyla, enerji varlıklarının değerini ve enerji üretimi, geliştirilmesi, kullanımı, kapsamlı kullanımı ve yenilenmesinin maliyet ve faydalarını karşılar, ölçer, kaydeder ve raporlar, böylece ilgili karar vericilere yararlı muhasebe bilgisi sağlar (Wang, 2013: 37). Yukarıda yapılan tanımlardan yola çıkarak enerji muhasebesini, “işletme yönetimine karar alma, planlama, yönetim ve kontrol için enerji tüketimi ve maliyetleri ile ilgili bilgi ve belgelerin toplanması, kaydetme, sınıflandırma, raporlama ve yorumlama fonksiyonlarını yerine getiren muhasebe dalı” olarak tanımlayabiliriz.

3.2.2. Enerji Muhasebesinin Amaçları

Son yıllarda büyük ölçekteki işletmelerin sahip olduğu çeşitlendirilmiş enerji kaynaklarını yönetmenin karmaşıklığı belirgin bir şekilde artmıştır. Zayıf enerji yönetimi uygulamaları ile ilgili mali, operasyonel ve itibar etkileri olumsuz sonuçlar doğurabilir ve görünüşte basit faktörlerden kaynaklanabilir. Tersine önemli ödülleri, enerji politikası, tedarik, sözleşme ve muhasebe konularını etkin bir şekilde anlamak ve yönetmek suretiyle gerçekleştirilebilir (Bosnich, 2017: 43). Organizasyonların yönetim birimi açısından çoğu zaman ana faaliyet konusunun dışında gibi ele alınan enerji muhasebesi uygulaması alınacak basit önlemlerle işletmelerin mali yapısı, operasyon süreci ve dışa dönük imajı üzerinde pozitif sonuçlar doğurabilir. Ayrıca, enerji muhasebesi verilerinin kontrol edilmesi, işletmeler için birçok potansiyel

sorunun önüne geçeceğinden stratejik operasyonlara odaklanma özgürlüğü sağlayabilir.

Enerji muhasebesinin hedefleri, yönetimin şirketin enerji tüketimi, kayıpları, verimliliği ve maliyetiyle ilgili bilgi ve kontrol ihtiyacından kaynaklanır (Annett ve Uwe, 2012: 129). Enerji muhasebesinin temel amacı yönetimin ihtiyaçlarına hizmet etmektir. Finansal muhasebe hedefinin temel gerekliliklerinin karşılanmasına ek olarak enerji muhasebesi aşağıdaki ihtiyaçları da karşılamalıdır (Wang, 2013: 36):

➤ Öncelikle, enerji muhasebesi unsurlarının tanınması ve ölçülmesi yoluyla, hükümet, endüstriyel makamlar, yatırımcılar, yöneticiler ve diğer ilgili bilgi kullanıcıları için enerji gelişimi, kullanımı ve korunmasına ilişkin doğru, zamanında, etkili ve kapsamlı bilgi sağlanabilir.

➤ İkincisi, muhasebe yönetimi faaliyetleri ile kaynakları geliştirme ve kullanım süreçleri üzerinde olumlu etkiler ekonomik ve sosyal iyileşmeye aynı anda fayda sağlayabilir. Bu da sürdürülebilir kalkınmaya bir katkı anlamına gelmektedir.

Enerji maliyetlerini kontrol etmek için en az maliyetli yöntemlerin belirlenmesi, yıllardır enerji yönetimi profesyonellerinin en önemli önceliği olmuştur. Enerji muhasebesi, enerji verilerinin toplanması, düzenlenmesi ve analiz edilmesi sürecidir. Enerji muhasebesi aşağıda belirtilen enerji muhasebesinin temel görevlerini yerine getirmelidir (Alliance, 2017: 1):

- i. Enerji maliyetlerini kaydetmek ve sınıflandırmak
- ii. Enerji sorunlarını ve fatura hatalarını gidermek
- iii. Daha verimli enerji kullanımı sağlayan sermaye yatırımlarını önceliklendirmek
- iv. Enerji programının başarısını değerlendirmek ve sonuçları raporlamak
- v. Verimli enerji yönetimi için teşvik yaratmak
- vi. Enerjisi bütçesi maliyetlerini daha doğru belirlemek

Enerji kullanımı yüksek işletmelerin yüksek enerji maliyetleri ve çevresel performansın yakından incelenmesi sırasında enerji kullanımını ve emisyon azaltışlarını dikkate almak enerji muhasebesinin işlevleri arasındadır (Bosnich, 2017: 45). Enerji muhasebesi uygulamalarında işletmelerin açık amaçlara ve hedeflere sahip

olmaları, ihtiyaçlara olan araçlara karar vermelerine yardımcı olacaktır. Aşağıdaki tabloda bazı örnek amaç ve hedefler yer almaktadır.

Tablo 3-1: Enerji Muhasebesinin Amaç ve Hedefleri

<i>Amaçlar</i>	<i>Hedefler</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Enerji maliyetlerini yönetmek • Enerji / çevre bilincini artırmak • Su ve diğer kaynak maliyetlerini yönetmek 	<ul style="list-style-type: none"> • Enerji güçlendirmelerinden tasarruf sağlamak • Enerji maliyetlerini yönetmek için çalışanları motive etmek • Enerji tasarrufu hedeflerini ve parasal teşvikleri belirlemek • Enerji güçlendirmeleri için sitelere öncelik vermek • Olağandışı tüketim artışlarını gidermek • Fatura hatalarını bulmak • Elektrik kesintilerine uğradığı için fiyat ve hizmet için pazarlık yapmaya hazırlamak

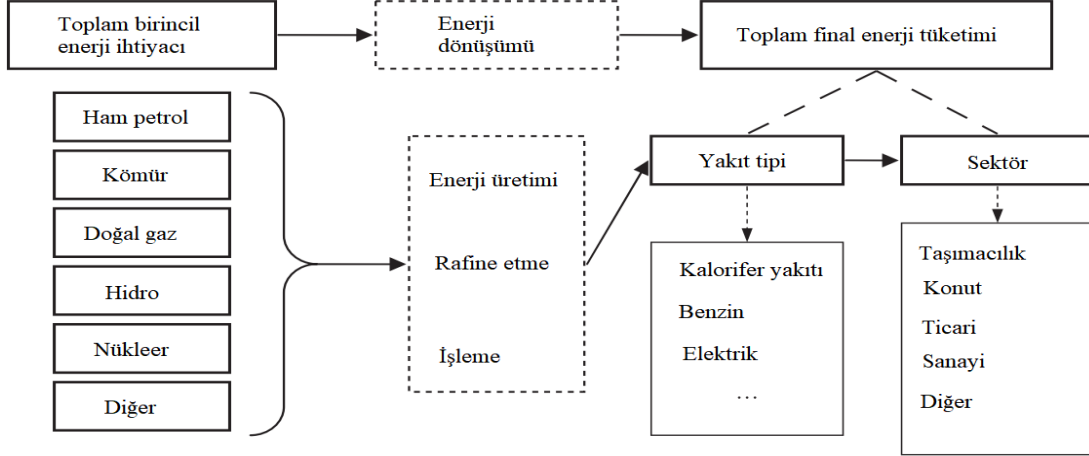
Kaynak: (California Energy Commission, 2000: 5)

Enerjinin ölçülmesi ve doğrulanması yoluyla elde edilen verilerden enerji tasarruf önlemlerinin uygulamaları önemli bir hedef olmakla birlikte, yüksek performanslı enerji muhasebesi sistemleri, kapsamlı enerji analizleri yapmak için zamansal ve mekansal veri detaylarının düzeyini arttırır (Henze, 2001: 106). Aslında enerji muhasebesi, rekabetçi olmak açısından bir öncelik ya da işletme sürecine ekstra bir ilave olarak değil de iyi üretkenliğe önemli katkıda bulunan bir fonksiyon olarak ele alınmalıdır. Şirketin yönetim sistemine entegre edildiğinde, enerji muhasebesi çalışmaları zaman alıcı değildir ve iyi bir enerji yönetiminin önemli bir parçasıdır.

Enerji muhasebesinin makro ölçekte amaçları arasında enerji tüketimine bağlı olarak ekonomilerin gelişimini tanımlamak için kullanılacak bilgileri sağlamak yer almaktadır. Örneğin, enerji kullanımından ekonomik büyümenin saptanması söz konusudur. Makro düzeyde enerji hesapları, toplam hesapların bir sonucudur ve çok sayıda veri kaynağı kullanılarak derlenir. Bu hesaplar enerji ürünlerinin fiziksel ve enerjik birimlerde tedarik ve kullanımı hakkında bilgi sağlarlar. Arz, enerji ürünlerinin

üretimi ve ithalatından oluşur. Enerji ürünlerinin ortalama kullanımı, enerji dışı kullanımı, kayıpları, stok değişiklikleri, ihracat ve hane halklarının tüketimi gibi verileri göstermek için kullanılır (Statistics Austria, 2009: 6).

Şekil 3-1: Enerji Dengesi Tablolarının Tipik Yapısı



Kaynak: (Evans ve Hunt, 2009: 91)

Ekonomiler genelinde enerji muhasebesinin asıl amacının sadece teorik olarak 'daha iyi' sayılarla bir dizi hesap seti üretilmesinin ötesinde enerji gelişimi, kullanımı ve korunmasına ilişkin doğru, zamanında, etkili ve kapsamlı bilgi sağlamak yoluyla sürdürülebilir kalkınmaya katkı sağlamak yer alabilir.

3.2.3. Enerji Muhasebesinin Önemi

Başarılı enerji yönetimi programları, iki önemli faktör tarafından sürdürülür. Bunlar hesap verebilirlik ve performans hedefleridir. Bu faktörler, sanayide enerji yönetimi için insan odaklı bir sistem gerektirir. Böyle bir sistem, operatörlerin, makinelerin ve bilginin ürettiklerini etkili bir şekilde entegre etmelidir (Feigenbaum'dan akataran Bielinskis ve Burba, 2000: 261).

Başarılı kurumsal düzeydeki enerji yöneticileri, devam eden bir enerji yönetimi programının temel taşlarını sıraladıkları zaman, en üst düzey kurumsal yetkililerin taahhütlerinin ardında enerji muhasebesi sistemlerini sıralarlar (Capehart vd., 2012: 27). Enerji muhasebesi sürekli olarak yüksek seviyede bir enerji farkındalığı sağlar ve operasyondaki anormallikleri çok hızlı bir şekilde tespit edilmesine izin verir (Petrecca, 2014: 292). Enerji yönetiminden tam anlamıyla fayda sağlamak için,

işletmelerin enerji tüketimini izleyebilmeleri, tüketimi bağımsız değişkenler ile ilişkilendirebilmeleri, tesisler ve binaların enerji performanslarını zaman içinde ve benzeri diğer tesislerle karşılaştırabilmeleri, enerji tasarrufu önlemlerinin etkisini değerlendirebilmeleri gerekir (Tripp, 2007: 1). Enerji muhasebesi sadece yönetimin kararlarına bilgi sunmakla kalmayıp aynı zamanda bu kararları oluşturmalarına katkıda bulunmaktadır (Georg ve Justesen, 2017: 1078).

Enerji muhasebesi uygulamanın kuruluşlara sağlayacağı faydalar bakımından yedi önemli nedeni aşağıdakileri içerir (California Energy Commission, 2000: 1):

- i. Enerji tüketimi ve maliyetlerini kaydeder ve nitelik verir.
- ii. Enerji sorunlarını ve faturalama hatalarını giderir.
- iii. Enerji sermaye yatırımlarına öncelik vermek için bir temel sağlar.
- iv. Enerji programının başarısını değerlendirir ve sonuçları iletir.
- v. Enerji yönetimi için teşvikler sunar
- vi. Daha doğru bütçelemeye imkan tanır
- vii. Değişen bir elektrik piyasasında enerjinin daha düşük fiyatlar için kuruluşlara alışveriş pozisyonu sunar

Günümüzde artan öneme sahip bir konu olarak tartışılan iklim değişikliğinin temelinde, fosil kaynaklardan enerji elde etme girişimi sonucu oluşan CO² emisyonlarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çevresel etki ölçümlerinde karşılaştırılabilirliğin sağlanması, tamamen imkansız olmasa da, son derece zordur. Bu nedenle, ölçülmesi kolay olan enerji kullanımının yönetilmesi de mümkündür (Emblemsvåg, 2016: 178). Enerji muhasebesinin sağlayacağı bilgi potansiyeli göz önüne alındığında hangi ölçüm sistemini seçmenin daha uygun olacağı gibi politik meseleleri bir kenara bırakıp enerji muhasebesi ile elde edilen bilginin nasıl kullanılacağı üzerinde yoğunlaşmak daha doğru bir yaklaşım olacaktır. Bir kurumun etkili yönetimi için diğer muhasebe dallarında olduğu gibi önemli maliyet tasarrufları sağlanması açısından enerji muhasebesi uygulamaları teşvik edilmeli ve yaygınlaştırılmalıdır.

Diğer taraftan, enerji arzı kesintilerine bir çözüm olarak kaynak çeşitlendirmesi giderek yaygınlaşmaktadır ve bu da tutarlı bir enerji muhasebe rejiminin daha da

önemli olacağı anlamına gelir (Emblemsvåg, 2016: 185). Enerji kaynaklarını çeşitlendirme politikaları olarak kullanılan bazı alternatifler arasında güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, hidroelektrik enerji gibi yenilenebilir kaynaklar yer almaktadır. Ancak her birinin kendine göre olumlu ve olumsuz yönleri bulunmaktadır. Bu nedenle enerji muhasebesi bir işletme için optimum enerji portföyünü oluşturmada önemli bilgiler sağlayabilir.

3.2.4. Enerji Maliyetleri

Enerji faturalarında görülen para tasarrufu işletmeler, endüstriler, bireyler kısacasın toplumdaki her kesim için arzu edilen bir durumdur. Enerji faturaları için gelirlerinin büyük bir bölümünü kullanan müşteriler ve özellikle de şirketlerinin işletme maliyetlerinin önemli bir bölümünü temsil eden müşteriler enerji maliyetlerini kontrol altına almaya başlamak ve sürdürmek için güçlü bir motivasyona sahiptir. İşletmeler için maliyeti sıfır ya da çok düşük operasyonel değişiklikler ile elektrik faturalarında %10-20 oranında tasarruf edebilir. İki yıl veya daha az geri ödeme süreleri olan sermaye maliyeti programları genellikle %20-30 oranında ek tasarruf sağlayabilir. Birçok durumda, enerji maliyetlerini kontrol altına almak, hem azaltılmış enerji tüketimi hem de çevreyi kirletici emisyonların azaltılması ile sonuçlanacaktır (Turner, 2001: 35). Faturalarda %30'a varan oranlarda tasarruf sağlayabilecek herhangi bir faaliyet kesinlikle herhangi bir şirkette dikkat çekmelidir. Birçok şirket, satışları artırmaya çalışırken para, zaman ve emek harcamaktan çekinmezken, enerji maliyetlerini kontrol altına alarak elde edilecek maliyet tasarruflarını görmezden gelmektedirler.

Enerji maliyetleri genel olarak iç enerji tedariki için mal ve hizmet tüketiminin neden olduğu toplam parasal tutar olarak tanımlanır (Annett ve Uwe, 2012: 131). Diğer bir ifadeyle enerji maliyeti, enerji üretimi, geliştirme, kullanım, koruma, hizmet, kapsamlı kullanım vb. konularında ortaya çıkan maliyet değeridir. Enerji maliyeti aşağıdaki özelliklere sahiptir (Wang, 2013: 38).

- i. *Tüketimin rasyonalitesini içerir.* Bazı ürünlerin üretilmesinde gerekli olan miktarda enerjiden azının veya çoğunun tüketilmesi söz konusu

olmamalıdır. Makul seviyede enerji ihtiyacını belirlemek için muhasebe kontrolünde iyileştirmeler gereklidir.

ii. *Tüketim standartlarına uygunluğu içerir.* Belli ürünlerin üretimi için harcanan enerji, ilgili gerekliliklere uygun olmalıdır ve bu nedenle maliyet, kalite ve miktar arasındaki ilişki kapsamlı olarak ele alınmalı ve kontrol edilmelidir.

iii. *Tüketim tasarrufu özelliğine sahiptir.* Yani, mümkün olan en düşük kaynak tüketimi ile azami ekonomik faydalar elde edilebilir, ancak tüketim tasarrufu, ürün kalitesini ve performansını azaltmadan ön plana çıkarılmalıdır.

iv. *Maddi nesnelerin fiziksel birimleriyle olan ilişkisini göstermektedir.* Enerji maliyeti, enerji tüketim biriminin değişimi ile birlikte eşanlı olarak değişir ve bu nedenle enerji tüketimi birimine yakındır.

Enerji ile ilgili doğru tanzim edilmiş bir maliyet bilgisini sağlamak için, enerji ve enerji tüketiminin özelliklerini ve bunların kavramsal olarak ele alınış şekilleri iyi algılanmalıdır.

Fizikte enerji iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanır. İşletme yönetiminde ise enerji (veya enerji kaynakları), üretimi, tedariki, atık bertarafı vb. maliyetlere neden olan bir üretim faktörüdür. Üretim ve maliyet faktörünün fiziksel ve ekonomik yönleri göz önüne alındığında enerji, kısmi maliyet muhasebesi kavramının tasarımı için dikkate alınması gereken çeşitli özellikleri göstermektedir. Bunlar şu şekilde kategorize edilebilir (Annett ve Uwe, 2012: 129-130):

1. Enerji kaynaklarının çeşitliliği ve enerji formları
2. Faydalı enerji talebi olarak fiili enerji talebi
3. Enerji arzında ve talepte dalgalanmalar
4. Termodinamik yasalarından çıkarımlar

Enerji çoğu zaman sabit bir maliyet olarak ve iş yapma fiyatının bir parçası olarak genel bir yük olarak görülür. Gerçek şu ki, toplam enerji maliyeti hem sabit hem de değişken maliyetlerin birleşimidir ve her iki bileşeni de azaltmak için etkili enerji yönetimi kullanılabilir. Muhasebeciler bir ürünün toplam maliyetini sabit ve değişken bileşenlerden hesaplamaya alışkındırlar (Tangram, 2010: 4).

Şekil 3-2: Plastik İşleme İçin Genel Bir Maliyet Dökümü

Üretim Maliyetleri		
	Hacim	Kompleks
İlk madde ve malzeme	80%	45%
Makine	10%	25%
Araç gereç	5%	20%
İşgücü	2%	5%
Paketleme ve taşıma	3%	5%
Toplam	100%	100%

Makine Maliyetleri		
	Hacim	Kompleks
Enerji	39%	20%
Su	20%	4%
Yardımcı	1%	1%
Tesis	40%	75%
Toplam	100%	100%

Kaynak: (Tangram, 2010: 4)

Toplam ürün maliyeti = Sabit maliyetler + (Üretim hacmi x birim değişken maliyeti)

Benzer şekilde, enerji maliyeti işleme, sabit ve değişken bileşenlerden oluşur, burada:

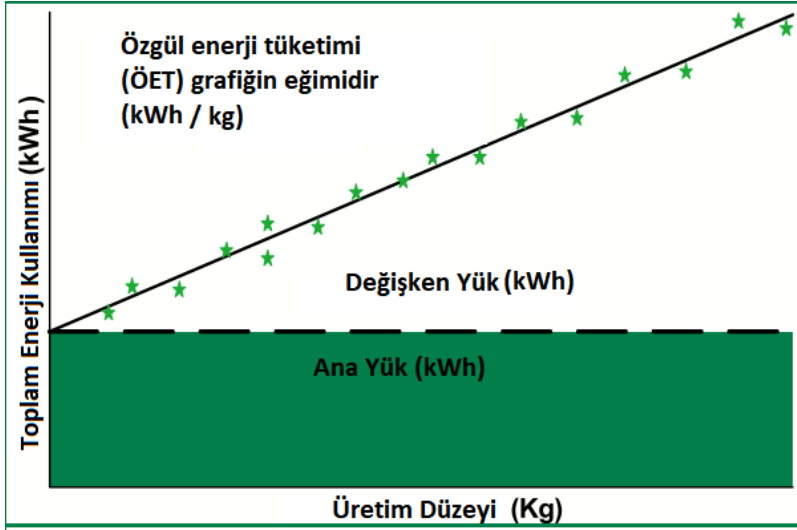
$$\text{Toplam enerji kullanımı} = \text{Ana Yük} + (\text{Üretim} \times \text{ÖET})$$

Bu durumda üretimin gerçekleşip gerçekleşmediğine bakılmaksızın ‘Ana Yük’ oluşur ve çıktı olarak değişmez. ÖET, ‘‘Özgül Enerji Tüketimi’’ her bir kilogram bitmiş ürünü işlemek için kullanılan enerji miktarının bir ölçüsüdür ve standart bir maliyetlendirme sisteminde birim değişken maliyetine benzer. Herhangi bir maliyet yönetimi sürecinde olduğu gibi, toplam enerji kullanımını azaltmak için iki yöntem vardır:

- Sabit maliyetleri azaltmak için Ana Yükün azaltılması.
- Değişken maliyetlerini düşürmek için ÖET'yi düşürmek.

Ana Yük ve ÖET arasındaki ilişki sağdaki şemada gösterilmiştir.

Şekil- 1: Ana Yük ve Değişken Yük



Kaynak: (Tangram, 2010: 4)

Grafikten görüldüğü üzere, toplam enerji kullanımının bir bölümü üretim düzeyindeki değişmelere (1 kg veya 1 ton) bağlı kalmaksızın sabit olan ana yük miktarından oluşmaktadır. Diğer taraftan üretim hacmine göre artan oranda bir maliyet unsuru vardır ki burada değişimin boyutunu özgül enerji tüketimi ve üretim düzeyi belirlemektedir. Toplam enerji maliyeti bu iki bileşenin herhangi bir üretim seviyesinde toplanmasıyla elde edilir.

Günümüzde daha fazla şirkette, enerji verimliliği ve enerji maliyeti ön plana çıkmaktadır. Enerji tüketimi ve enerji dağıtım maliyetlerinden enerji kayıplarına ve enerji kullanımını kolaylaştıran altyapıya kadar kapsamı geniştir. Artan önemi, enerji tüketiminin, kayıplarının ve koruma potansiyelinin maliyetinin daha fazla şeffaf olmasını gerekli kılar. Böyle bir enerji maliyeti izlenmesi tanımının uygunluğuna rağmen, enerji ile ilgili maliyetleri, tüketim ve kayıpların şeffaf hale geleceği şekilde kaydetmek için olgun kavramlar mevcut değildir (Annett ve Uwe, 2012: 128). Enerji maliyetleri diğer maliyet unsurları gibi muhasebe sistemlerinde izlenebilir. Buna rağmen, şirketlerin çoğunun aktif enerji yönetim programı ve hatta raporlama sistemi yoktur. Burada amaç enerji maliyetlerini etkin bir şekilde yönetmek ve enerji raporlarını muhasebe fonksiyonuna entegre ederek enerji yönetimin gündemine normal bir işletme faaliyeti olarak taşımak olmalıdır.

Enerji yöneticisi için en zor problemlerden biri, enerji giderlerinin genel giderlerin bir parçası olarak muhasebeleştirildiği bir tesisin enerji maliyetlerini azaltmaya çalışmaktır. Bu durumda, münferit yöneticiler ve denetçiler enerji maliyetlerini kontrol etmek için kendilerini sorumlu görmezler. Bunun nedeni, toplam şirket yükünün bir parçası olan maliyetleri azaltmaktan doğrudan bir fayda görmemeleridir. Bu soruna en iyi çözüm, üst yönetimin enerji maliyetlerini şirket veya tesiste “maliyet merkezlerine” indirmesidir. Enerji maliyetleri, üretim merkezlerine malzeme ve işçilikle aynı şekilde ücretlendirildikten sonra, yöneticiler bu enerji maliyetlerini kontrol etmek için doğrudan bir teşvike sahiptir, çünkü bu, üretim merkezinin genel maliyet etkinliğini artıracaktır (Capehart vd., 2003: 28). Enerji muhasebesi sistemi tarafından etkinleştirilen her organizasyonel birim (örneğin, departmanlar veya faaliyetler), gerçekte sorumlu olduğu enerji maliyeti ile yükümlü olmalıdır. Enerji yönetiminin amacı kişinin davranışı (nedeni) ile bu davranışla ilgili enerji maliyeti arasındaki farkı (etki) kapatmaktır. Toplam enerji maliyetleri, işgal ettiği alan bazında birimlere tahsis edilmesi, enerji yönetiminin amacını yitirmesine neden olur (Henze, 2001: 105). Bu yetki ve sorumluluk ayrılığı, enerji harcamalarının yönetimini ve kontrolünü kolaylaştırır ve maliyetleri düşürme çabalarının etkinliğini artırır. Maliyetleri azaltma çabaları hangi birim tarafından ne oranda yapıldığı tespit edilirse, tanınmanın sağlanması ve dolayısıyla ödül mekanizmasının çalışması mümkün olabilir. Bu işletmenin tüm birimlerinde maliyet azaltma adına daha fazla çaba gösterilmesiyle sonuçlanabilir.

Düşük maliyetli enerji kaynaklarının mevcudiyetindeki kısıtlamaların ortasında dünya çapında artan enerji talebi, özellikle sınırlı kaynaklara sahip yerlerde enerji maliyetlerini yukarı doğru itmektedir. Yakıtların ve elektriğin ucuz olduğu alanlarda bile, kaynakların verimli ve mantıklı kullanımının kullanıcıya, milletine ve genel olarak insanlığa fayda sağlayacağı açıktır. Enerji şirketlerine de fayda sağlar, çünkü daha iyi enerji yönetimi yeni enerji santralleri ve ilgili altyapı için sermaye harcamaları için gerekli zamanı sağlar (Smith ve Parmenter, 2016: 28).

Zayıf enerji yönetimi uygulamalarının işletmeler üzerinde mali, operasyonel ve itibar yönünden olumsuz etkileri olabilir. Enerji muhasebesi üst düzey yöneticilerin bakış açısına yaklaştıkça, stratejik, piyasa, operasyonel ve uyum zorunluluklarını göz

önüne alacak şekilde bu olumsuzlukları bertaraf etmek üzere genişletilebilir. Bu noktada bir enerji muhasebecisi etkin rol üstlenebilir.

3.2.5. Enerji Muhasebecisi

Bir dizi maliyet riskine ve finansal raporlarda dipnot açıklama şartlarına cevap olarak büyük enerji kullanan işletmeler için “enerji muhasebesinin” gerekliliğini daha net görülebilmektedir. Bir enerji muhasebecisinin sorumluluklarından bazıları temel hizmetler olarak değerlendirilebilirken, diğerleri daha geniş alanları kapsayabilir. Bu gelişmiş sorumluluklardan bazılarını aşağıdaki şekilde sıralamak mümkündür (Bosnich, 2017: 45).

Tablo 3-2: Enerji Muhasebecisinin Sorumlulukları

<i>Temel Hizmetler</i>	<i>Gelişmiş Hizmetler</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Fatura doğrulama ve enerji tedarik yönetimi: • Fatura ödeme dosyaları ve finansal tahakkuklar • Veri yönetimi • Bütçeleme ve öngörme 	<ul style="list-style-type: none"> • Emisyon azaltma hedef ayarlamaları • Enerji piyasası analizi ve tedariki • Yerinde yenilenebilir enerji üretimi • Operasyonel enerji izleme ve optimizasyon • Ölçme, doğrulama, kıyaslama, raporlama ve açıklama

Kaynak: (Bosnich, 2017'den uyarlanmıştır.)

Ekipmanların bozulmasından fatura hatalarına kadar birçok sebepten dolayı enerji faturalarında değişiklikler ortaya çıkabilir. Enerji tüketimi değişikliğinin nedenini araştırmaya başlamadan önce, Enerji Muhasebecisi aşağıdaki dört etkeni dolayı kontrol etmelidir (Alliance, 2017: 1):

1. *Hava durumu:* Isıtma ve soğutma için kullanılan enerji, değişen sıcaklıkların bir sonucu olarak değişir.
2. *Bina alanı değişiklikleri:* Bina büyüklüğündeki değişiklikler de enerji tüketimini önemli ölçüde etkileyecektir.
3. *İşlemler ve program değişiklikleri:* Bir tesis daha uzun süre açık kalırsa, ısıtma, soğutma ve aydınlatma için daha fazla enerji kullanılacaktır.
4. *Yapı ekipmanındaki değişiklikler:* Aydınlatma, ofis ekipmanları ve havalandırma gibi ekipmanların yapısal özellikleri hava değişikliklerinden bağımsızdır.

Bir enerji muhasebecisinin becerileri, enerji politikası, tedarik, sözleşme ve muhasebe konularında sağladığı bilgiler ile işletmelere katkı sağlayabilir (Bosnich, 2017: 45). Genel olarak çoğu işletme, enerjiyi daha etkin yönetmenin önemini tam olarak kavrayabilmiş değildir. Enerji muhasebecisi sayesinde enerji maliyetleri üst düzey yöneticilerin gündemine daha da yaklaşabilir ve stratejik kapsamı daha da genişletilebilir. Maliyet tasarrufunun ötesinde, bir enerji muhasebecisi, daha geniş çaplı üretkenlik kazanımlarının belirlenmesine ve bunları istatistiksel verilerle ifade edilmesine yardımcı olabilir.

3.2.6. Enerji Muhasebesinin Aşamaları

Finans muhasebesi, gelir ve giderlerin mutabakatını içerdiği gibi, enerji muhasebesi ile de enerji girdilerini ve çıktılarını mutabakatı sağlanabilir (ve sağlamalıdır). Termodinamiğin Birinci Yasasında yaratılanın imha edilememesi (Enerji yoktan var edilemeyeceği gibi vardan da yok edilemeyeceği ancak bir şekilden başka bir biçime dönebileceği ve evrendeki enerjinin miktarının aynı kalacağı) nedeni ile tüm enerjinin hesaba alınabileceği ilkesi enerji yöneticisinin girdi ve çıktıları dengelemesini sağlar (Tripp, 2007: 4).

Enerjiyi takip etmeye başlamadan önce, organize olmanız ve bir enerji muhasebesi planı oluşturmanız gerekir. (California Energy Commission, 2000: 5). Bu aşamayı sırasıyla: enerji kullanımı izleme, enerji kullanım kaydı ve performans ölçümü aşamaları izler. Performans ölçümü, basit bir Btu / m² veya Btu / üretim birimi endeksinden, varyans raporları ile tamamlanmış karmaşık bir standart maliyet sistemine kadar değişebilir. Her durumda, enerji muhasebesi ölçmeyi gerektirir. Enerji akışının bir maliyet merkezi aracılığıyla izlenmesi, ne kadar büyük veya küçük olursa olsun, gelen ve giden enerjiyi ölçme yeteneğini gerektirir. Gerekli sayaçların olmaması, muhtemelen, enerji muhasebesi sistemlerinin yaygın kullanımı için en büyük caydırıcıdır (Capehart vd., 2012: 27). Enerji verimliliği önlemleri uygun maliyetli olucaksa, sürekliliğin sağlanması için sürekli izleme ve periyodik olarak tepki verilmesi gerekir (ASHRAE, 2015: 36.03).

Enerji Muhasebesinin önemli bir amacı tüketim ile tüketimi yönlendiren bağımsız değişkenler arasındaki fonksiyonel ilişkilerin belirlenmesidir. Genellikle

enerji muhasebesinden ayrı bir konu olarak görülse de, enerji izleme, hedefleme ve raporlama bu işlevsel ilişkileri veren bir analiz tekniğidir. Aynı zamanda muhasebe sürecinin bir parçası olan enerji bütçelemesi için temel oluşturan bir tekniktir (Tripp, 2007: 4).

Bir çalışmada enerji muhasebesinin kurulması aşamasında gereken anahtar adımlar aşağıdaki şekilde sıralanmıştır (Watt Committee, 1990: 10):

- 1) Sahaya uygun proforma tabloları hazırlamak.
- 2) Düzenli olarak veri toplamak için gerekli düzenlemeleri yapmak.
- 3) Gerekli dönüşümleri ve hesaplamaları için hazırlanmak.
- 4) Önceki yıllara ait geçmiş verileri oluşturmak.
- 5) Araştırmaya aday göstererek veriler üzerinde hareket etme yetkisini vermek.
- 6) İlerleme ve verimsizlik ile ilgili tüm endişeleri bildirmek.

Bir enerji muhasebesi programı birçok şekilde organize edilebilir, bunu organize etmenin bir yolu aşağıdaki tabloda belirtildiği şekilde beş temel aşamadan oluşur. Tablo bir enerji muhasebesi programı kurmak için gerekli olan adımları özetlemektedir

Tablo 3-3: Enerji Muhasebesinin Aşamaları

<i>Aşamalar</i>	<i>Enerji Muhasebesi</i>
1. Aşama	Plan Geliştirmek
2. Aşama	Enerji Kullanımı İzleme
3. Aşama	Enerji Kullanım Kaydı
4. Aşama	Performans Ölçümü
5. Aşama	Muhasebeleştirme ve Raporlama

Finansal muhasebede olduğu gibi, enerji muhasebesi sistemlerinin karmaşıklığı veya detayı şirketten şirkete önemli ölçüde değişmektedir. Finansal muhasebe sistemlerinin ve enerji muhasebesi sistemlerinin karmaşıklığı düzeyleri arasında çok yakın bir ilişki geliştirilebilir (Capehart vd., 2012: 27). Analizin kapsamını istenen amaca göre uyarlamak için bazı teknik bilgiler de gereklidir. Bu nedenle, bir enerji

muhasbesi sisteminin oluşturulmasında, kullanılan enerji türüne ve uygulanan teknolojiye göre tüketicilerin ve bunların sınıflandırılmasının değerlendirilmesi ile başlamak tavsiye edilir (Trambouze, 2000: 694). Basitten karmaşık bir yapıya doğru çeşitli seviyelerde finansal muhasebe ile enerji muhasebesi arasındaki ilişki aşağıdaki tabloda yer almaktadır.

Tablo 3-4: Finansal ve Enerji Muhasebesi Seviyeleri

<i>Finansal</i>	<i>Enerji</i>
1. Genel muhasebe	1. Etkili ölçüm, raporların geliştirilmesi, enerji verimliliği endekslerinin hesaplanması
2. Maliyet muhasebesi	2. Çeşitli maliyet merkezleri için enerji akışlarının ve kullanım verimliliğinin hesaplanması; önemli ölçüm gerektirir
3. Standart maliyet muhasebesi tarihi standartları	3. Etkin maliyet merkezi enerjisinin ölçülmesi ve tarihsel verilere kıyasla karşılaştırılması; varyans raporları ve varyasyon nedenlerini hesaplama ile tamamlandı
4. Standart maliyet muhasebesi mühendislik standartları	4. Enerji tüketimi standartlarının doğru mühendislik modelleri ile belirlenmesi haricinde 3 ile aynıdır.

Kaynak: (Capehart vd., 2012: 28)

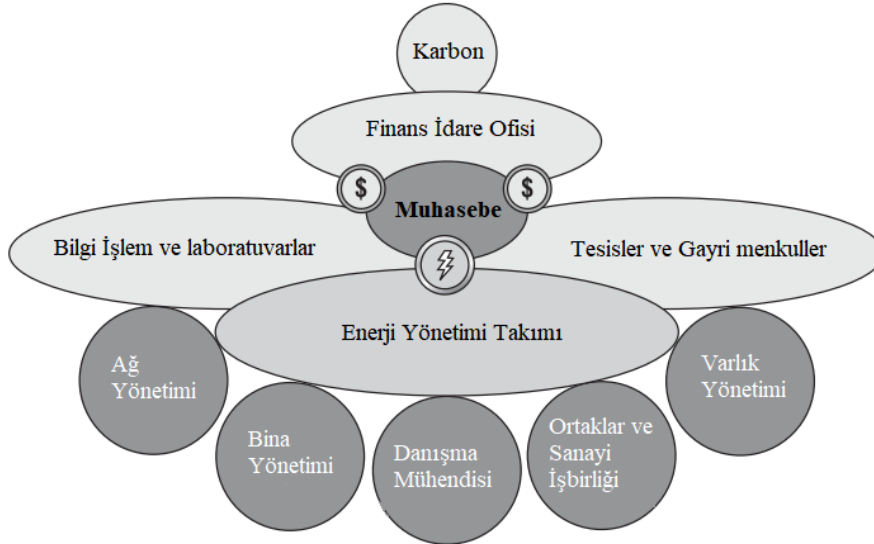
Başarılı enerji yönetim programlarına sahip çoğu şirket seviye 1'i geçmiştir ve seviye 2 için gerekli alt ölçüm ve raporlama sistemlerine doğru çalışmaktadır. Çoğu durumda, sonraki veriler önceki yıllarla veya belirli bir baz yıl ile karşılaştırılmaktadır. Ancak, birkaç şirket varyasyonları hesaplayacak ve bu varyasyonların nedenlerini bulabilecek sistemler geliştirmiştir (Capehart vd., 2012: 28). Hangi seviyede bir enerji muhasebesi uygulaması seçileceği işletmenin büyüklüğü, yapısı ve tüketimi ile yakından ilgilidir. Elde edilecek bilginin fayda-maliyet analizi göz önünde bulundurmak gerekir.

3.2.6.1. Plan Geliştirme Aşaması

Kuruluşunuzdaki önemli kişilerin enerji muhasebesinin faydalarını ve maliyetlerini anladığından emin olduktan sonra, hangi verileri toplamanız gerektiğini öğrenmeli ve enerji verilerini iletmek için bir plan geliştirmelisiniz (California Energy Commission, 2000: 5). Aşağıda bu planı geliştirirken dikkate alınması gereken bazı hususlar sıralanmaktadır:

- Karar vericilerden veya yönetimden taahhüt almak. Enerji muhasebesi ve enerji yönetiminin bölümler arası personel içermesi muhtemel olduğundan, mümkün olan en yüksek ve en geniş seviyede almak en iyisidir.
- Uygun bir iletişim sistemini dikkate almak. Doğru bilgileri doğru zamanda, doğru kişiden aldığınızdan emin olun.
- Bir enerji muhasebesi sistemi için ihtiyacınız olan araçları (yazılım dahil) dikkate almak.
- Gerekli verileri elde etmek. Takip etmek istediğiniz detay seviyesine ve kullanacağınız sistem ve / veya yazılım türüne bağlı olacaktır.

Şekil 3-3: Muhasebenin Enerji Yönetimindeki Yeri



Kaynak: (Aldrich vd., 2010: 17)

Finansal maliyet merkezleri için uygulama zorunluluğu bulunmayan ancak enerji hesabı merkezlerinin seçiminde geçerli olan kısıtlamalar ve kılavuzlar

bulunmaktadır. Enerji hesabı merkezlerinin seçimi mümkünse, seçim aşağıdaki kriterlere dayanmalıdır (Tripp, 2007: 3):

➤ Alt ölçüm gerekirse, enerji tasarrufundan kaynaklanacak potansiyel maliyet tasarrufu, yeni ölçümlerin kurulum maliyetini karşılamalıdır.

➤ Enerji tüketimi ölçülebilmelidir.

➤ Enerji hesabı merkezi oluşturulabilir. Merkez, bir üretim departmanı, tek bir metre, çeşitli uzaklıklar veya başka olasılıklar olabilir.

➤ Bir aktivite değişkeni tanımlanabilir. Sanayi sektöründe, değişken bir enerji hesabı merkezi olarak kurulan bir üretim birimi ile ilişkili üretim olabilirken, belirli inşaat sektörlerinde değişken, doluluk oranları olabilir (daha fazla "Enerji İzleme, Hedefleme ve Raporlama" bölümünde bu olabilir).

➤ Hesap merkezi ile organizasyon yapısı arasında bir ilinti vardır. Sorumluluk uygun bir yöneticiye atanabilir ve raporlama yönetim bilgi sistemine tam olarak entegre edilebilir.

Enerji muhasebesi planlamasına teknik açıdan uygulanabilir kılmak için planlama aşamasında aşağıdaki hususların dikkate alınması önemli rol oynayabilir (Klemeš vd., 2008: 484)

1. *Hedefin belirlenmesi* - bir enerji muhasebe çalışmasının amacını tanımlamak önemlidir. Böyle bir hedefin örnekleri (i) belirli bir gıda işleme tesisinde bir enerji kullanım profili geliştirmek veya (ii) özel işleme ekipmanında enerji korumanın fizibilitesini araştırmak olabilir.

2. *Bir sistem sınırının seçilmesi* - bir sistem sınırı, muhasebe çalışmasında dikkate alınacak veya ihmal edilecek öğelerin seçimine izin verir. Ayrıca muhasebe çalışmasının toplam maliyetinin belirlenmesinde yardımcı olur.

3. *Süreç akış şeması - akış diyagramı*, enerji muhasebesi çalışmasına dahil edilecek çeşitli birimlerin belirlenmesine yardımcı olur. Diyagram, enerji muhasebesi çalışmasının sonuçlarını sunarken faydalıdır.

4. *Enerji girdilerinin belirlenmesi* - akaryakıt, doğalgaz, buhar, elektrik veya kömür gibi çeşitli kaynaklardan elde edilen enerji kullanılabilir. Sistem sınırını geçen herhangi bir kütle ve enerji girdisi doğru şekilde tanımlanmalıdır.

5. *Enerji girdilerinin nicelleştirilmesi* - enerji girdilerini ölçmek için gerçek ölçümler gereklidir. Enerji ölçüm cihazlarının kurulumunu içerebilir.

6. *Enerji çıktılarının belirlenmesi* - bu adımın önemi, ısı geri kazanımı ve enerji korunmasında kullanımında yatmaktadır. Sistem sınırını geçen enerji ve formu tanımlanmalıdır. Enerjiye ek olarak, herhangi bir kütle akışı ve atık ürün akışı tanımlanmalıdır.

7. *Enerji çıktıları ölçmek* - kütle ve enerjinin bir sistemden dışarı akması, özellikle de bu akışı geri kazanmak veya azaltmak için girişimlerde bulunulması gerektiğinde ölçülmelidir.

Enerji hizmet fiyat oranlarını anlamak ve tedarik programları fırsatlarını araştırmak, enerji yöneticileri için bir enerji yönetimi programı planlarken ilk adımlar olabilir. Enerji denetimleri veya hizmet sağlayıcıdan fiyatlandırma yapıları gibi belirli hizmetlerin kullanılabilirliği, enerji yönetim programının erken yönünü belirlemeye yardımcı olabilir (Smith ve Parmenter, 2016: 67). Enerji muhasebesinin programının performansı özenle hazırlanmış bir planın varlığı ve kalitesine göre şekillenecektir. Planlama aşaması ne kadar titizlikle yapılırsa programdan verim elde etmenin oranı da o kadar yüksek olacaktır. Ancak planlama aşaması sadece başlangıç ile sınırlı olmamalı, uzun dönemde programın devam eden başarısı ve iyileştirilmesini sağlamak için sürekli olarak yapılmalıdır.

3.2.6.2. Enerji Kullanımını Ölçme ve İzleme

Enerji izleme, enerji kullanımı hakkındaki bilgilerin düzenli toplanması ve analizini içerir. Amacı, enerji tüketiminin yerleşik bir modelden ne zaman ve neden saptığını belirlemek ve gerektiğinde yönetim eyleminin alınmasına temel sağlamak için yönetim kontrolünün temelini oluşturmaktır (Capehart vd., 2012: 39). Enerji izleme ve ölçüm, enerji problemlerini veya fırsatları ve enerji projesi başarısını ölçmek için uygun metriklerin kullanımını gösteren operasyonel verilerin toplanmasını ifade eder (Brown, 2007). Kuruluşunuz için enerji verilerini izlemeyi nasıl seçeceğinizi

etkileyecek bilgileri karşılaştırmanın birkaç yolu vardır. Havadaki değişiklikleri nasıl açıkladıklarına göre değişen üç yöntem, bulunmaktadır (California Energy Commision, 2000: 13):

- *Geçmiş ile bugünün karşılaştırılması.* Bu, yalnızca aylık kullanım faturası verileri gerektiren, enerji kullanımını karşılaştıran en basit yöntemdir ve havadaki sıcaklık değişikliklerini dikkate almaz.
- *Çok yıllık aylık ortalama.* Bu yöntem, geçmişten günümüze karşılaştırmadan, özellikle metrekare ölçüleri ve ekipman saatleri gibi diğer faktörlerin sabit kalması durumunda, geçmiş ısıtma ve soğutma kullanımının daha doğru bir yansımalarını verir.
- *Sıcaklık düzeltilmiş yöntem - ısıtma derecesi gün / soğutma derecesi günleri.* Bina enerji kullanımının çoğu hava koşullarından etkilendiğinden, bu yöntem bina ekipmanlarındaki veya enerji yönetimindeki değişiklikler nedeniyle en yüksek oranda enerji tasarrufunu yansıtacaktır.

Her üç yöntemde de faturalamada kullanılan gün sayıları dikkate alınmalıdır. Ayrıca bina alanındaki olası değişiklikler ile ilgili düzeltmelerin yapılması sonuçların daha doğru olmasını sağlayacaktır.

Enerji ürünleri fiziksel birimlerde kütle, hacim ve enerji içeriği ile ölçülür. Bir enerji ürününe özgü olan ve bir enerji akışının ölçümü noktasında kullanılan ölçüm birimleri genellikle “orijinal” veya “doğal” birimler olarak adlandırılır. Örneğin kömür, kütlesi ve ham petrolü hacmi ile ölçülür. Öte yandan, enerji dengeleri gibi çapraz yakıt tabloları, enerji ürünlerinde karşılaştırmaya izin vermek için “ortak” birimde görüntülenir. Bu “ortak” birimler genellikle enerji birimleridir ve orijinal bir üniteden uygun bir dönüşüm faktörü uygulanmasıyla dönüşüm yapılmasını gerektirir (UNSD, 2018: 41).

Enerji izleme aşaması tüm yakıtlar için en az son bir kaç yıllık enerji verilerinin toplanması ve gözden geçirilmesini gerektirir. Bu, elektrik, doğal gaz, akaryakıt ve diğer teslim edilen yakıtları içerir. Bu bilgi operasyonel özellikleri analiz etmek, endüstri ortalamalarıyla karşılaştırmak için enerji ölçütlerini hesaplamak, tasarruf potansiyelini tahmin etmek, enerji azaltma hedefi belirlemek ve uygulanan önlemlerin

etkinliğini izlemek için bir temel oluşturmak için kullanılır. Enerji tüketim verilerinin kapsamlı ve doğru bir şekilde değerlendirilmesi için gereken tüm bilgilere sahip olduğunuzdan emin olmak için birkaç adım atılmalıdır (Thumann vd., 2013: 19):

- Tüm aylık faturaların ve teslim edilen yakıt faturalarının kopyalarını aldığınızdan emin olun.
- Kullanım faturalarını bina veya metreyle sıralayın ve sayaç okuma tarihlerini kullanarak bunları 12 aylık bloklara ayırın.
- Tüm sayaçları ve alt sayaçları bulun. Çok sayıda metre kullanılıyorsa, değerlendirilmekte olan her bina için bunları bir site planında açıkça etiketlemek yararlı olacaktır.
- Tüm sayaç numaralarının hesaptakilerle aynı olduğunu doğrulayın. Hesaptaki sayaç çarpanlarını doğrulayın.
- Her metrede hangi bina veya mekana hizmet verildiğini belirleyin.
- Her bina için uygun alanı (metre kare cinsinden) hesaplayın.

Tüketim ve maliyetleri sürekli izleyen bir enerji muhasebesi sisteminin birincil veri kaynağı faturalarıdır ancak kullanılabilecek diğer kaynaklar şunları içerebilir (ASHRAE, 2015: 36.03):

- Kullanım süresi ölçüm cihazının çıktıları
- Yanma verimi, girdap akımı ve su kalitesi testleri
- Sıcaklık ve bağıl nem kayıtları
- Alt enerji kullanımı
- Faaliyet kayıtları
- Doluluk çizelgeleri ve yolcu aktivite seviyeleri
- İklim verileri
- Benzer iklimlerde benzer binalardan gelen veriler
- Kızılötesi taramalar
- Üretim kayıtları
- Bilgisayar modelleme

Enerji verilerini detaylı bir şekilde izleme, enerji muhasebesinin fonksiyonunu yerine getirmesinde önemli rol oynar. Bu yüzden enerji verilerini sadece tek bir kaynaktan izlemeyle yetinmeyip birkaç metodun kombinasyonu kullanılarak daha sağlıklı veriler elde edilebilir. Dünyada enerji verilerini izleme teknolojileri adına çok sayıda çalışma yapılmaktadır ve gelinen noktada akıllı şebekeler gibi çok hassas ölçümler yapabilen gelişmiş teknolojiler mevcuttur.

Enerji girişleri, satın alınan enerji bazında nispeten kolay bir şekilde hesaplanır, ancak tesis içerisinde enerji alışverişi yapılması ve binalarda hava sızması / filtreleme hataları, güneş enerjisi kazanımı vb. gibi çevresel faktörlerin de dahil edilmesi gerekebilir. Bunları hesaplamak için yöntemler vardır. Diğer taraftan enerji çıkışları veya son kullanımlar, hem elektrik hem de termal yükler için bir enerji yükü envanteri çıkarmayı gerektirir. Bunun hesaplanması biraz zaman almakla birlikte hazırlanması şunları içerir (Tripp, 2007: 4):

- Tesis içindeki elektrikli cihazların isim plakası veya ölçülen talep ve enerji tüketimi ile çalışma süreleri dahil olmak üzere sayımı ve çizelgelenmesi.
- Kazanlar ve fırınlardaki brülör, buhar veya sıcak su akışı, havalandırma havası akışı, drenaj sızımları, ısı kaybı ve tesis zarfı yoluyla ısı kazanımı gibi tüm termal yüklerin ölçümü veya hesaplanması, vb.
- Elektrik ve termal envanterlere dayanan toplam tüketimin hesaplanması.
- Değişken yük ile sistemlerin elektrik yükünü veya termal yükünü bulmak her zaman kolay değildir. Yük ölçüm motorları, ısınma-havalandırma-soğutma ve kazan sistemleri için gerçek ölçümler veya simülasyonlar gerekebilir.

3.2.6.3. Kaydetme

Bilgiye dönüştürülmedikçe verilerin değeri yoktur ve verilerin basit bir şekilde sunulması enerji verimliliğini açıklamak için yeterli değildir. Üretilen bilgi, veri analizinde temel beceriler gerektirir ve teknikler genellikle muhasebeciler ve mühendisler tarafından iyi bilinir (Tangram, 2010: 6). Kayıt yapılırken, tüm enerji akışlarının prensip olarak hesaba katılması için mümkün olduğunca eksiksiz olmalıdır. Herhangi bir kapalı sistem içindeki enerji miktarının sabit olduğu ve bu sistemden enerji getirilmediği veya gönderilmediği sürece ne artırılacağı ne de

azaltılabileceğini belirten termodinamiğin birinci yasasına sıkı sıkıya bağlı olmalıdır (UNSD, 2018: 101).

Enerji muhasebesi elle, bilgisayarlı e-tablolarda veya özel yazılımla yapılabilir. Hangi yöntemin kullanılacağına dair tek bir “doğru seçim” yoktur - en iyi yöntem, kuruluşunuzun özelliklerine, neyi izlemek istediğinize ve enerji muhasebesi verilerinizi nasıl aktarmayı planladığınıza bağlıdır (California Energy Commission, 2000: 15).

Hesap çizelgelerini girmek, toplamı, karşılaştırmaları ve grafik yardımcı bilgilerini girmek için bir tablo oluşturulabilir. Tablo-3 'teki örnek enerji muhasebe formu verilerinizi düzenlemek için bir şablon olarak kullanılabilir. Her bir yakıt tipi için enerji üniteleri (kWh, termo, galon vb.), elektrik talebi (kW) ve maliyet bilgilerini kaydetmeyi içerir. Eğer üretim doğrudan enerji tüketimi ile ilgili ise, üretim birimleri (birim sayısı, kullanılan odalar, öğrenciler, hizmet verilen kişiler, vb.) analize dahil edilebilir. Verileri analiz ederek, enerji kullanımı ile doluluk, satış hacmi, taban alanı, üretim oranları ve dış ortam sıcaklıkları gibi diğer faktörler arasındaki ilişkileri tanımlamak mümkündür (Thumann vd., 2013: 20).

Tablo 3-5: Örnek Enerji Muhasebesi Çalışma Sayfası

Tesisim Adı: _____		Elektrik Sayaç No: _____		Elektrik Ücret Tarifesi: _____	
Tesis Türü: _____		Gaz Sayacı No: _____		Gaz Ücret Tarifesi: _____	
Elektrik Şirketi: _____					
Gaz Şirketi: _____					
Brüt Metre Kare: _____					

Yıllar:	Elektrik						Doğal Gaz			Toplamlar		Enerji Endeksleri			
	Faturalama Dönemindeki Gün Sayısı	Elektrik Kullanımı kWh	Elektrik Talebi kWh	Elektrik Maliyeti TL	Elektrik Birim-Maliyeti TL/kWh	Elektrik Btu Cinsinden kWh x 3412	Yük-Faktörü kWh/kWh	Gaz Kullanımı m3	Gaz Maliyeti TL	Gaz Birim-Maliyeti TL/m3	Gaz Btu Cinsinden m3 x 1000	(A) Toplam Tüketilen-Btu	(B) Enerji Maliyeti	(C) EKE Btu/m2	(D) ETE TL/m2
Ocak															
Şubat															
Mart															
Nisan															
Mayıs															
Haziran															
Temmuz															
Ağustos															
Eylül															
Ekim															
Kasım															
Aralık															
Toplam															
Tutar															

Veri Girişi ve Hesaplamalar

A. Tüketim ve maliyet bilgilerini enerji faturalarından veri sayfasına aktarın. Gerekli diğer yakıtlar için sütunlar ekleyin.

B. kWh ve termieri, her bir sütunun en üstündeki formülleri veya aşağıdaki dönüşümleri kullanarak Btu cinsine dönüştürün.
(Elektrikli kWh x 3412, Gaz İstisiclar x 1000, # 2 Yakıt Yağ Galon x 1400, Propan Galon x 9150)

C. Her bir sütunun üstündeki formülleri kullanarak Enerji Birimi Maliyetlerini ve Enerji Yük Faktörü'nü hesaplayın.

D. Tüketilen toplam elektrik ve yakıt Btu'lar ve her ay için maliyetler ve TOPLAM'lar sütununa girin.

E. Toplam tüm sütunlar (talep, birim maliyeti ve yük faktörü için ortalama hesaplayın).

F. Tüketilen toplam Btu'yu kullanarak yıllık Enerji Kullanım Endeksi'ni hesaplayın ve ardından Bina Brüt Metrekaresine bölün.

G. Metrekare başına düşen toplam enerji maliyetini (B Sütunu) bölerek metrekare başına TL olarak hesaplayın.
TL / Metrekare / Yıl = Sütun 8 toplam / Bina metrekare.

Bu basit sistemle, aylar veya yıllar arasında enerji tüketimi ve maliyeti için “ham verileri” karşılaştırabilirsiniz. Kıyaslama, fatura dönemlerinin değişken uzunluklarını hesaba katmak için düzeltilmezse, karşılaştırma anlamlı olmayabilir. Isıtma ve soğutma derecesi verileriniz varsa, ısınma gün derecesi başına günlük kaç kW enerji tüketildiği de hesaplanabilir (California Energy Commision, 2000: 15). Ayrıca, grafikleme, regresyon, ortalama alma ve diğer işlevler, sonuçların analizi ve sunumu için yardımcı olabilir (Tripp, 2007: 3). Ancak unutulmamalıdır ki orijinal ünitelerin kayıt ve sunumunda standardizasyon, miktarların analiz edilebilmesi veya karşılaştırılabilmesi için gereklidir.

Enerji muhasebesi sistemi daha karmaşık hale geldikçe veya daha büyük ya da çok-alanlı organizasyonlar söz konusu olduğunda, ticari enerji muhasebesi yazılım paketleri kullanmak daha uygun olabilir. Bu sayede verileri girmek, analiz yapmak ve raporlar üretmek daha kolay hale gelmesi mümkündür. Ayrıca genel olarak taban alanı düzeltmelerini içerir ve hizmet sayaçlarından veya hizmet tabanlı web sitelerinden gelen enerji tüketimi, talep ve maliyet verilerinin doğrudan indirilmesini sağlayabilir (Tripp, 2007: 3). Gelişmiş ölçüm cihazları, toplam tüketimin kaydedilmesi için geleneksel ölçüm işlevini çoğaltabilir, ayrıca kullanım süresi, en yüksek talep, yük araştırması ve elektrik kesintisi kaydı gibi gelişmiş işlevler sunar. Elektrik ölçümleri için, gelişmiş ölçüm cihazları ayrıca voltaj, akım ve güç faktörü gibi diğer elektrik özelliklerinin kaydedilmesini de içerebilir (Sullivan vd., 2007: 712). Bu uzmanlık gerektiren teknik bilgiler hakkında birçok seçenek mevcuttur. İşletmeler için optimum verinin nasıl elde edilebileceği bir enerji mühendisinin danışmanlığında yapılmalıdır.

3.2.6.4. Performans Ölçümü

Enerji göstergeleri, bir işletmenin enerji kullanım durumunun çeşitli yönlerini yansıtan bilgiler sunan ve zaman içinde kullanımın seyrini izleme trendleri oluşturan yararlı araçlardır. Temel enerji istatistikleri, enerji dengeleri ve enerji hesaplarından bir takım göstergeler toplanabilir (UNSD, 2018: 139). Bir işletmede enerji sistemin neden düzgün bir şekilde çalışmadığını anlamak için veya enerji maliyetlerinin neden belirli bir tesisin içinde olması gerekenden daha yüksek olduğunu anlamak için kullanılan çeşitli performans göstergeleri bulunmaktadır.

3.2.6.4.1. Enerji Kullanım Endeksi (Energy Utilization Index, EUI)

Bir tesisin enerji performansının çok temel bir ölçümü Enerji Kullanımı Endeksi (EKE) olarak bilinir. Bu, yıllık olarak kullanılan alanın metrekare başına kullandığı enerjinin Btu cinsinden bir ifadesidir. EUI'yi hesaplamak için, tesiste kullanılan tüm enerjinin tanımlanması, toplam Btu içeriğinin tablollaştırılması ve belirlenen alanın toplam metrekare büyüklüğünün belirlenmesi gerekir. EUI, daha sonra tüketilen toplam Btu'nun toplam alanın metrekare seviyesine oranı olarak bulunur (Capehart vd., 2012: 27-29). EUI, aynı bina tiplerine göre enerji tüketimini karşılaştırmak veya aynı binadaki yıldan yıla tüketimin takibi için kullanılabilir (Thumann vd., 2013: 20).

Örnek: 100.000 metrekare taban alanı olan bir bina düşünün. Bir yılda 1,76 milyon kWh ve 6,5 milyon metreküp doğalgaz kullanıyor olsun. Bu tesis için Enerji Kullanım Endeksini (EUI) bulalım.

Çözüm: Her kWh 3412 Btu içerir ve her bir metreküp yaklaşık 1000 Btu içerir. Bu nedenle, toplam yıllık enerji kullanımı:

$$\begin{aligned}
 \text{Toplam enerji kullanımı} &= (1.76 \times 10^6 \text{ kWh}) \times (3412 \text{ Btu} / \text{kWh}) \\
 &+ (6,5 \times 10^6 \text{ m}^3) \times (1000 \text{ Btu} / \text{m}^3) \\
 &= 6.0 \times 10^9 + 6,5 \times 10^9 \\
 &= 1.25 \times 10^{10} \text{ Btu} / \text{yıl}
 \end{aligned}$$

Toplam enerji kullanımını 10^5 m^2 'ye bölerek EKE:

$$\begin{aligned}
 \text{EUI} &= (1.25 \times 10^{10} \text{ Btu} / \text{yıl}) / (10^5 \text{ m}^2) \\
 &= 125.000 \text{ Btu} / \text{m}^2 / \text{yıl}
 \end{aligned}$$

Bu örnekte tesisin yıllık enerji kullanım yoğunluğu her bir metrekare başına 125.000 Btu olarak hesaplanmıştır.

3.2.6.4.2. Enerji Maliyet Endeksi (Energy Cost Index, ECI)

Bir başka faydalı performans endeksi ise Enerji Maliyet Endeksi veya ECI'dir. Bu, yıllık olarak belirlenen alanın her bir metrekaresi için kullanılan enerji dolaşım

maliyetinin bir ifadesidir. ECI'yi hesaplamak için, tesiste kullanılan enerjinin tamamı tanımlanmalı, bu enerjinin toplam maliyeti ve belirlenen alanın toplam metrekaresi belirlenmelidir. ECI, daha sonra, bir tesisin toplam yıllık enerji maliyetinin, tesisin koşullandırılmış taban alanı toplam metrekare sayısına oranı olarak bulunur (Capehart vd., 2012: 29).

Örnek Bir önceki örnekteki yapıyı göz önünde bulundurun. Elektrik enerjisi yıllık maliyeti 115.000 \$ ve doğal gaz için yıllık maliyeti 32.500 \$ 'dır. Bu tesis için Enerji Maliyeti Endeksini (ECI) bulalım.

Çözüm: ECI, toplam yıllık enerji maliyetinin, toplam kat planlı metrekare taban sayısına bölünmesiyle elde edilir.

$$\text{Toplam enerji maliyeti} = 115.000 \$ + 32.500 \$ = 147.500 \$ / \text{yıl}$$

Bu toplam enerji maliyetinin 100.000 metrekare alana bölünmesi bize:

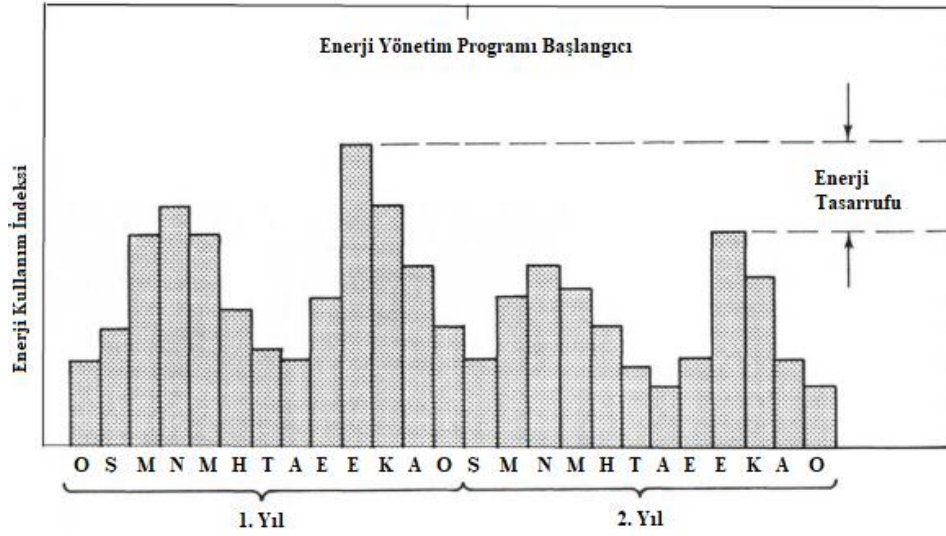
$$\text{ECI} = (\$ 147,500 / \text{yıl}) / (100,000 \text{ m}^2) = 1,48 \$ / \text{m}^2 / \text{yıl}'ı \text{ verir.}$$

Bu işletmede bir yılda metrekare başına düşen enerji maliyetinin 1.48 dolar olduğu anlamına gelmektedir. Bu oran bize işletmenin içinde bulunduğu sektörde faaliyet gösteren diğer organizasyonlar ile veya diğer sektörler ile karşılaştırma fırsatı tanır. Diğer taraftan yıllar itibariyle enerji maliyetlerini karşılaştırmayı, artış veya azalışları tespit etmeye yönelik veriler sunar.

3.2.6.4.3. Tek Seferde Verimlilik Ölçümü

Tek seferde verimlilik ölçümü enerji kullanım endeksinden yaralanarak seyrinin zaman içinde belirlenmesi ve eğilimlerin kaydedilmesidir. Bir önceki yıl aynı dönemden önemli sapmalar kaydedilmeli ve açıklamalar aranmalıdır. Bu önlem genellikle enerji yönetimi faaliyetlerini doğrulamak veya en azından etkilerini göstermek için kullanılır.

Şekil 3-4: Enerji Verimliliği Ölçümü



Kaynak: (Capehart vd., 2012: 31)

Enerji verilerinin toplanması, analizi ve raporlanması şirketin eksikliklerinin tespit etmesine, en iyi uygulamayı benimsemesine ve enerji tüketimin azalmasına olanak tanır (Energywise, 2012: 15). Enerji verimliliği önlemleri yürürlüğe girdikten sonra, tesisin her bir bölümü için, sıklıkla ve düzenli olarak enerji tüketimini ve maliyetlerini fonksiyonel maliyet hesap verebilirliği ile tutarlı bir şekilde kaydetmek için prosedürlerin oluşturulması gerekmektedir. Enerji yönetim programını uygulamadan önce ve sonra tesis performansını karşılaştırmak, işletme personelinin enerji verimliliği çabalarıyla uyumlu olmasına bağlıdır ve performansın korunmasını sağlar. Enerji performansının değerlendirilmesi ve raporlanması dört adımdan oluşur (ASHRAE, 2015: 36):

1. Temel performans göstergelerinin oluşturulması
2. Performansın izlenmesi
3. Yeni hedeflerin geliştirilmesi
4. Raporlama

Şirketlerin enerji muhasebesi sistemlerinden bekledikleri sonuçlara göre kullanılacak her bir indeks farklı bilgiler sağlar ve çeşitli avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Aşağıdaki tabloda çeşitli verimlilik göstergelerinin karşılaştırmalı avantajları ve dezavantajları yer almaktadır.

Tablo 3-6: Enerji Verimlilik Göstergelerinin Avantajları ve Dezavantajları

<i>Verimlilik göstergesi</i>	<i>Avantajları</i>	<i>Dezavantajları</i>
1. $\frac{\text{Btu}}{\text{Üretim Birimi}}$	1. Muhtasar, sade 2. Sürecin enerji ihtiyaçları yüksek olduğunda genellikle doğru 3. Uygun olduğunda, tesisler arası ve şirket karşılaştırması için iyi	1. Birimleri tanımlamak ve ölçmek zor 2. Genellikle (yüksek ısıtma, soğutma ve aydınlatma üretimi için doğrusal olmayan enerji ürettiğinden) tam doğru değil
2. $\frac{\text{Btu}}{\text{Gün-Derece}}$	1. Enerji faturasının çoğu havalandırma, klima ve ısınma olduğunda en iyi şekilde kullanılır. 2. İşlem ihtiyaçları düşük veya sabit olduğunda genellikle doğrudur 3. Tesisler, şirketler, vb. arasında çok tutarlı	1. Genellikle (süreç ihtiyaçlarını göz ardı ettiğinden) tam doğru değil 2. Üretim tesisleri gibi ısı ağırlıklı binalarda genellikle günün dereceleri tüketimi etkilemez
3. $\frac{\text{Btu}}{\text{Metrekare}}$	1. Muhtasar, sade 2. Proses ihtiyaçları düşük veya sabit olduğunda ve hava şartları tutarlı olduğunda doğrudur. 3. Çok tutarlı 4. Genişletmeler doğrudan dahil edilebilir	1. Üretim veya hava durumu dikkate alınmaz 2. Enerji genellikle zemin alanına doğrusal orantılı değildir (parçalı doğrusal mı?)
4. $\frac{\text{Kombinasyonlar Btu}}{\text{Birim- Gün- Derece -m}^2}$ veya $\frac{\text{Btu}}{\text{Birim- Gün- Derece}}$	1. Birkaç değişkeni ölçer 2. Yukarıdaki ölçütlerden biraz daha tutarlı, daha doğru 3. Özel ihtiyaçlar için daha özel olarak üretilmiştir	1. Anlamak zor
5. $\frac{\text{Btu}}{\text{Satış Gelirleri (TL)}}$	1. Hesaplanması kolay	1. Enflasyonun etkisi
6. $\frac{\text{Enerji}}{\text{(Satışlar TL) veya (Kar TL) veya (Eklenen Değer TL)}}$	1. Gerçekten isteneni verir 2. Enflasyon, değişen nispi enerji maliyetlerini iptal eder veya gösterir 3. Sadece tasarrufu değil, enerji yönetimi sonuçlarını gösterir (örn. Yakıt değişimi, talep tesviye, beklenmedik durum planlaması)	1. Çok karmaşık (birçok değişkenin olduğu) muhasebe prosedürlerini içeren karı etkiler 2. Genel çalışan dağılımı için iyi değil
7. $\frac{\text{Btu}}{\text{(Direk İşçi Saati) veya (Makine Saati)}}$	1. Neredeyse bir üretim ölçüsü 2. Veriler zaten mevcut olduğunda kolayca elde edilir 3. Tesisler veya endüstriler arasında karşılaştırılabilir 4. Yüksek proses enerji ihtiyaçları için iyi	1. Daha karmaşık olan, örn. bir işçi saatini bir üretim birimi gibi ele alamaz 2. Enerji, genellikle işgücü veya makine girişi ile orantılı değil, örn. Yüksek havalandırma, ısıtma, soğutma ve aydınlatma

Kaynak: (Capehart vd., 2012: 32-33)

Tabloda görüldüğü üzere her bir performans göstergesinin kendine özgü avantaj ve dezavantajlar bulunmaktadır. Ancak bu kavramların çoğu çok sayıda şirkette yaygın olarak kullanılmadığından henüz tespit edilememiş diğer avantaj ve dezavantajları da şüphesiz vardır. Diğer taraftan burada gösterilen sınırlı sayıdaki indekslerden çok daha fazlası değişik amaçlar için üretilebilir ve enerji yönetim performanslarını ölçmek için kullanılabilir. Bu göstergeler, sektördeki diğer işletmeler ile veya geçmiş kullanım verilerine göre karşılaştırmalara olanak sağlamalarının yanı sıra ileriye yönelik hedefler belirlemek ve stratejiler geliştirmek için bir dayanak noktası oluşturmak için kullanılabilirler.

3.2.6.5. Muhasebeleştirme ve Raporlama

Raporlama, izleme işleminden enerji kullanımının sürekli kontrolünü, azaltma hedeflerinin elde edilmesini ve tasarrufların doğrulanmasını sağlayan bilgileri ortaya koymayı içerir (Tripp, 2007: 5). Raporlama için kullanılacak genel geçer bir form yoktur. Organizasyon büyüklüğü, ürün, proje gereksinimleri ve hâlihazırda var olan prosedürler gibi çok fazla değişken vardır. İleri raporlama sistemleri çok az sayıda şirket tarafından kullanılmaktadır (Turner ve Doty, 2007: 16).

Enerji hesaplarının nasıl derleneceğini tanımlayan uluslararası bir standart yoktur. Enerji hesapları geliştirmek için temel düşünce, enerji dengelerini oluşturmak için gerekli formata göre tahsis etmektir. (Statistics Austria, 2009: 3). Uluslararası muhasebe standartlarının bulunmaması, şirketlerin, finansal tabloların karşılaştırılabilirliğinin zayıflamasına ve farklı yaklaşımlar benimsemelerine yol açmıştır (Allini vd., 2018: 2196). Enerji muhasebesi standartlarının oluşturulmasında kritik unsur, enerji içeriğinin tanımı olacaktır, çünkü bu, böyle bir muhasebe şemasının raporlayacağı birçok şeyi belirleyecektir (Emblemsvåg, 2016: 193). Enerji muhasebesinde uluslararası bir standardın yokluğu, özellikle çok uluslu şirketlerin finansal raporlarına farklı şekilde yansiyacak ve dolayısıyla bu finansal raporlardan yaralanmak isteyenlerin karar verme süreçlerini zorlaştırıcı bir etki yaratacaktır.

Aslında dış raporlama için kullanılan muhasebe verileri genellikle yönetimsel karar alma için tamamen uygunsuzdur. Örneğin yönetimsel kararlar geleceğe yöneliktir dolayısıyla gelecekteki maliyetlerin tahminleri karar vermede dışsal olarak

bildirilen tarihsel ve cari maliyetlerden daha değerlidir (Lanen vd., 2014: 7). İşletmelerin enerji bilgilerini raporlaması hakkında standart bir mevzuat bulunmamasına rağmen bu bilgilerin yatırımcı, alacaklı, kamu ve hissedarlar gibi ilgili tarafların kararlarına olumlu veya olumsuz katkıda bulunabilir. Örneğin şirketin yenilenebilir enerji kaynağı kullanımını önemli bir pazarlama aracı olabilir ve işletmelerin çevre korumasına önem veren iyi bir imaj oluşturmalarına ve rekabet avantajı yaratmasına yardımcı olabilir. Bu nedenle dış raporlamalarda enerji ile ilgili yapılan harcamalara, giderlere ve enerji varlıklarının finansal açıklamalarda yer verilmesi önemlidir.

3.2.6.5.1. Harcamalar ve Giderlerin Aktifleştirilmesi

İşletmelerin enerji harcamaları ağırlıklı olarak enerji alım maliyeti, enerji bakımı ve yönetim maliyeti, enerji tasarrufu, yeni enerji geliştirme ve araştırmaları vb. içerir. İşletmeler tarafından satın alınan enerji tasarrufu ekipmanları, enerji bakım hizmeti tesisleri ve yatırımları, enerji ölçüm tesisleri ve teknolojileri, yeni enerji geliştirme ve kullanım ekipmanları, varlıklara dahil edilebilir. Enerji tasarrufu ve yeni enerji geliştirme ve araştırma aşamalarındaki harcamalar, koşullara uygun olması durumunda aktifleştirilebilir (Wang, 2013: 37). Enerji varlıklarının fiyatlandırılması ve değeri, farklı edinim yollarına göre nasıl belirleneceği aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 3-7: Enerji Harcamalarının ve Giderlerinin Aktifleştirilmesi

<i>Enerji Varlığının Edinim Yolu</i>	<i>Aktifleştirilme Yöntemi</i>
Manuel çalışma yatırımı ile	• Birikmiş Tarihi Maliyet
Satın alma ile	• Satın Alma Fiyatı
Enerji varlığına sonradan yapılan yatırım	• Gerçek maliyet
Enerji varlığında oluşan tüketim, transfer ve anormal kayıplar	• Gerçek veya ortalama maliyet

Kaynak: (Wang, 2013)'dan uyarlanmıştır

3.2.6.5.2. Finansal Açıklamalar

Enerji ile ilgili finansal etkiler işletmelerin finansal bilgilerinin bir parçasıdır. Bu etkilerden ilgili olanları uygun finansal tablolara geleneksel yöntemle doğrudan

işlenebilir. Bunun amacı, enerji ile ilgili finansal koşulları ve işletme performans göstergelerini belirli kalemlerle bağımsız olarak açıklamaktır (Wang, 2013: 38). Bu etkilerin finansal tablolarda nasıl gösterileceği ile ilgili spesifik örnekler aşağıdaki tabloda yer almaktadır.

Tablo 3-8: Finansal Tablolara Eklenebilecek Enerjinin Finansal Etkileri

<i>Bilanço Tablosu</i>	<i>Kar-Zarar Tablosu (Faaliyet Karından Sonra)</i>
<u>Varlıklar</u>	<u>Enerji Gelirleri</u>
-Enerji Tasarruflu Sabit Varlıklar	-Enerji tasarrufundan elde edilen gelirler
-ETSV'nin Amortismanı	
-ETSV'nin Değer Azalma Karşılıkları	<u>Enerji Harcamaları</u>
	-Enerji kayıpları ve maliyetleri (EV aşınma ve tükenme paylarını da içerebilir)
<u>Borçlar</u>	
-Ödenecek Çevre Koruma Ücretleri	
-Ödenecek Çevre Vergisi	
-Enerji Koruma Fonları	

Kaynak: (Wang, 2013)'dan uyarlanmıştır

Diğer taraftan gerçekte var olan veya muhtemelen gerçekleşecek olan ve doğrudan parasal ölçümü zor olan enerji olayları ek bilgi şeklinde açıkça belirtilmeli ve gerekirse ekli liste de düzenlenmelidir.

Enerji muhasebesi aynı zamanda kaynak kullanımını kontrol altına alınması yönüyle sürdürülebilir kalkınmaya hizmet eder. Sürdürülebilir kalkınma ise işletmelerin piyasa rekabetine katılabilmeleri ve kendi amaçlarını gerçekleştirebilmeleri için vazgeçilmez bir koşul haline gelmiştir. Enerji yönetimi odaklı uygulamalar finansal muhasebe açısından bazı sonuçlar doğurabilir ve finansal muhasebenin bazı tablolarına kaçınılmaz olarak yansımaları gerekir. Dış kullanıcılara işletmenin enerji yönetimi konusunda yeterli bilgiler sunmak muhasebenin tam açıklama ilkesinin bir gereğidir.

Diğer taraftan enerji muhasebesi çalışmalarını daha etkin hale getirmek için ilkeleri standartlaştırmak gerektiğine inanılmaktadır. Standartların uygulanabilirliği ise standartların kalitesi, genel kabul görmesi ve standartların başarısına bağlıdır (Yılmaz, 2001: 90). Enerji muhasebesini uygulanabilir kılmak için aşağıda belirtilen bazı diğer önemli konuların dikkate alınması gerekmektedir (Emblemsvåg, 2016: 193-194):

1. *Uzun ömürlü varlıkların belirtilen muhasebe dönemine göre amortismanı.* Bu, genel gider enerji tüketimini en iyi şekilde ele almak istediğimiz için amortismanına tabi varlığın ne kadar faydalı olduğunu öğrenmek açısından özellikle önemlidir.

2. *Enerji tüketimini belirli bir ürün veya hizmete ilişkin eşleştirme prensibi.* Rekabet için ürünlerin fiyatları önemli olduğundan, bu bir parasal muhasebe sisteminde önemlidir. Enerji muhasebesinde, durum biraz farklıdır, çünkü enerji vergisi, bireysel ürünler için değil, genel kurumsal tüketim içindir.

3. *Diğer enerji tüketiminin belirli bir muhasebe dönemiyle ilişkisi.* Bu, vergilendirme amaçları için, enerji tüketim rakamlarını başka bir döneme aktararak ve böylece yıllık ortalama enerji tüketimini düzleştirerek şirketlerin yüksek enerji tüketimi ile yıllarını “düzeltmesi” için (veya belki de izin vermelerinin) önlenmesi açısından önemlidir.

4. *İhtiyatlılık ilkesi.* Envanter değerlemelerinde varlığın düşük tahminler üzerinden kayıt edilmesi gerektiği anlamına gelir. Bununla birlikte enerji muhasebesinde durum bunun tersidir ve enerji tahminleri yüksek tahminlere göre yapılmalıdır.

5. *Finansal muhasebede olduğu gibi bağımsız denetim gerekli olacaktır.*

Bir enerji programının bir parçası olarak en uygun enerji muhasebesi yönteminin seçilmesinin politika yapıcıların bazı sorulara cevap vermesi gerekmektedir (Rose, 2000: 345). İlkelerin standartlaştırılması noktasında bunların dışında diğer genel kabul görmüş muhasebe ilkelerin de dikkate alınması gerekir. Uygulamada hükümetlerin vergilendirme sistemlerini kullanmaları ile şirket davranışını etkilemenin birçok yolu olacaktır. Bu konu daha ayrıntılı bir analiz gerektirir.

Finansal bilginin diğ er kuruluşlardaki standart bilgilere benzemesine gerek yoktur. Bunun yerine bilginin belirli bir iş ortamında faaliyet gösteren yöneticilerin belirli bir stratejiyle yaptığı kararlar için geçerli olması gerektiğ i önemli bir kriterdir (Lanen vd., 2014: 47). Enerji muhasebesi daha çok karar almaya yönelik iç raporlamada yönetim muhasebesinin bir alt başlığı olarak yönetimin amaçlarına hizmet eder. Böylelikle enerji yönetimi sistemlerini benimsemeyi amaçlayan işletmeler için daha etkin enerji verimli uygulamalar hayata geçirilebilir. Bu noktada önceki başlıkta yer verilen enerji maliyeti indeksi gibi bazı performans göstergeleri enerji yönetiminin önemli katkılar sağlayabilir.

3.2.7. Enerji Muhasebesinde Yaş anan Problemler

Enerji muhasebesi kurumlarda halihazırda mevcut olan finansal muhasebe sistemlerine paralel bir sistem uygulanmasını gerektirir ve bu nedenle de kısa vadede bir şirketin işletilme maliyetini artıracakğ ı açıktır (Emblemsvåg, 2016: 196) .

Enerji girdilerinin bir değerlendirmesini yaparken, ölçmek istediğ imiz faaliyetlerin yapısal ve işlevsel unsurların kimliğ ini önceden bilmeliyiz. Örneğ in, otomobillerin bir enerji girişı, buzdolapları elektrik, yelkenli tekneler rüzgarı ve insan yiyecekleri olarak benzin gerektirdiğ ini bilmeliyiz. Böylece, enerji dönüşümlerinin kantitatif analizi ile uğraşırken, “enerji girdisi” gibi genel bir muhasebe kriteri kullanmak imkansızdır. Böyle bir kriter, farklı şekillerde ve farklı ölçeklerde ölçülmesi gereken birçok farklı şeyi ifade eder (Aspinall vd., 2014: 30)! Enerji muhasebesi teknikleri, isminden de anlaşılacakğ ı gibi, bir sürecin hesabını belirlemek için, her zaman dalgalanan parasal birimlerde değ il, doğası gereğ i her zaman kalıcı olan fiziksel enerji birimleri ile takip edilmesi önerilmektedir (The World Energy, 1985: 40). Enerji muhasebesine giriş, elbette, önemli bir politik zorluk olacaktır, ancak iş kararlarına parasal maliyetler ve gelirlerden daha doğru bir boyut eklemek istiyorsak, sahip olduğumuz tek seçenek budur (Emblemsvåg, 2016: 32).

Bir üretim tesisi yakıt olarak ve elektrik gibi çeşitli biçimlerde enerji ithal eder aynı zamanda yanıcı artıklar, buhar ve bazen de elektrik biçimindeki fazla enerjiyi ihraç edebilir. Basit bir yaklaşımla enerji maliyeti, satın alınan enerji için ödenen faturalar temelinde kapsamlı bir şekilde dikkate alınabilir. Toplam maliyet, elektrik

veya buhar ağlarında birbirine bağlı birkaç üniteden çıkan ürünlere ayrılabilir ve tahsis edilebilir. Bu yaklaşım, bir gelir-gider mali tablosu oluşturmak için muhasebe açısından oldukça doğrudur. Bununla birlikte, teknik açıdan bakıldığında, bu tür bir prosedür tamamen uygun değildir, çünkü aşağıdaki soruların ortaya çıkmasına sebep olabilir (Trambouze, 2000: 693-694):

- Süreçteki enerji kullanıcılarının nispi ağırlığı ve hangi enerji biçimini kullandıkları net değildir.
- Birincil enerji, buhar veya sıcak yağ şeklinde dağıtılmak üzere operasyonlar sırasında dönüştürülürse, hangi ek maliyetler dikkate alınmalıdır?
- Alternatifler varsa, farklı bir enerji formundan ne gibi teknik ve ekonomik avantajları sağlanabilir?
- Enerji tüketiminde ve / veya maliyetinde mevsimsel varyasyonlar var mıdır?

Yanıcı olmayan yenilenebilir enerji kaynakları (rüzgar, güneş, hidro ve jeotermal) herhangi bir yakıt tüketmediğinden, bu kaynaklardan gelen enerji, fosil yakıt kaynakları ile aynı şekilde hesaba katılamaz. Birçok enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji ürününde kullanılan mevcut fosil yakıt eşdeğerliği yaklaşımı ve analizler, yanıcı olmayan yenilenebilir elektrik (yenilenebilir enerji) üretiminin ortalama fosil yakıt ısı oranına sahip olduğunu varsaymaktadır (2015 itibarıyla 9,510 Btu / kWh). Diğer taraftan alternatif olarak yakalanan enerji yaklaşımı üretilen elektriğin ısı içeriğini kullanır (3,412 BTU / kWh). Her iki seçenek de belirli uygulamalarla ilgili metodolojik seçim meselesi olduğundan teknik olarak daha doğru veya doğru olmadığı söylenemez. İlgili duruma göre, yenilenebilir enerji üretimi her zaman fosil yakıt üretimini değiştirdiğinde fosil yakıt denkliği daha uygun olabilir ve yenilenebilir enerji üretimi hiçbir zaman fosil yakıtların yerini tutmazsa yakalanan enerji daha uygun olabilir (Donohoo-Vallett, 2016: 1-3).

Enerjiyi ölçmek genellikle pratik üretimde çok az veya hiç katkısı olmayan zor, pahalı bir uygulama olarak görülür. Ancak eski bir atasözünde belirtildiği üzere dediği gibi: Ölçülemezse, kontrol edilemez ve hiçbir yerde bu söylem enerji yönetiminden daha doğru olamaz. Birçok insan, enerjiyi ölçmenin maliyetli ve sofistike ekipman gerektirdiği izlenimi altındadır. Bununla birlikte, bakım mühendisleri tarafından

kullanılanlar gibi nispeten basit el aletleri ile çok şey elde edilebilir. Aslında, enerjiyi yönetmeye başlaması çok az maliyetlidir ve çok az veya hiç ek harcama yapmadan tasarruflar yapılabilir. Yönetim programı geliştirilirken, bazı ek harcamalara ihtiyaç duyulacaktır, ancak bu yatırımın geri ödemesi genellikle hızlıdır ve ilk anketlerden tahmin edilebilir (ETSU vd., 1999: 3). Daha gelişmiş teknolojiler kullanılarak örneğin “gerçek zamanlı denetim” uygulamaları ile enerji muhasebesi için ölçüm hataları en aza indirilebilir (Trambouze, 2000: 694).

Enerji muhasebesi, Btu ve enerji maliyet akışını bir organizasyon aracılığıyla izleme sanatı ve bilimidir. Bazı standart veya temel ve varyans hesaplamaları ile kıyaslandığında, maliyet merkezi uyumu önemlidir. Sapmaların nedenleri aranmalıdır. Bununla birlikte, hiçbir muhasebe sistemi her derde deva değildir ve herhangi bir sistem yalnızca ölçüm ve raporlama sistemleri için izin verdiği kadar doğrudur (Capehart vd., 2012: 59).

Enerji muhasebesinin yaygın olarak uygulanmaması konuya yönetsel bakış açısı ve hükümet politikalarının payı olduğu yadsınamaz bir gerçektir. Birçok şirket yönetiminin enerji yönetimi konusunda bilgisi, dikkat ve odak eksikliği söz konusudur. İşletme yönetimi temel olarak diğer konulara odaklanarak elde edilecek daha büyük tasarruflar olduğunu düşünürler. Diğer taraftan çevre sorunlarına karşı tutumları da değişkenlik gösterebilmektedir. Kanun yapıcılar tarafından enerji muhasebe uygulamaları noktasında işletmeler üzerinde yeterli baskıyı oluşturmamaları da bir diğer önemli eksiklik olarak karşımıza çıkmaktadır. Sonuç olarak, zorunlu bir enerji muhasebesi sisteminin uygulanmasının başlangıçta kurallar, maliyet ve uygulama hakkında belirsizliklerden kaynaklanan bazı olası karışıklıklar aşıldıktan sonra kazan-kazan durumuyla sonuçlanması kuvvetle muhtemeldir.

3.3. Faaliyet Tabanlı Maliyetleme Sistemi

Muhasebenin amaçlarından biri çeşitli kullanıcıların ihtiyaçlarını mümkün olan en düşük maliyetle karşılamak için yeterli bilgi sağlamaktır. Burada, karar verme için bir bilgi sistemi kullanmaktan elde edilen fayda, sistemin işletim maliyetinden daha büyük olması gerektiğine dikkat edilmelidir. Muhasebe bilgilerinin kullanıcıları iki kategoriye ayrılabilir:

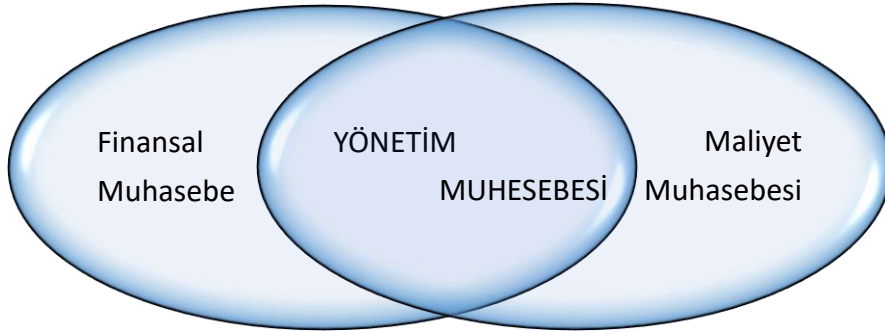
- 1) Kurum içi dâhili kullanıcılar, yöneticiler;
- 2) Kuruluş dışındaki pay sahipleri, alacaklılar ve düzenleyici kurumlar gibi harici kullanıcılar.

Yönetim muhasebesi, kurum içindeki insanlara daha iyi kararlar vermelerine yardımcı olmak ve mevcut operasyonların etkinliğini ve verimliliğini arttırmak için bilgi sağlamakla ilgilenirken, finansal muhasebenin kurum dışındaki taraflara bilgi sağlamakla ilgilenmesi söz konusudur. Böylece, yönetim muhasebesi iç raporlama olarak adlandırılabilir ve finansal raporlama dış raporlama olarak adlandırılabilir (Dury, 2018: 5). Finansal muhasebenin sağladığı raporlar işletme yöneticileri için de önemlidir çünkü yöneticilerin amacı işletmenin ana hedeflerinin bir bütün halinde gerçekleşmesidir. Nitekim işletmenin bütününü oluşturan çeşitli parçalar arasında uyum sağlanabilmesi ve olası aksaklıklara karşı zamanında önlem alınması gerekmektedir (Büyükmirza, 2014: 33-34). Sağlanan bilgilerin karar verme sürecine yaptığı katkı nispetinde önemli olduğu göz önünde bulundurulursa şirket içi operasyonlar ile ilgili yönetim muhasebesi yöneticilere daha detaylı bilgiler sunmaktadır.

Ağır rekabet koşullarında daha kaliteli ürünlerin daha düşük fiyatlarla piyasaya sürülmesi, değişen müşteri ihtiyaçlarına zamanında cevap verilmesi ve üretim ve dağıtımda etkinliğin artırılması gibi faktörler önemli rol oynamaktadır. Üretilen hizmetlerin maliyetleri de bu ağır koşullarda önemli bir rekabet silahı haline gelmiştir (Yılmaz, 2008: 315). Bu nedenle firmalar daha çok uygun, zamanlı ve yönetimin bilgi gereksinimlerini karşılayacak nitelikte maliyet bilgilerine ihtiyaç duyarlar. Maliyet muhasebesi bu amaca hizmet eden muhasebe dalıdır (Küçüksavaş, 2006: 3). Diğer bir ifade ile maliyet muhasebesi yöneticiler için tasarlanmış maliyetlerle ilgili bilgileri ölçen, kaydeden ve raporlayan muhasebe dalıdır (Lanen vd., 2014: 6).

Finansal muhasebe ile maliyet muhasebesi arasında çeşitli farklılıklar olduğu gibi gerekli bilgilerin karşılıklı sağlanması dolayısıyla bazı ortak yönleri de mevcuttur. Diğer taraftan işletme yönetiminin bilgi ihtiyacını karşılamak için yönetim muhasebesi her iki muhasebe dalından da yararlanır. (Küçüksavaş, 2006: 3). Her üç muhasebe dalının birbiri arasındaki ilişkiyi aşağıdaki şekilde göstermek mümkündür.

Şekil 3-5: Yönetim, Finansal ve Maliyet Muhasebesi İlişkileri



Kaynak: (Raiborn'dan aktaran Küçüksavaş, 2006: 6)

Maliyet muhasebesi örneğin dış raporlama ve iç karın ölçümü gereksinimlerini karşılamak üzere stok değerlemesi için maliyet birikimi ile ilgilenirken, yönetim muhasebesi karar verme, planlama, kontrol ve performans değerlendirmesi için uygun bilgilerin sağlanması ile ilgilidir. Arada çok küçük farkların olmasına rağmen bazı çalışmalar, maliyet muhasebesi ile yönetim muhasebesi arasındaki ayrımın net bir şekilde belirlenmediğini ve iki terimin eş anlamlı olarak kullanıldığını ortaya koymaktadır (Dury, 2018: 17; Küçüksavaş, 2006: 6).

Yöneticiler, araştırma ve geliştirme, bütçeleme, üretim planlama, fiyatlandırma ve müşterilere sunulan ürün veya hizmetler hakkında karar vermek için maliyet muhasebesi bilgilerini kullanırlar (Horngren vd., 2015: 24). Bu ihtiyaçların giderilmesinde alışlagelmiş maliyet muhasebesi bilgi sistemlerine daha doğru bilgileri zamanında verebilecek yeni sistemlerin ilave edilmesi rekabet avantajı kaynağı olarak görülmüştür (Hofmann ve Bosshard, 2017: 712). Faaliyet tabanlı maliyet (activity based costing) sistemi de bu maliyet sistemlerden biri olarak muhasebe bilgi sistemleri içerisinde yerini almıştır (Unutkan, 2010: 87).

1980'lerin sonlarında ABD ve Avrupa'da birkaç firma FTM tipi sistemleri uygulamıştır. Yenilikçi FTM tipi sistemlerin gözlemlerine dayanan bir dizi makalede (Cooper ve Kaplan, 1988), bu sistemleri destekleyen fikirleri kavramsallaştırmış ve FTM terimini ortaya koymuşlardır (Dury, 2018: 259). Bu bölümde, karar verme sürecinde faaliyet tabanlı maliyetleme (FTM) sisteminin kavramsal çerçevesi ortaya konulmaya çalışılacaktır.

3.3.1. Maliyetin Tanımı ve Maliyet Objeleri

Muhasebe sistemlerinin maliyetleri nasıl hesapladığını ve muhasebe bilgilerini başkalarına nasıl etkin bir şekilde iletebildiğini anlamak için, maliyetin ne anlama geldiğinin tam olarak anlaşılmasını gerektirir. Ne yazık ki, terimin birden fazla anlamı vardır ve farklı durumlarda farklı maliyet türleri kullanılmaktadır. Hangi maliyet anlamının aktarıldığını daha açık bir şekilde göstermek için büyük bir terminoloji ortaya çıkmıştır. Örnekler arasında değişken maliyet, sabit maliyet, fırsat maliyeti ve batık maliyetler yer almaktadır (Dury, 2018: 22).

Maliyet kavramı gündelik kullanımlarda parasal olmayan unsurları da kapsayan çok çeşitli kullanımları olan bir terimdir. Ancak muhasebeciler açısından maliyet en genel anlamda hedeflenen bir sonuca ulaşmak için katlanılması gereken fedakârlıkların/aktif tükenmelerinin/esirgemezliklerin parasal tutarı olarak ifade edilebilir (Büyükmirza, 2014: 44; Küçüksavaş, 2006: 18).

Muhasebede maliyeti hesaplanmak istenen şeylere (birimlere) maliyet objesi adı verilir (Horngren vd., 2015: 51). Bir ürün, servis, proje, müşteri, faaliyet veya bir departman maliyet objesi olabilir.

Maliyetler çeşitli amaçlara hizmet etmek için kullanılabilirler. Maliyet belirlemede hangi şeylerin maliyetinin saptanacağı yani maliyet objelerinin seçimi önemli olduğu kadar ne şekilde saptanacağı da önemlidir (Büyükmirza, 2014: 45).

Maliyet objelerine yüklenen maliyetler, doğrudan (direkt) ve dolaylı (endirekt) maliyetler olmak üzere iki geniş kategoriye ayrılabilir (Leitner, 2012: 60). Her iki kategori de direkt ve endirekt malzeme ve işgücü maliyetlerine bölünebilir.

Doğrudan maliyetler, bir maliyet objesinde kolayca ve doğru bir şekilde izlenebilir. Buna karşılık, mamullere veya hizmetlere doğrudan yüklenemeyen maliyetler endirekt maliyetleri oluşturur. Bir masa üretiminde kullanılan çiviler maliyetlerinin nispeten düşük olmasından dolayı masanın maliyetinde direkt olarak izlenmez bunun yerine genel üretim maliyeti olarak ele alınır.

Karar verme için genellikle ilgili maliyetlerin kolayca ölçülebileceği varsayılmıştır, ancak gerçekte, endirekt maliyetlerin tanımlanması, ölçülmesi ve ürüne

tahsis edilmesi zor olabilmektedir (Dury, 2018: 255). Endirekt maliyetlerin ürünlere tahsisi için kullanılan farklı yöntemler mevcuttur. Bu yöntemlerin seçimi, ürün karması belirleme, ürün fiyatını belirleme ve bir ürün hattını sonlandırma gibi kararlar için kullanılan ürün maliyetlerinin doğruluğu konusunda belirleyici olduğundan yöneticiler için önemlidir (Warren vd., 2016: 1201).

3.3.2. Maliyet Biriktirme Sistemine Duyulan İhtiyaç

Her işletme karlarını maksimum yapabilmek için maliyetlerini düşürmek ister. Yöneticiler, ürünlerinin fiyatlandırmasını doğru yapabilmek için güvenilir maliyet tahminlerine sahip olmalı, performansı değerlendirmeli ve kontrol işlemlerini yapmalıdır. Buradan anlaşılacağı üzere yöneticiler birçok farklı şeyin maliyetini bilmek isterler. Muhasebeciler ise belirli bir nesnenin maliyetini doğru belirlemek için çok sayıda bireysel maliyet kalemini dikkate almaları gerekir. Çoğu zaman düşülen maliyet yapıları nispeten basit görünmektedir. Maliyetler sabit ve değişken olarak ayrılır ve birim başına değişken maliyetin tüm seviyeleri için aynı olduğunu varsayılır. Ancak günümüz teknoloji yoğun üretim işletmelerinde daha detaylı maliyet bilgilerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Maliyetlendirme sistemlerine yönelik daha detaylı çalışmaların yapılması gerekliliğini hızlandıran üç temel sebep bulunmaktadır (Horngren vd., 2015: 179):

1. Ürün çeşitliliğinde artış.
2. Endirekt maliyetlerde artış.
3. Ürün pazarlarında rekabet.

Maliyetleme sistemlerinin daha detaylı ele alınması çok miktarda verinin toplanmasını, doğrulanmasını, analiz edilmesini ve depolanmasını gerektirir. Bilgi teknolojisindeki ilerlemeler, bu faaliyetleri gerçekleştirme maliyetlerini önemli ölçüde azaltmıştır.

Karar alma sürecinde ilgili maliyet bilgisini üretmek için bir maliyet biriktirme sisteminin gerekli olmasının üç ana nedeni vardır (Dury, 2018: 256):

1. Birçok endirekt maliyet kalemi karar verme ile ilgilidir. Örneğin malzeme tedarik veya üretim planlama faaliyetleri endirekt faaliyetlerdir ve maliyetleri onlara olan talebe göre değişmektedir. Alınan bir karar bu faaliyetlere olan talepte bir düşüşe neden oluyorsa ilgili maliyetlerinde aynı oranda azaltılması gerekmektedir.

2. Daha ayrıntılı özel çalışmalar ile potansiyel olarak kâr getirmeyen ürünleri periyodik olarak tanımlamaya dikkat çeken bir bilgi sistemi gereklidir. Periyodik ürün karlılık analizleri bu ihtiyacı karşılamaya yöneliktir.

3. Ürünler hakkında verilen kararlar bağımsız değildir. Bir ürünü piyasadan çekme kararı genellikle "sabit" genel harcamaları değiştirmez. Buna karşılık, 50 ürünü birden çekmek önemli değişikliklere yol açabilir.

Bu nedenlerden dolayı karar alma sürecinde endirekt maliyetlerin neden-sonuç ilişkisi içinde ürünlere yönlendiren bir maliyet biriktirme sistemine ihtiyaç duyulmaktadır. Faaliyet tabanlı maliyetleme sisteminin alt yapısı maliyet birikiminin faaliyetlere göre yapılmasına dayanmaktadır (Hatiboğlu, 2003: 293).

3.3.3. FTM'de Kullanılan Kavramların Açıklanması

FTM modelinin temelinde şu işleyiş vardır: ürün faaliyetleri tüketir, faaliyetler ise kaynakları, üretim faaliyetin gerçekleşmesine neden olur, faaliyetler de maliyetlerin oluşumuna ve faaliyet, maliyet yönetiminin odak noktasıdır (Ansheng, 2011: 484). Faaliyet Tabanlı Maliyetleme (FTM) sistemiyle ilgili incelmemize başlamadan önce, maliyetle ilgili bazı kavramları gözden geçirmek yerinde olacaktır.

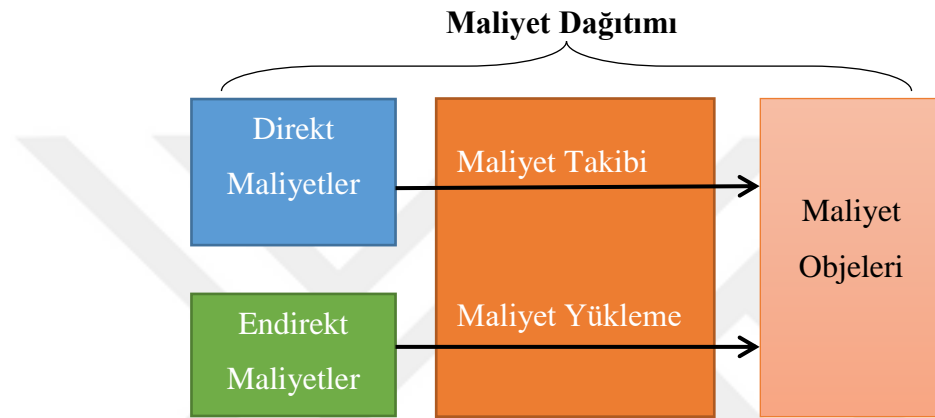
1. Bir *maliyet objesi (cost object)*, maliyetlerin ölçülmesi istenen herhangi bir şeydir.

2. Bir maliyet objesinin *direkt maliyetleri (direct costs)*, ekonomik olarak uygulanabilir, kolay ve doğru bir yolla takip edilebilen belirli bir maliyet objesi ile ilgili maliyetlerdir.

3. Bir maliyet objesinin *endirekt maliyetleri (indirect costs)*, doğrudan, ekonomik olarak uygulanabilir bir yolla izlenemeyen belirli bir maliyet objesi ile ilgili maliyetlerdir.

Endirekt maliyetler, çeşitli maliyet yükleme yöntemleri kullanılarak maliyet objelerine dağıtılır. *Maliyet dağıtımı (cost assignment)*, ister direkt ister endirekt olsun, maliyet objesine maliyetlerin dağıtılması için genel bir terimdir. *Maliyet takibi (cost tracing)*, direkt maliyetlerin dağıtılması sürecidir. *Maliyet yükleme (cost allocation)* endirekt maliyetlerin dağıtılması sürecidir. Bu üç kavram arasındaki ilişki grafiksel olarak temsil edilebilir.

Şekil 3-6: Maliyet Yükleme, Takibi ve Dağıtımı Arasındaki İlişki



Kaynak: (Datar ve Rajan, 2017: 108)

4. *Maliyet havuzu/maliyet merkezi (cost pool/cost centre)*, bireysel endirekt maliyet kalemlerinin gruplandırılmasıyla oluşan birikim merkezleridir. Maliyet havuzları, tüm üretim tesisi maliyetleri gibi geniş çapta olabileceği gibi metal kesme makinelerinin işletme maliyetleri gibi dar bir aralıkta olabilir.

5. *Maliyet-yükleme tabanı/maliyet sürücüsü (cost allocation base/cost driver)*, endirekt maliyetlerin maliyet objeleri ile bağlantı kurması için izlenen sistematik bir yoldur. Her ikisi arasında sebep-sonuç ilişkisi vardır. Bununla birlikte, FTM sistemi genellikle maliyet sürücüsü (cost driver) terimini kullanılır. Bir maliyet sürücüsü, belirli bir faaliyetin maliyetine başlıca etki eden ölçüyü temsil eder. Üretim planlaması için üretim sayısı ve satın alma işlemi için satın alma siparişlerinin sayısı gibi hacim temelli olmayan sürücüler de dahil olmak üzere birçok farklı türde maliyet sürücülerini kullanır.

6. Bir *faaliyet (activity)*, genel gider kaynaklarının tüketilmesine neden olan herhangi bir olaydır.

Maliyet muhasebesinde özellikle FTM’de sıkça kullanılan bu terimlerin iyi anlaşılması çalışmamızın bundan sonraki kısmı için önemlidir. Bu terimlerle ilgili çalışmanın ilerleyen bölümlerinde kavram karmaşası yaşanması durumunda bu kısım tekrar gözden geçirilebilir.

3.3.4. FTM ile Geleneksel Maliyetleme Yönteminin Karşılaştırılması

19. yüzyıl boyunca ve 20. yüzyılın büyük bir bölümünde, maliyet sistemi tasarımları basit ve tatmin ediciydi. Çoğu şirketin o zamana kadar benzer kaynaklara ihtiyaç duyan sınırlı bir ürün çeşitliliği vardı ve direkt işçilik, hatta makine-saati gibi dağıtım anahtarları yeterli olmuştu. Daha sonra koşullar değişmeye başladı. Toplam maliyetin bir yüzdesi olarak, direkt iş gücü azalmaya başladı ve genel giderler artmaya başladı. Daha önce direkt işçiler tarafından yapılan birçok görev otomatik ekipmanlar tarafından gerçekleştirilmeye başlandı. Bu yeni ortamda, yalnızca sınırlı sayıda genel masraf havuzuna ve geleneksel yükleme tabanlarına dayanmaya devam etmek, birim ürün maliyetlerinin çarpık olması ve dolayısıyla karar verme amacıyla kullanıldığında yanıltıcı olması riskini doğurmuştur (Garrison vd., 2018: 312-313). Direkt malzeme ve işgücü, ürün maliyetinin çoğunluğunu oluşturduğunda, genel üretim giderleri önemli bir sorun değildir. Ancak son yıllarda bir ürünü elde etmek için harcanan genel üretim giderlerinin payı, direkt malzeme ve işçiliğe kıyasla daha fazla seviyede artmıştır (Davis ve Davis, 2013: 361). Ürün maliyetini değerlendirmede geleneksel yöntemin tatmin edici olmamasından dolayı, iş doktrini ve pratiği, rekabetçi ve yenilikçi "alternatif maliyet modeli" olarak faaliyet tabanlı maliyetlemenin tanımlanması yoluyla tepki göstermiştir (Tardivo ve Di Montezemolo, 2009: 71).

Geleneksel maliyet sistemi daha çok dış finansal raporlara veri sağlamak için tasarlanmıştır. Aksine, faaliyet tabanlı maliyetleme, iç karar verme süreci için kullanılacak şekilde tasarlanmıştır. Bu yönüyle, faaliyet tabanlı maliyetleme geleneksel maliyetlemeden üç şekilde farklıdır. Faaliyet tabanlı maliyetleme (Garrison vd., 2018: 311):

1. Üretim maliyetlerin yanı sıra üretim dışı maliyetler de ürünlere tahsis edilebilir, (ancak sadece sebep-sonuç temelinde olmalıdır).

Geleneksel maliyetlemede, üretim maliyetleri ürünlere verilirken üretim dışı maliyetler ürünlere yansıtılmaz. Tersine, faaliyet tabanlı maliyetlemede, birçok üretim dışı maliyetin belirli ürünlerin satılması, dağıtımı ve servisi ile ilişkili olduğunu kabul edilir. Bu nedenle maliyetini hesaplarken FTM bir ürünün sadece üretim maliyetini değil üretim dışı maliyetleri de içermektedir.

2. Bazı üretim maliyetleri ürün maliyetlerinden hariç tutulabilir.

Geleneksel maliyetleme sistemlerinde, tüm üretim maliyetleri, ürünlerin yol açmadığı üretim maliyetlerine bile tahsis edilmektedir. Bu sistem örneğinin önceden belirlenmiş bir fabrika genel gider oranını, tüm üretim maliyetlerini dağıtım tabanı miktarına bölerek hesaplar. Bu nedenle, dağıtım tabanı olarak direkt çalışma saatlerini kullanan bir şirket söz konusu olduğunda, bu yaklaşım, şirketin tüm üretim maliyetlerini, her bir ürünün direkt çalışma saati kullanımını dikkate alarak ürünlere tahsis edecektir. Buna karşılık, faaliyet tabanlı maliyetlendirme sistemleri, ürünlere iki tip üretim maliyetini: organizasyon sürdürme maliyetleri ve kullanılmayan kapasite maliyetlerini yüklemez.

3. Her biri kendi benzersiz faaliyet ölçüsünü kullanarak ürünlere ve diğer maliyet objelerine tahsis edilen çok sayıda genel gider maliyet havuzu kullanılır.

Tablo 3-9’da Genel kabul görmüş muhasebe ilkelerine dayalı finansal raporlama kapsamında geleneksel maliyetlemede kullanılan ürün maliyetinin bileşenleri ile faaliyet tabanlı maliyetleme altında içsel karar almada kullanılan bileşenlerle karşılaştırılması verilmiştir.

Tablo 3-9: GAAP¹ ve Faaliyete Dayalı Ürün Maliyetlerinin Karşılaştırılması

Maliyet Kategorileri	GAAP Tabanlı Ürün Maliyeti	Faaliyet Tabanlı Ürün Maliyeti
Direkt Malzeme	✓	✓
Direkt İşçilik	✓	✓

¹ GAAP: Generally Accepted Accounting Principles (Genel Kabul Görmüş Muhasebe İlkeleri)

Genel Üretim Giderleri

Birim seviyesi	✓	✓
Toplu seviye	✓	✓
Ürün seviyesi	✓	✓
Organizasyon seviyesi	✓	✓

Satış ve İdari Giderler

Birim seviyesi		✓
Toplu seviye		✓
Ürün seviyesi		✓
Organizasyon seviyesi		✓

Kaynak: (Davis ve Davis, 2013: 365)

Görüldüğü gibi FTM daha fazla sayıda faaliyet ölçüsü kullanarak daha fazla maliyet kalemini dikkate almaktadır.

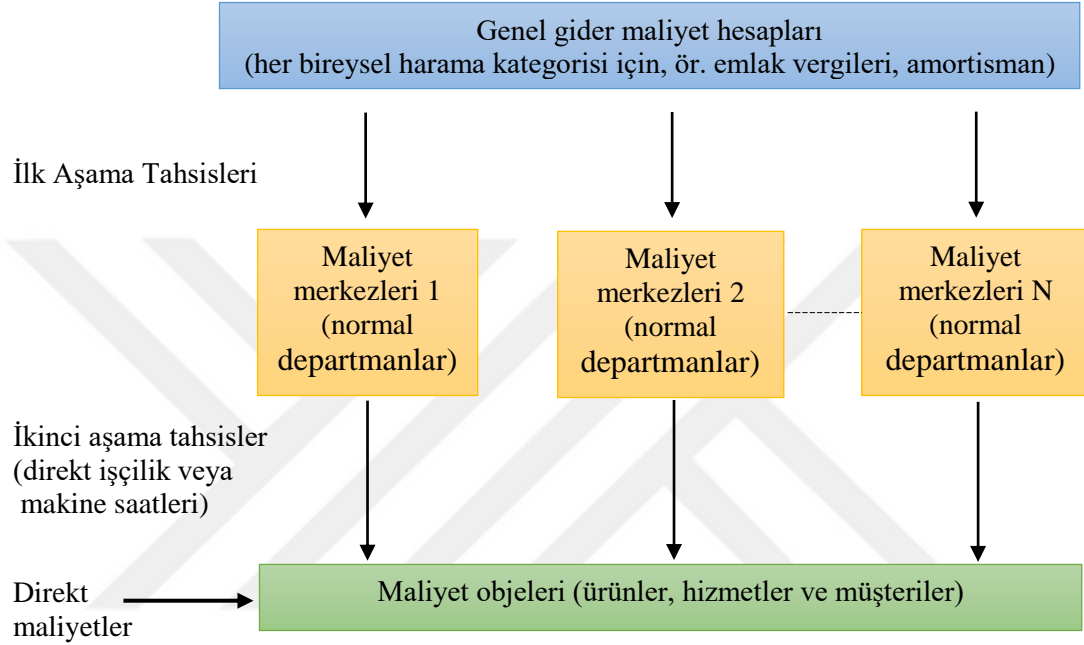
Müşteri düzeyinde ve organizasyon düzeyinde faaliyetlerle tüketilen kaynakların maliyetleri ürünlere ya da hizmetlere basit bir şekilde tahsis edilebilir. Ancak maliyetlerin tahsisinde kullanılmaya yönelik makul bir faaliyet ölçüsünün belirlenmesi zor olacaktır ve bu bilgiler karar vermede yardımcı olmayacaktır. Yöneticilerin bu maliyetleri görmezden gelmesi gerektiği anlamına gelmez. Bunun yerine yöneticilerin bu kaynaklardan elde edilen faydaların maliyetlerine değip değmeyeceğini belirlemenin başka yollarını bulması gerekir (Davis ve Davis, 2013: 364-365). Örneğin bir ürün elde etmek için kullanılan enerji faturasındaki tutar hangi faaliyet tarafından tüketildiğine bakılmaksızın tüm ürünlere eşit şekilde dağıtılabilir. Ancak bu dağıtım ürün çeşitliliğinin fazla olduğu işletmelerde doğru bir maliyet bilgisi üretmez. Diğer taraftan ürün çeşitliliğinin az olduğu ve kaynak kullanımının sınırlı olduğu organizasyonlarda bu detaylı maliyet bilgisini elde etmek harcanan çabanın verilecek karar açısından fazla bir önemi olmayabilir.

Geleneksel maliyetleme sistemleri, genellikle direkt çalışma saatleri veya makine saatleri olmak üzere az sayıda ikinci aşama tahsisat tabanını kullanma eğilimindedir. Diğer bir deyişle, geleneksel sistemler, direkt işgücü veya makine saatlerinin uzun vadede genel giderler seviyesinde önemli bir etkiye sahip olduğunu

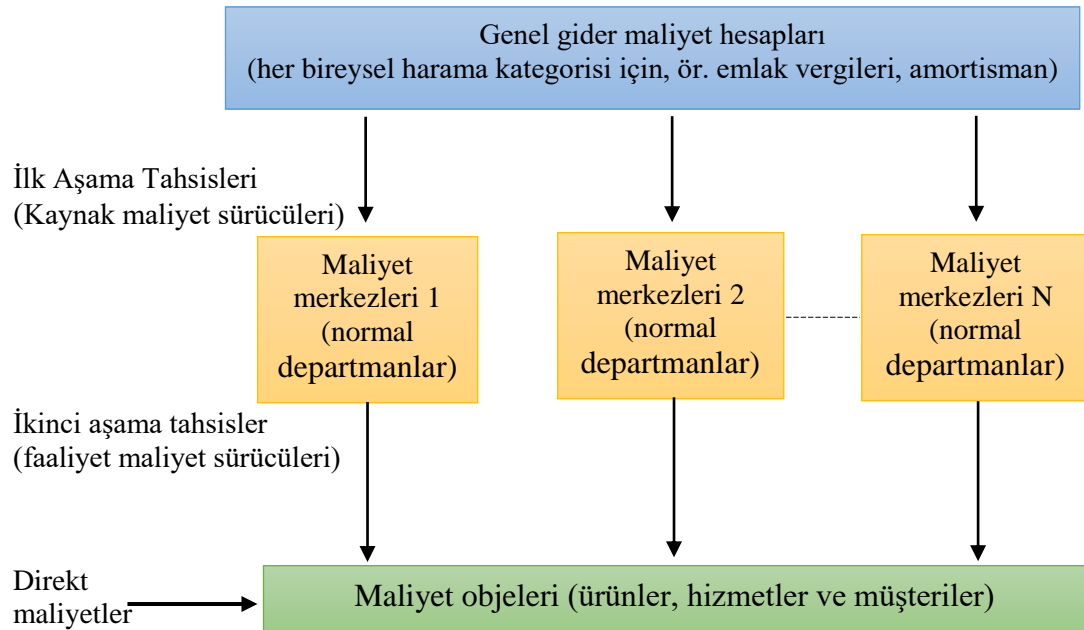
varsaymaktadır. Geleneksel sistemlerle daha az ölçüde kullanılan diğer tahsisat tabanları, direkt işçilik maliyeti, direkt malzeme maliyeti ve çıktı birimleridir. (Dury, 2018: 49).

Şekil 3-7: Geleneksel ve Faaliyet Tabanlı Sistemler için Maliyet Tahsis Süreci

(a) Geleneksel maliyet sistemleri



(b) Faaliyet Tabanlı Maliyetleme Sistemi



Kaynak: (Dury, 2018: 258)

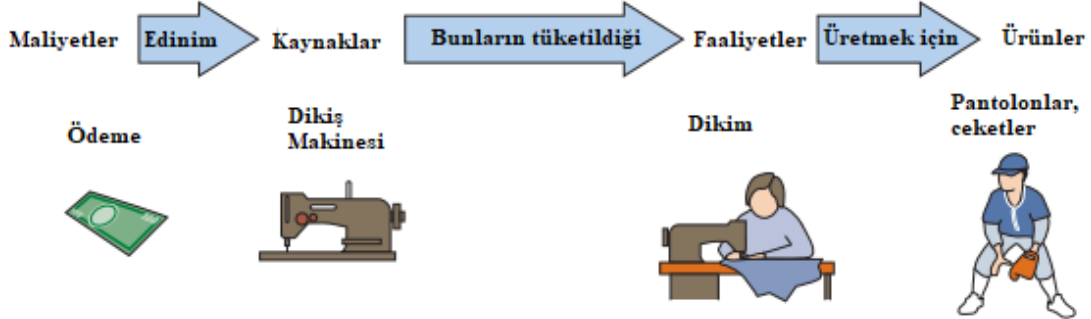
İlk aşamada geleneksel bir sistem, genel giderleri üretim ve servis maliyet merkezlerine (tipik olarak bölümler) tahsis eder ve daha sonra servis departmanlarının maliyet merkezi maliyetlerini üretim departmanlarına yeniden tahsis eder. Bir FTM sisteminde ise genel giderler her bir ana faaliyete (maliyet merkezlerinden veya bölümlerden ziyade) dağıtılır. FTM sistemleri ile faaliyete dayalı birçok maliyet merkezi (alternatif olarak faaliyet maliyet havuzları olarak bilinir) kurulur, oysa geleneksel sistem genel giderlerinde departmanlar tarafından havuzlanma eğilimi vardır. Bu açıdan, FTM sistemlerinin başlıca ayırt edici özellikleri (Dury, 2018: 257):

1. Daha fazla sayıda maliyet merkezi;
2. Daha büyük bir sayı ve çeşitlilikte ikinci aşama maliyet sürücüleri kullanmasıdır.

Geleneksel maliyetleme yöntemleri, genellikle hacime dayalı olarak yalnızca bir veya iki faktöre dayalı olarak ürünlere maliyetler atarken FTM, maliyetleri nasıl kullandıklarına bağlı olarak birkaç farklı faaliyete dayalı ürünlere maliyetler atamaktadır. Genel olarak, FTM yöneticilerin daha bilinçli kararlar vermesini sağlayan daha detaylı maliyet bilgisi sağlar (Garrison vd., 2018: 314; Lanen vd., 2014: 14).

FTM, endirekt üretim maliyetlerinin ürünlere tahsisini iyileştirmek ve bu maliyetlerin yönetimine yardımcı olmak için geliştirilmiştir (Geiszler vd., 2017: 45). Faaliyet tabanlı maliyetleme, daha karmaşık maliyet sistemlerini mümkün kılan teknolojideki gelişmeler sayesinde, maliyet havuzlarını tanımlamak ve tahsis tabanlarını seçmek için geleneksel tesis çapına ve departman yaklaşımlarına bir alternatif sunmaktadır. Faaliyete dayalı yaklaşım, günümüzün iş ortamına hitap etmektedir çünkü ürün çeşitliliğini yönetme ve sürdürme maliyetlerini daha iyi anlamak için daha fazla maliyet havuzları ve benzersiz faaliyet ölçüleri kullanır (Garrison vd., 2018: 314).

Şekil 3-8: Faaliyet Tabanlı Maliyetlerde Genel Gider Kullanımı



Kaynak: (Davis ve Davis, 2013: 361)

Geleneksel maliyetleme ile faaliyet tabanlı maliyetleme arasındaki temel fark, genel üretim giderlerinin tahsis edilmesinde yatmaktadır. (Direkt malzeme ve direkt işçilik maliyetleri iki yöntem arasında farklılık göstermez.) Faaliyete dayalı ürün maliyetleri, geleneksel yöntemdeki gibi genel gider tabanı üzerinden tüketiminden ziyade, her bir ürünün faaliyetlerinin tüketimine dayanır. Günümüz teknolojisinde gelinen noktada yalnızca sınırlı sayıda genel gider havuzuna ve geleneksel tahsisat tabanlarına dayanmaya devam etmek, birim ürün maliyetlerinin çarpık olması ve dolayısıyla karar verme amacıyla kullanıldığında yanıltıcı olması riskini doğurmuştur.

3.3.5. Faaliyet Tabanlı Maliyetleme Sisteminin Tasarlanması

Yeni bir muhasebe yöntemi olan faaliyet tabanlı maliyetleme (FTM), geleneksel maliyet muhasebesinin toplam maliyetlerin azaltılmasına katkı sağlanamaması ve genel giderlerin hatalı dağıtılması nedeniyle maliyetlerdeki çarpıklık gibi iki temel sorunu gidermek için bir araç olarak geliştirilmiştir. Faaliyet tabanlı maliyetleme, bir üretim sistemi veya bir kuruluşteki faaliyetleri tanımlayan bir muhasebe metodolojisidir (Johnson'dan aktaran Kim, 2017: 20). Sistemin nasıl tasarlandığına bağlı olarak bir FTM sistemi çeşitli amaçlarla uygulanabilir. Buraya kadar FTM'ye olan ihtiyacı, ortaya çıkışını ve bazı kavramları ortaya koymaya çalıştık. Şimdi sistemin nasıl tasarlandığına bakarak FTM'yi daha detaylı incelemeye çalışacağız. Tabi her yeni sistemin işletmeye adapte edilmesinde olduğu gibi üst yönetimin tam desteğini almak uygulamadaki başarısını etkileyen önemli faktörlerden biridir. FTM sistemi teoride kolay gibi görünse de gerçek hayatta uygulaması biraz karmaşık ve

zaman alıcı bir çabayı gerektirebilir. Ancak, FTM sayesinde elde edilecek detaylı maliyet bilgileri, yönetimin karar verme sürecine önemli katkıları sağlayacaktır.

3.3.5.1. Faaliyetlerin Tanımlanması

Bir FTM sisteminin uygulanmasındaki ilk büyük adım, sistemin temelini oluşturacak faaliyetleri tanımlamaktır. Bu zor ve zaman alıcı olabilir ve çok fazla yargıda bulunmayı gerektirir. FTM uygulama ekibindeki bireyler için genel gider tüketiminin yüksek olduğu birimlerde çalışan insanlarla görüşmeler yapmak ve onların ana faaliyetlerini açıklamalarını istemek yaygın bir uygulamadır (Garrison vd., 2018: 318).

Faaliyetler, kaynak tüketimine neden olan birçok farklı görev, faaliyet veya iş biriminin bir araya getirilmesinden oluşur. Örneğin, satın alınan malzemeler ayrı bir faaliyet olarak tanımlanabilir. Bu faaliyet, satın alma talebi toplama, tedarikçileri belirleme, satın alma siparişlerini hazırlama, e-posta gönderme, siparişleri gönderme ve takip etme gibi birçok farklı görevlerin bir araya getirilmesinden oluşmaktadır (Dury, 2018: 263). Bir organizasyonun işleyiş süreci karmaşık olduğunda, Pareto Prensibine göre FTM yöntemi kapsamında yüksek önem taşıyan faaliyetler seçilmelidir (Ansheng, 2011: 484). Farklı faaliyet tanımlamalarına örnek olarak kurulum, malzeme taşıma veya montajlama gibi faaliyetler operasyonlardaki kaynak tüketimine göre ayrı ayrı veya bir araya getirilerek sınıflandırılabilir.

Bir faaliyet belirlendikten sonra o faaliyet için harcanan sürenin ve o faaliyet tarafından tüketilen kaynakların izlenmesi gerektiğini unutmayın. Böylece, daha ayrıntılı olarak tanımlanan faaliyetler daha fazla izleme gerektirecektir. Daha ayrıntılı faaliyetlerin tanımlanmasının faydaları, faaliyet performansını ve sonuçta ortaya çıkan hata olasılığını izlemek için gereken çabayı aşmamalıdır (Davis ve Davis, 2013: 369) Hem bilgi toplamanın maliyetini hem de hata olasılığını en aza indirmek için, faaliyet tabanlı maliyetleme sistemlerini kullanan çoğu şirket, ilgili faaliyetleri daha büyük bir faaliyetle birleştirir. Bu adım, faaliyet tabanlı bir maliyet sisteminin uygulanmasında en çok zaman alan ve en büyük hatayı üretebilecek olan adımdır.

3.3.5.2. Maliyetlerin Faaliyet Havuzlarına Yüklenmesi

Faaliyetler tespit edildikten sonra, belirli bir süre boyunca tüketilen kaynakların maliyeti her faaliyete tahsis edilmelidir. Amaç, organizasyonun her bir faaliyetine ne kadar harcama yaptığını belirlemektir (Dury, 2018: 264). Kaynaklar endirekt işgücü (insan kaynakları), malzeme ve gereçler, tesisler (bina alanı), ekipman, enerji ve yardımcı programları içerebilir. Basit bir sistemde, kaynakların kapsamı endirekt işgücü ile sınırlı olabilir (Kim, 2017: 29). Kaynakların birçoğu belirli faaliyet merkezleri ile doğrudan ilişkilendirilebilir, ancak diğerleri (tasarım, aydınlatma ve ısıtma maliyetleri gibi) endirekt olabilir ve çeşitli faaliyetlerle ortaklaşa paylaşılabilir. Örneğin, direk işçi-saatleri ve idare faaliyet maliyetleri arasındaki neden-sonuç ilişkisi biraz keyfidir ve kurulum-saat ve kurulum faaliyeti maliyetleri arasındaki ilişki kadar güçlü değildir (Horngren vd., 2015: 186). Bu maliyetler, neden-sonuç ilişkisi içinde maliyet sürücüleri temelinde faaliyetlere tahsis edilmelidir, Bu aşamada, paylaşılan kaynakları bireysel faaliyetlere tahsis etmek için kullanılan neden-sonuç maliyet sürücüleri, kaynak maliyet sürücüleri olarak adlandırılır (Dury, 2018: 264). Bu, birinci aşama tahsisi olarak anılır, çünkü maliyetler, maliyet objelerine dağıtılmadan önce faaliyet havuzlarına yüklenir (Davis ve Davis, 2013: 370).

Örnek olarak imalat ve montaj faaliyetlerinin yanında daha önce imalat ve montaj departmanlarına tahsis edilen kurulum, kalite kontrol denetimleri ve mühendislik değişikliği fonksiyonları ayrı birer faaliyet olarak sınıflandırılmış olsun. Diğer taraftan malzeme taşıma ve malzeme ayırma faaliyetleri de malzeme idare faaliyetleri olarak gruplandırılmış olsun. Her bir faaliyet için bütçelenen maliyet havuzları aşağıdaki gibi olacaktır.

Şekil 3-9: Faaliyet Havuzlarına Maliyetlerin Yüklenmesi

Faaliyetler	Faaliyet Havuzlarına Yüklenen Maliyetler
İmalat.....	530 TL
Montaj.....	70 TL
Kurulum.....	480 TL
Kalite Kontrol Denetimleri.....	312 TL
Mühendislik Değişiklikleri.....	208 TL
Malzeme İdaresi.....	<u>375 TL</u>
Toplam bütçelenmiş aktivite maliyetleri.....	<u>1975 TL</u>

Kaynak: (Warren vd., 2016: 1208)'den uyarlanmıştır

İmalat ve montaj faaliyetlerinin maliyetleri, bu faaliyetlerin üretim departmanları olarak tanımlandığı maliyetlerden daha azdır. Bunun nedeni, kurulum maliyetlerinin, kalite kontrol denetimlerinin ve mühendislik değişikliklerinin toplam maliyetinin 1.000 TL (480 TL + 312 TL + 208 TL) olan maliyetlerinin kendi faaliyet maliyet havuzlarına ayrılmasıdır. Diğer taraftan daha önce ayrı ayrı ele alınan malzeme taşıma ve ayırma faaliyetleri malzeme idaresi olarak önceden belirlenmemiş yeni bir faaliyet maliyet havuzunu (200 TL + 175 TL) oluşturabilir.

3.3.5.3. Faaliyet Sürücülerinin Belirlenmesi

Her faaliyet maliyet merkezine eklenen maliyetleri ürünlere tahsis etmek için, bir maliyet sürücüsü seçilmelidir. Bu aşamada kullanılan maliyet sürücülerine faaliyet maliyeti sürücülerini denir. Uygun bir maliyet sürücüsü seçilirken akılda bulundurulması gereken çeşitli faktörler vardır. İlk olarak, seçilen faaliyet sürücülerini her maliyet havuzunda ki maliyetler ile mamuller arasında iyi bir açıklama sağlamalıdır. İkincisi, bir maliyet sürücüsü kolayca ölçülebilir olmalı, verilerin elde edilmesi ve ürünlerle tanımlanabilir olması nispeten kolay olmalıdır. Bu nedenle ölçüm maliyetleri dikkate alınmalıdır (Dury, 2018: 264). Aşağıda bazı faaliyet sürücülerini örnek olarak verilmiştir.

Tablo 3-10: Maliyet Sürücü Örnekleri

• Kullanılan makine saati	• Kullanılan bilgisayar zamanı
• İş saatleri veya işçilik masrafları	• Üretilen veya satılan ürün sayısı
• İdare edile malzemenin ağırlığı	• Hizmet edilen müşteri
• Yazdırılan sayfa sayısı	• Tamamlanan uçuş saatleri
• Makine kurulumları	• Yapılan ameliyatlar
• Tamamlanan satınalma siparişleri	• Tamamlanan parça siparişleri
• Gerçekleştirilen kalite denetimleri	• Test süresi harcanan saatler
• Bir ürüne takılı parça sayısı	• Sunulan farklı müşteri sayısı
• Kat edilen kilometre	

Kaynak: (Lanen vd., 2014: 335)

En yaygın iki faaliyet sürücüsü, süre ve hacim (işlem) surecileridir. Hacim sürücüleri, müşterilere gönderilen faturaların sayısı gibi bir işlemin gerçekleştiği sayıda basit sayıdır. Süre sürücüleri, müşteriler için bireysel faturalar hazırlamak için harcanan süre gibi bir faaliyeti gerçekleştirmek için gereken süreyi ölçer. Genel olarak, süre sürücüleri kaynak tüketimi için işlem sürücülerinden daha hassas bir ölçütüdür, ancak kaydetmesi daha fazla zaman gerektirir. Bu nedenle uygulamada genellikle işlem sürücüleri kullanılır (Garrison vd., 2018: 314). Sürücü seçimi daima modelin doğruluğunu belirleyecektir. İyi bir model, şirketin tüm farklı maliyet-sürücü karmaşıklığını idare edebilmelidir (Emblemsvåg, 2003: 109). Genellikle maliyetleri nedensellik ölçüsünde tamamını sorunsuz olarak yansıtabilecek bir sürücü bulmak neredeyse imkânsızdır. Bu yüzden elimizdeki seçeneklerden doğru sonuca ulaştıracak en iyi sürücü seçilmelidir.

Faaliyete dayalı ürün maliyetlerinin geliştirilmesindeki bir sonraki adım, her bir maliyet havuzu için bir faaliyet oranı hesaplamaktır (Davis ve Davis, 2013: 370):

$$\text{Faaliyet Oranı} = \frac{\text{Toplam Faaliyet Maliyeti (her bir faaliyet havuzu için)}}{\text{Toplam Faaliyet Sürücüsü}}$$

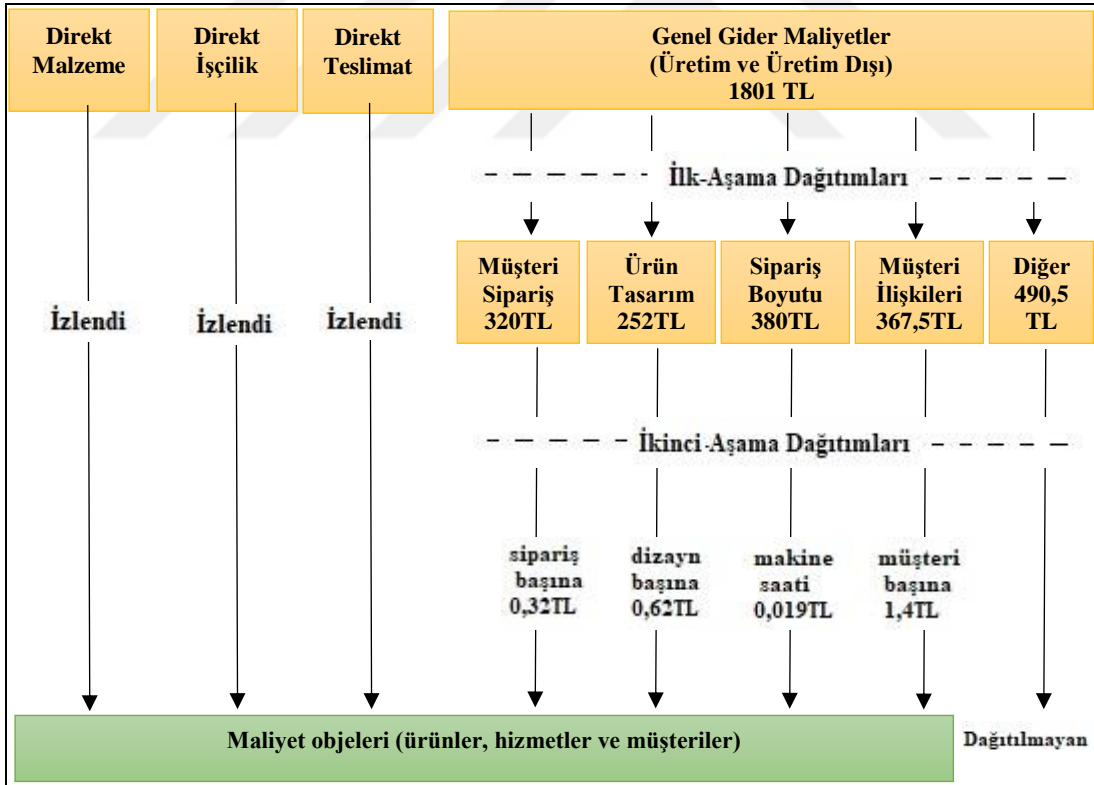
Bu oran örneğin ortalama olarak bir müşteri siparişinin veya bir ürün tasarımının ne kadar kaynak tükettiğini göstermektedir. Aşağıdaki tabloda bir örnekle faaliyet oranı hesaplamaları yer almaktadır.

Tablo 3-11: Faaliyet Oranlarının Hesaplanması

<i>Faaliyet Maliyet Havuzları</i>	(a) <i>Toplam Maliyet (Maliyet Havuzları)</i>	(b) <i>Toplam Faaliyet (Sürücü)</i>	(a) / (b) <i>Faaliyet Oranı</i>
Müşteri siparişleri	320 TL	1000 sipariş	0,32TL sipariş
Ürün tasarımı	252 TL	400 tasarım	0,82TL tasarım
Sipariş büyüklüğü	380 TL	20000 makine saati	0,019TL MS
Müşteri ilişkileri	367,5 TL	250 müşteri	1,47TL müşteri
Diğer	490,5 TL	Uygun değil	Uygun değil

Kaynak: (Garrison vd., 2018: 323)'ten uyarlanmıştır

Bir sonraki aşamaya geçmeden önce, bir FTM sistemindeki ürünlere ve diğer maliyet objelerine maliyet atama sürecinin tamamı hakkında daha iyi bir fikir edinmeniz yararlı olacaktır.

Şekil 3-10: Faaliyet Tabanlı Maliyetleme Modeli

Kaynak: (Garrison vd., 2018: 323)'den uyarlanmıştır

Sürecin genel işleyişini yansıtan bu görselde özellikle destekleyici organizasyon maliyetlerini ve kullanılmayan kapasite maliyetlerini barındıran “Diğer” kategorinin, ürünlere dağıtılmadığı dikkate alınmalıdır

3.3.5.4. Maliyetleri Ürünlere veya Hizmetlere Dağıtılması

Faaliyet tabanlı maliyet uygulamasının dördüncü ve son adımına ikinci aşama tahsis denir. İkinci aşama tahsisinde, ürünlere ve müşterilere genel gider maliyetleri uygulamak için faaliyet oranları kullanılır (Garrison vd., 2018: 323). Bu hesaplama, geleneksel iş emri maliyetine göre ürünlere veya hizmetlere genel maliyet uygulanmasına yönelik hesaplama ile benzerdir (Davis ve Davis, 2013: 372):

$$\text{Yüklenen Maliyet} = \text{Faaliyet Oranı} \times \text{Faaliyet Sürücüsü Tüketimi}$$

Ürünlere maliyetlerin yüklenmesini içeren bu denklemi bir önceki örneğin devamı olarak aşağıdaki tabloda verilmektedir.

Tablo 3-12: Genel Gider Maliyetlerinin Ürünlere Dağıtılması

<i>A Ürünü için Genel Giderler Maliyeti</i>			
	(a)	(b)	(a) x (b)
<i>Faaliyet Maliyet Havuzları</i>	<i>Faaliyet Oranı</i>	<i>Toplam Faaliyet</i>	<i>FTM Maliyeti</i>
Müşteri siparişleri	0,32 TL	600 sipariş	192 TL
Ürün tasarımı	0,63 TL	0 tasarım	0
Sipariş büyüklüğü	0,019 TL	17500 MS	332,5 TL
Toplam			524,5 TL
<i>B Ürünü için Genel Giderler Maliyeti</i>			
	(a)	(b)	(a) x (b)
<i>Faaliyet Maliyet Havuzları</i>	<i>Faaliyet Oranı</i>	<i>Toplam Faaliyet</i>	<i>FTM Maliyeti</i>
Müşteri siparişleri	0,32 TL	400 sipariş	128
Ürün tasarımı	0,63 TL	400 tasarım	252
Sipariş büyüklüğü	0,019 TL	2500 MS	47,5
Toplam			427,5 TL

Kaynak: (Garrison vd., 2018: 324)’ten uyarlanmıştır

Yukarıdaki hesaplama, iki ürün hattına toplam 952 TL’lik genel gider maliyetinin 524,5 TL’lik A ürününe ve 427,5 TL’lik B ürününe tahsis edildiğini

göstermektedir. Bu miktar, FTM sistemindeki 1,810 TL'lik genel masraflardan daha azdır. Ürünlere tahsis edilen toplam genel gider maliyeti, FTM sistemindeki toplam genel masraf tutarı ile uyuşmaz, çünkü FTM ekibi, 367,5 TL'lik müşteri ilişkileri ve 490,5 TL tutarındaki diğer maliyetleri ürünlere atamamıştır. Müşteri İlişkileri faaliyeti, müşteri düzeyinde bir faaliyettir ve Diğer faaliyetler, destekleyici organizasyon faaliyetinden doğan bir maliyettir.

3.3.6. Faaliyet Hiyerarşisi

Bazı maliyetler mal veya hizmet birimleriyle ilişkilendirilebilir; diğerleri ilişkilendirilemez. Bu nedenle, bazı maliyetler (bina kiralari gibi) birimlere tahsis edilmesi, bazı maliyetler birim hacmine göre değişmezse yanıltıcıdır. Sonuç olarak, yönetim, birimlerin hacmine odaklanarak bu maliyetleri etkin bir şekilde yönetemez. Örneğin, makine kurulumlarının maliyetleri genellikle parti ile ilgilidir. Her yeni ürün grubu için, grubun 1 birim veya 1.000 birim içerip içermediğine bakılmaksızın bir makine kurulumu gereklidir. Kurulum maliyeti, birim sayısından değil, parti sayısından etkilenir (Lanen vd., 2014: 374).

Bir maliyet hiyerarşisi, çeşitli faaliyet maliyet havuzlarını farklı maliyet faktörleri, maliyet-tahsisat tabanları veya sebep-sonuç (veya faydalar-alınan) ilişkilerinin belirlenmesinde farklı zorluk dereceleri temelinde sınıflandırır. FTM sistemleri genellikle, faaliyet maliyet havuzlarının maliyet sürücüleri olan maliyet tahsisi tabanlarını tanımlamak için dört seviyeli bir maliyet hiyerarşisi kullanır (Horngren vd., 2015: 183):

- (1) birim seviyesi maliyetleri,
- (2) parti seviyesi maliyetleri,
- (3) ürün destek maliyetleri ve
- (4) tesis destek maliyetleri

Faaliyet dayalı bir maliyetlendirme sistemi, hiyerarşide dört seviyeden daha az olabilir veya dörtten fazla olabilir. Faaliyet tabanlı bir sistemi ayırt etmede önemli olan faktör, faaliyetlerin maliyet faktörlerinin, maliyetin hacimden kaynaklanmasa bile, faaliyetin neden olduğu maliyeti yansıtır yansıtmadığıdır (Lanen vd., 2014: 337).

Tablo 3-13: Faaliyet Hiyerarşisi

<i>Hiyerarşi seviyesi</i>	<i>Örnek Maliyetler</i>	<i>Maliyet Sürücüsü Örnekleri</i>
Hacim ile ilgili	Gereçler Kayganlaştırıcı yağ Makine onarımı	Doğrudan işçilik maliyeti Makine saati Birim sayısı
Parti ile ilgili	Kurulum maliyetleri Malzeme taşıma Kargo ücretleri	Kurulum saatleri Üretim çalışır
Ürün ile ilgili.	Uyumluluk maliyetleri Tasarım ve özellik maliyetleri	Ürün sayısı Doğrudan maliyet
Tesis ile ilgili	Genel tesis masrafları Tesis yönetimi maliyetleri	Değer eklendi

Kaynak: (Lanen vd., 2014: 337)

Uygulamada, faaliyete dayalı yönetim yoluyla maliyetlerin azaltılması için en büyük fırsatların çoğu, bu orta kategorili ürün veya müşteri seviyesi ve parti ile ilgili maliyetler arasındadır (Lanen vd., 2014: 374).

3.3.7. Faaliyet Tabanlı Maliyetlemenin Faydaları ve Dezavantajları

Faaliyet tabanlı maliyetleme modeli farklı yapıda işletmeler için sunduğu birçok avantajın yanında bazı olumsuz yönleri de mevcuttur. Kimi zaman organizasyonların rekabetçi yapısına katkı sağlayacak çok önemli maliyet bilgileri sunarken, bazen bu bilgileri elde etmenin maliyeti sağlayacağı faydadan çok daha fazla olabilmektedir. FTM uygulamalarında karşılaşılan bazı sorunlar aşağıda sıralanmıştır (Kaplan ve Andrrson, 2007: 17):

- Görüşme ve araştırma süreci zaman alıcı ve maliyetlidir.
- FTM modeline ait veriler öznel ve doğrulanması zor olabilir.
- Verilerin saklanması, işlenmesi ve rapor edilmesi pahalıdır.
- Çoğu FTM modeli yereldir ve girişimciye kârlılık fırsatlarının entegre bir görünümünü sağlamamıştır.
- FTM modeli değişen koşulları karşılamak için kolayca güncellenemez yapıdadır.
- Model kullanılmayan kapasite potansiyelini göz ardı ettiğinde teorik olarak bazı hataları vardır.

Bir FTM sisteminin en çok fayda sağlayacağı durumlar aşağıdaki şartların bulunduğu organizasyonlarda ortaya çıkmaktadır. Bunlar (Horngren vd., 2015: 189):

- Önemli miktarlarda endirekt maliyetler sadece bir veya iki maliyet havuzu kullanılarak tahsis edildiği,
- Endirekt maliyetlerin tamamı veya çoğu çıktı birimi seviyesi maliyetleri olarak ele alındığı (birkaç endirekt maliyet, parti seviyesinde maliyetler, ürün destekleyici maliyetler veya tesis sürdürme maliyetleri olarak tanımlanır),
- Ürünler hacim, süreç adımları veya parti büyüklüğündeki farklılıklar nedeniyle kaynaklardan farklı şekilde tüketimde bulunduğu,
- Satmak için uygun bulunan ürünlerin küçük karlar gösterdiği ve diğer taraftan satmak için daha az uygun olan ürünlerin ise büyük karlar gösterdiği,
- Operasyon personeli açısından üretilen ürün ve hizmetler ile rapor edilen maliyetleri arasında büyük ölçüde uyumsuzluğun olduğu şirketlerdir.

FTM ürünlerle faaliyetleri daha yakın bir şekilde ilişkilendirmeyi göz ardı eden geleneksel maliyetlendirme yöntemlerinde algılanan eksiklikleri ortadan kaldırmaya çalışmaktadır (Walther ve Skousen, 2010: 23). Genel giderlerin tamamının ürünlerin tükettiği kaynaklara bakılmaksızın aktarılması, kullanılmayan bazı faaliyetleri içerdiğinden çarpık maliyet bilgileri ile sonuçlanmaktaydı. FTM bu noktada daha detaylı bir maliyet bilgisi sunması önemli bir diğer avantajıdır.

Diğer taraftan FTM'nin bazı olumsuz yönleri bulunmaktadır. Bunlardan biri işletmeler için yapılması gereken dış raporlamanın geleneksel maliyetleme yöntemlerine dayanması gerektiğidir. FTM'nin genel kabul görmüş muhasebe prensiplerine göre tasarlanmaması, genellikle FTM'den yararlanmak isteyen bir şirketin iki maliyetleme sistemi geliştirmesi gerektiği anlamına gelir. Diğer bir dezavantajı ise tüm fabrikaları genel giderini işçilik saatleri gibi basit bir temelde uygulamak yerine, bireysel olarak tahsis edilmesi gereken çok sayıda maliyet havuzunun geliştirilmesini gerektirir.(Walther ve Skousen, 2010). Bir FTM sisteminin uygulanmasının ve işletilmesinin maliyeti bu açıdan geleneksel bir maliyet sistemine göre önemli ölçüde daha pahalıdır (Dury, 2018: 267).

Faaliyet tabanlı maliyet verileri kolaylıkla yanlış yorumlanabilir ve karar verme aşamasında kullanıldığında dikkatli kullanılmalıdır. Ürünlere, müşterilere ve diğer maliyet nesnelere atanan maliyetler yalnızca potansiyel olarak ilgilidir. Yöneticiler, faaliyet tabanlı maliyetleme verilerini kullanarak önemli kararlar vermeden önce, eldeki karar için hangi maliyetlerin gerçekten uygun olduğunu belirlemelidir. Örneğin, bir FTM sistemi maliyet objelerine kaçınılmaz olarak bazı sabit maliyetler yükleyebilir bu durumda karar verirken bu maliyetler göz ardı edilmelidir (Garrison vd., 2018: 335).

Bir FTM sisteminin temel maliyeti ve sınırlılığı onu uygulamak için gerekli ölçümlerin karmaşıklığından kaynaklanmaktadır. FTM sistemleri, yöneticilerin faaliyet havuzlarının maliyetlerini tahmin etmelerini ve bu havuzların maliyet-tahsisat üsleri olarak hizmet vermesi için maliyet sürücülerini belirlemelerini ve ölçmelerini gerektirmektedir. Temel FTM sistemleri bile, ürün ve hizmetlerin maliyetlerini belirlemek için birçok hesaplama gerektirir. Bu ölçümler maliyetlidir. Faaliyet-maliyet oranlarının da düzenli olarak güncellenmesi gerekmektedir (Horngren vd., 2015: 189). Ancak, bilgi teknolojisindeki gelişmeler ve ölçüm maliyetlerindeki düşüşler devam ettikçe, daha ayrıntılı FTM sistemleri birçok şirkette pratik bir alternatif haline gelmiştir. Bu ilerlemeler daha yaygın hale geldikçe, daha ayrıntılı FTM sistemleri maliyet-fayda testini daha iyi geçebileceklerdir.

İstikrarlı stok seviyelerine sahip tek ürünlü bir şirket için, FTM zaman ve finansal yönden maliyetli bir uygulama olabilir. Geleneksel ve FTM yöntemleri bu tip organizasyonlar için aynı son noktaya ulaşacaktır. Bununla birlikte, bir şirket karmaşıklık veya ortak (genel) kaynakların tüketimi bakımından farklılık gösteren hizmetler ürettiğinde veya sunsa, o zaman genel giderlere daha fazla dikkat gösterilmesi ve genel giderler oluşturan faaliyetlerin karar vermede daha iyi maliyet bilgisi sağlaması mümkündür (Davis ve Davis, 2013: 362). Şirketler çıktıda daha büyük ve daha çeşitli olarak büyüdükçe, maliyetin nasıl ortaya çıktığı ile ilgili bir endişe olmuştur. Muhtemelen, ürün çeşitlendirmesi, yönetim muhasebecisinin FTM gibi alternatif maliyetlendirme enstrümanları arayışında önemli bir etken olmuştur (Walther ve Skousen, 2010: 24).

Yöneticiler için çok göz önünde olmayan bazı değişkenler üzerine dikkatle eğilmek bazen işletmelerin geleceği açısından önemli sonuçlar doğurabilir. Genel gider maliyet unsurlarını detaylı bir şekilde incelenmesi de bunlar arasında yer alabilir. Faaliyet tabanlı maliyetleme maliyet kontrolü ile verimliliğe odaklanan ve faaliyetlerin sistematik olarak gözden geçirilmesini sağlayan bir yöntemdir. Ancak şu unutulmamalıdır ki hiçbir maliyet sistemi FTM’de dahil mükemmel değildir. Çünkü FTM’de maliyet dağıtım unsurları ve yöntemlerinin belirlenmesi büyük ölçüde insan kararlarına dayanmaktadır. Bu kararlar bazı ofis politikaları, işletme stratejileri, çalışanlardan daha fazla şey bekleme gibi unsurlar tarafından etkilenebilir. Sonuç olarak sistemin başarısı modelin mali bütünlüğüne ve alınacak kararların uygunluğuna bağlıdır.

3.3.8. Zamana Dayalı Faaliyet Tabanlı Maliyetleme

FTM modelinin işletmelerde uygulanma oranı maliyetli tasarımı, uygulanması ve işletilmesinde yaşanan bazı problemlerden dolayı azalmıştır. Kaplan ve Anderson pek çok şirketin FTM sistemlerini terk ettikleri, çünkü bunların uygulanmasının çok uzun sürdüğü ve inşa edilmesi ve uygulanması için çok pahalı oldukları sonucuna varmışlardır. Bu problemlerin üstesinden gelmek için, geleneksel FTM'yi Zamana Dayalı Faaliyet Tabanlı Maliyetleme (ZDFTM) olarak adlandırılan daha basit bir yaklaşımla uyarlamayı savunurlar. Bu yaklaşımla yöneticiler, her bir faaliyete, daha sonra da ürünlere veya müşterilere kaynak maliyetleri atamak yerine, her bir ürünün, müşterinin veya hizmetin gerektirdiği kaynak taleplerini doğrudan tahmin eder. Bu basitleştirilmiş yaklaşım sadece iki ögenin tahminini gerektirir (Dury, 2018: 268):

1. Kaynak kapasitesi tedarik zaman birimi başına maliyet, ve
2. Ürün, hizmet veya müşteriler tarafından kaynak kapasitesinin tüketim süreleri

Bir şirket, ZDFTM'yi kullanarak karmaşık işletmelerinin basitleştirilmiş, yanlış FTM modellerini kullanarak zorlanmaktan ziyade bu karmaşıklığı kucaklayabilir (Kaplan ve Anderson, 2007: 18). Genel olarak ZDFTM'nin işleyişi FTM'nin prensiplerine dayanır. Geleneksel FTM'den ayrıldığı nokta farkı dağıtım anahtarı olarak zamanı dikkate almasıdır (Küçüktüfekçi ve Güner, 2014: 216). Geleneksel FTM'nin yukarıda sayılan dezavantajlarını ortadan kaldırmaya yönelik geliştirilen bu

sistem daha basit ve esnek yapısıyla işletmelerin ihtiyaçlarına uygun detaylı maliyet bilgileri sunmaktadır. Bu yeni maliyet sisteminin uygulama oranı arttıkça ortaya çıkabilecek yeni dezavantajlarında iyileştirilmesi gerekecektir. Daha önce belirttiğimiz gibi hiçbir maliyet sistemi mükemmel değildir ancak işletmelerin karar vermede ihtiyaç duyduğu maliyet bilgisine sundukları katkı oranında değerlidir.

3.3.9. Faaliyet Tabanlı Yönetim

Buraya kadar daha iyi ürün maliyetleri elde etmede FTM sistemlerinin rolü üzerinde durulmuştur. Ancak, yöneticiler bu bilgileri karar vermek ve kararları uygulamak, performansı değerlendirmek ve öğrenmek için kullanılmalıdır. FTM verileriyle hazırlanan en yaygın yönetim raporları ürün ve müşteri karlılık raporlarıdır. Bu raporlar, şirketlerin kaynaklarını en kârlı büyüme fırsatlarına yönlendirmelerine yardımcı olurken aynı zamanda kârları azaltan ürünleri ve müşterileri vurgulamaktadır (Garrison vd., 2018: 326).

Müşteri memnuniyetini ve kârlılığını artırmak için faaliyet tabanlı maliyetleme bilgisini kullanan bir karar verme yöntemi olarak bazı işletmeler Faaliyet Tabanlı Yönetim'i (FTY) benimsemişlerdir. FTY'yi fiyatlandırma ve ürün karması, maliyet azaltma, süreç iyileştirme ve ürün ve süreç tasarımı ile ilgili kararları içerecek şekilde geniş bir şekilde tanımlanabilir (Horngren vd., 2015: 191). FTY, aslında, kaynak tüketen faaliyetler tarafından maliyetlerin belirlendiği ve ürün, planlama, üretim, satış ve dağıtım faaliyetleri sonucunda bu maliyetleri karşıladığı prensibe dayanmaktadır (Tardivo ve Di Montezemolo, 2009: 67). FTY'nin ilk ve en basit seviyesi, kaynakları çıktılara dönüştürmek için yürütülen faaliyetleri ve prosedürleri tanımlamaktır. Diğer taraftan FTY'nin en yüksek seviyesi olan FTM, ürün ve hizmet maliyetlerinin daha doğru bir şekilde ölçülmesini sağlamak için ürün ve hizmetlere yönelik faaliyet maliyetlerini izler. (Gosselin'den aktaran Phan vd., 2013: 787). FTY prensiplerini kullanarak, katma değerli faaliyetler belirleyebilir veya azaltmaya çalışan faaliyetleri geliştirebiliriz (Doğan ve Çakıcı, 2016: 30). Bu yönetim modelini sıkıca takip etmek, daha etkili süreçler ve sonuçta artan kaynak kısıtlamalarına rağmen istenen maliyet bilgisini sağlama konusunda daha büyük bir kabiliyetle sonuçlanır (Millard, 2017: 24).

FTM ve FTY'yi uygulayan şirketler genellikle iki faydanın önce çıktığını belirtirler (Lanen vd., 2014: 372):

1. Ürün maliyetleri hakkında daha iyi bilgi. Daha iyi ürün maliyeti bilgileri, yöneticilerin fiyatlandırma ve ürünleri saklama ya da bırakmayla ilgili karar vermelerine yardımcı olur.

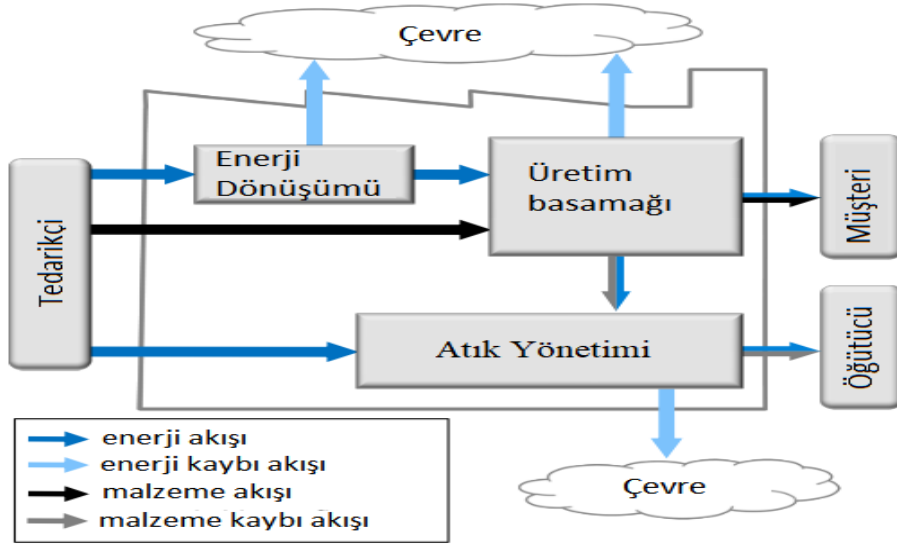
2. Daha iyi süreç ve faaliyet maliyeti verileri. Yöneticilerin önceki muhasebe sistemi tarafından gizlenmiş olabilecek yararlı bilgiler kazanmasına yardımcı olur.

Verimsizlik, atık ve gecikmelerin tespiti için faydalı performans göstergeleri elde etmek amacıyla FTY, maliyet nedeninin belirlenmesi ve tüketilen kaynakların miktarı ile karşılaştırmasını sağlar. Bu durum şirketlerin sürekli faaliyet iyileştirme ve müşteri memnuniyeti hedefine ulaşmalarına olanak sağlar. Performans ölçümü için kullanılan geleneksel analitik muhasebede, ölçülen değer ile en önemli faaliyetlerin tanımlanması arasındaki sıkı ilişkiyi vurgulanmamaktadır (Tardivo ve Di Montezemolo, 2009: 84).

3.3.10. Enerji Muhasebesi Açısından FTM'nin Önemi

Şirketlerin etik, sosyal ve çevresel konulardan sorumlu tutulması ve kuruluşların sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi konusunda farkındalığın artırılması gereklidir. Çevresel kaynakların sınırlı olduğu ve gelecek nesiller için korunması gereği genel kabul gören bir durumdur. Bu gelişmeler, şirketlerin çevresel maliyetlerin ölçülmesi ve raporlanması, kıt çevresel kaynakların tüketimi ve kullanılan tehlikeli maddelerin ayrınılı veya çevreye yayılan kirleticilerin istatistiki verileri için sistemler geliştirmeye ihtiyaç duyulmaktadır. Çevresel maliyetler ve bunların nedenleri hakkında bilgi sahibi olmak, yöneticilerin kıt çevresel kaynakların ve emisyon kirleticilerinin kullanımını en aza indirecek ve daha hassas çevresel kararlar alabilmeleri için süreçleri yeniden tasarlamaları gereken bilgileri sağlar (Dury, 2018: 12). Etkin bir enerji yönetimi stratejisi düşük karbonlu kaynakları etkin bir şekilde dağıtılmasını ve aktif dağıtım sisteminin ekonomik olarak işlemlerini sağlayabilir (Xiang vd., 2015: 542). Özellikle tüketilen fosil enerji kaynakları ile çevre kirliliği arasında ki yüksek korelasyon, enerji-yoğun çalışan şirket yöneticileri için üzerinde önemle durulması gereken konuların başında gelmektedir.

Tablo 3-14: Basitleştirilmiş Enerji Akışı Modeli



Kaynak: (Sygulla vd., 2011: 4)

Bir enerji maliyet tahsisi sistemi ile yönetim, hangi faaliyetlerin ve ürünlerin veya maliyet merkezlerinin en fazla enerji harcadığını ve en yüksek enerji maliyetine neden olduğunu belirleyebilir. Bu bilgi, olası enerji israfını tanımlamayı kolaylaştırabilir. Yönetim, dikkatini büyük enerji kullanımı alanlarına odaklayabilir ve yeniden tasarlanmanın israfı azaltıp azaltmayacağını ve enerji verimliliğini artıracığını değerlendirebilir. FTM sistemi, belirli alanlarda veya işlevlerde enerji tasarrufu sağlayan yatırımların fizibilitesi için kullanılacak gerçek maliyet verilerini sağlar (Fernandes vd., 1997: 20).

Genel olarak, maliyet muhasebesi mal ve hizmetlerin üretimi ve satışından kaynaklanan maliyet bilgisinin ölçülmesi, biriktirilmesi, dağıtılması ve raporlanmasını içerir. Maliyet muhasebesi, yönetimin kısa dönem planlama ve kontrol bilgileri ile sağlanmasında önemli bir araçtır. Ancak, “geleneksel” maliyet muhasebesinde, tüm potansiyel maliyet bilgisi ihtiyaçları eş zamanlı ve yüksek düzeyde karşılanması düşünülemez. Özellikle bu belirli organizasyonel birimlerin bilgi ve kontrol ihtiyaçları veya başarı faktörlerinin kontrol edilmesi için geçerlidir. Enerji ve enerji verimliliği yönetimi gibi belirli muhasebe amaçlarını da karşılamak için kısmi maliyet muhasebesi kavramları geliştirilmiştir (Annett ve Uwe, 2012: 128).

Günümüzün gelişmiş endüstrilerinde üretim süreçleri genel olarak karmaşıktır ve büyük miktarlarda kaynak tüketir. Süreçler içindeki doğru enerji takibi yüksek seviyede organize olmayı, maliyetli ölçüm cihazlarını ve alt sistem seviyesinde elde edilen bilgilere gereksinim duyar. Bu sistemlerin modellenmesi sağlanabilir ancak bu sistemlerin karmaşıklığı zamanla yüksek maliyetler ve bu modelleri oluşturmak için sürekli ve tutarlı bilgi ihtiyacı ile sonuçlanır. Tesislerde enerjinin tahmin edilmesine yönelik stokastik yaklaşımlar geçmişte uygulanmıştır, ancak bunlar sistem tarafından enerji kullanımının nedenleri konusunda çok az anlayışa sahiptir. Bir tesisin enerji yönetimine yönelik bu “kara kutu” yaklaşımı, şirketin enerjinin nerede kullanıldığını, iyileştirme çabalarına nasıl öncelik verileceğini ve enerji kullanımının nasıl engelleneceğini anlama yeteneğini sınırlar (Jurek vd., 2012: 1). Entegre bir kaynak planlama ve yönetim platformu olan FTM, işletmelerin rasyonel olarak kaynakları tahsis etmesine, üretim planını dengelemesine, üretim maliyetlerini azaltmasına ve kaynak verimliliğini artırmasına yardımcı olur. (Xihui ve Zhenwei, 2016: 1).

Enerji kullanımının ve kaybının maliyeti, maliyet muhasebesinde sistematik olarak biriktirilmeli, tahsis edilmeli ve analiz edilmelidir. Ancak enerji tüketimi ve kayıpları ve maruz kaldıkları maliyet, ekolojik odaklı maliyet muhasebesi kavramlarının yanı sıra ekonomik olarak da büyük ölçüde göz ardı edilmiştir. Aslında, son 50 yılda, konu “enerji maliyeti” araştırmacılar tarafından ele alınmış, ancak bugüne kadar enerji tüketiminin maliyetini, enerji tüketiminin ve enerji kayıplarının şeffaf hale geleceği şekilde kaydetmek için hiçbir olgun kavram mevcut değildir (Annett ve Uwe, 2012: 128).

Bazı gelişmiş ülkelerde elektrik dağıtım şirketleri ile yüksek enerji ihtiyacı olan işletmeler arasında enerji yükü azaltma sözleşmeleri yapılabilmektedir. Şirket operasyonlarının dağıtım şirketleri için yoğun zamanların dışında gerçekleşmesi ve karşılığında daha düşük bir oranda kullanılması esasına dayanır. Enerji yükü azaltma yaklaşımları enerji yükünü tamamen indirme ve yükü tepe noktasından yoğun olmayan noktalara doğru değiştirme olarak iki kategoride ele alır (Oh ve Hildreth, 2013: 426). Bir enerji yükü azaltma teklifinin kabul edilip edilmeyeceğine karar vermek için geliştirilen, faaliyet tabanlı maliyetlendirme temelli yeni bir karar modeli önerilmektedir (Alfred ve Seog-Chan, 2013: 421). Bir üretim şirketi için belirli bir

enerji talebi ve yanıt teklifinin uygulanabilir olup olmadığını belirlemek için, şirket ilk olarak, sistem genelinde yüksek bir enerji dağılımı sağlayan enerji muhasebe modelini ve enerji kullanımının nedenlerini kavramış olmalıdır (Alfred ve Seog-Chan, 2013: 427). Bu program işletmelerin enerji tüketim miktarları ve talep zamanları hakkında net bir bilgiye sahip olmalarını gerektirir. Bu açıdan faaliyet tabanlı maliyetleme sistemi etkin enerji kullanım bilgisi sunan bir araç olarak hizmet edebilir.

FTM yöntemi bugün enerji endüstrisinin ihtiyaçlarını karşılamak için kullanılmaktadır. FTM'nin faaliyet bazlı yaklaşımı, üretimdeki zayıf noktaların takibinde sağladığı maliyet kontrolü ile yönetimi daha kolay hale getirir ve iyileştirmelerin etkinliği açıkça ortaya koyabilir (Korpunen ve Raiko, 2014: 347-348). Bir enerji maliyet tahsisi sistemi ile yönetim, hangi faaliyetlerin ve ürünlerin veya maliyet merkezlerinin en fazla enerji harcadığını ve en yüksek enerji maliyetine neden olduğunu belirleyebilir. Bu bilgi olası enerji israfının nerelerden kaynaklandığını tanımlamayı kolaylaştırabilir. Yönetim, çabalarını büyük enerji kullanımı alanlarına odaklayabilir ve yeniden tasarlanmanın israfı azaltıp azaltmayacağını ve enerji verimliliğini artıracaklarını değerlendirebilir. FTM sistemi, belirli alanlarda veya işlevlerde enerji tasarrufu sağlayan yatırımları kontrol etmek için kullanılacak gerçek maliyet verilerini de sağlar. (Fernandes vd., 1997: 17-20).

Sonuç olarak enerji kaynaklarının giderek azaldığı ve birçok işletme için yönetilmesi gereken bir girdi olduğuna önceki bölümlerde değinilmişti. Enerji yönetimi açısından muhasebe bilgi sisteminin sağlayacağı bilgiler karar verme sürecinde önemli rol oynamaktadır. Özellikle, yönetim veya maliyet muhasebesi bu kapsamda enerjiyi geleneksel maliyetleme sisteminden farklı olarak daha detaylı ele almayı sağlayacak bazı sistemler sunmaktadır. Bunlardan biri olan Faaliyet Tabanlı Maliyetleme Modeli ilk defa 1980'lerin sonunda ortaya çıkmış ve daha önceleri genel gider maliyetleri başlığında ele alınan birçok maliyet kalemini daha doğru bir şekilde yönetmek için alternatif bir yaklaşım ortaya koymuştur.

Günümüzün yüksek rekabet koşullarında emek yoğun çalışma şekli yerini teknoloji yoğun üretimlere bırakmış ve bu da işletme faaliyetlerinde enerji tüketiminin payını önemli ölçüde artırmıştır. 80'li yılların başlarında ortaya çıkan enerji krizleri

sonrasında artan enerji fiyatları özellikle enerji yoğun çalışan sektörlerde önemli bir maliyet artışına sebep olmuştur. Maliyet muhasebesinin yeni kavramlarından bir olan FTM modeli bu önemli girdinin yönetilmesi mümkün kılmakta ve karar vericilere önemli bilgiler sunmaktadır.

Enerji maliyet muhasebesinin hedefleri, yönetimin şirketin enerji tüketimi, kayıpları, verimliliği ve maliyetiyle ilgili bilgi ve kontrol ihtiyacından kaynaklanır. Diğer taraftan çevresel etkilerin sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi ancak maliyetlerin ölçülebilmesiyle mümkündür. Bu ihtiyaçları karşılamak için, şirketin üretim süreçlerine ait mal ve hizmetlerin, özellikle de imalat, lojistik, enerji tedariki ve talebi gibi ürün ve hizmetlerin toplam enerji ile ilgili tüketim ve kayıplarını belirlemek ve analiz etmek gerekir. Faaliyet tabanlı maliyetleme sistemi yönetimin ihtiyaç duyduğu bu enerji verilerini sağlamada önemli bir rol oynayabileceği değerlendirilmektedir.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

Sürdürülebilir Enerji Yönetimi İçin Faaliyet Tabanlı Maliyetleme Modeli

Enerji kaynaklarının giderek azaldığı ve birçok işletme için yönetilmesi gereken bir girdi olduğuna önceki bölümlerde değinilmişti. Enerji yönetimi açısından muhasebe bilgi sisteminin sağlayacağı bilgiler karar verme sürecinde önemli rol oynamaktadır. Özellikle, yönetim veya maliyet muhasebesi bu kapsamda enerjiyi geleneksel maliyetleme sisteminden farklı olarak daha detaylı ele almayı sağlayacak bazı sistemler sunmaktadır. Bunlardan biri olan Faaliyet Tabanlı Maliyetleme Modeli ilk defa 1980'lerin sonunda ortaya çıkmış ve daha önceleri genel gider maliyetleri başlığında ele alınan birçok maliyet kalemini daha doğru bir şekilde yönetmek için alternatif bir yaklaşım ortaya koymuştur.

Günümüzün yüksek rekabet koşullarında emek yoğun çalışma şekli yerini teknoloji yoğun üretimlere bırakmış ve bu da işletme faaliyetlerinde enerji tüketiminin payını önemli ölçüde artırmıştır. 80'li yılların başlarında ortaya çıkan enerji krizleri sonrasında artan enerji fiyatları özellikle enerji yoğun çalışan sektörlerde önemli bir maliyet artışına sebep olmuştur. Geçmişte malzeme, işçilik ve genel giderler büyük sermaye yatırımları gerektirdiğinden dikkatli bir şekilde kontrol edilmiştir. Ancak günümüzde artan enerji maliyetleri, enerjinin muhasebe fonksiyonu içinde benzer bir tedaviye ihtiyaç duyduğunu ortaya koymaktadır. Maliyet muhasebesinin yeni kavramlarından biri olan FTM modeli bu önemli girdinin yönetilmesi için karar vericilere ayrıntılı veriler sağlayabilir.

Çalışmamızın dördüncü bölümü, önceki bölümlerde teorik çerçevesi açıklanan enerji yönetimi ve muhasebesi konularını desteklemek amacıyla bir üretim işletmesinde enerji maliyetlerinin FTM yöntemine göre analizini ortaya koymaya yönelik bir uygulamayı içermektedir. Uygulama firmasındaki enerji kullanımı ve maliyetlerin dağılımı çeşitli performans ölçüm endeksleri ile hesaplanması çalışmamızın son bölümünü oluşturmaktadır.

4.1. Araştırmanın Amacı ve Önemi

Üretim işletmelerinde genel olarak bir ürünün maliyeti yüzde elli hammadde ve malzemeden ve yüzde beş ila yüzde onu ise işçilikten kaynaklanır. Arta kalan maliyet ise genel üretim gideri olarak sınıflandırılır. Genel giderler genellikle malzeme, taşıma, depolama, bakım, kalite kontrol, mühendislik, kurulum maliyeti, makine amortismanı ve enerji gibi tüm dolaylı maliyetleri içerir (Fernandes vd., 1997: 17). Bir üretim şirketinde maliyeti yüksek bir genel giderin toplam üretim maliyeti içindeki payını optimize edilebilmesi için örneğin enerji tüketimini artıran bireysel değişkenlerin rolü sadece nitelik değil aynı zamanda nicelik olarak da bilinmelidir. Yani en uygun yapıya kavuşturmak için her oyuncunun etki faktörü ölçülmelidir. FTM ile bir ürün veya hizmet elde etmek için kullanılan kaynaklar arasında enerjinin payı, maliyetine etkisi ve tüketiminin diğer departmanlarla ya da sektördeki diğer işletmelerle karşılaştırma imkanını sağlayacak veriler elde edilebilir.

FTM modeli genellikle bir şirketteki tüm kaynak maliyetlerini şirketteki faaliyetlere tahsis eder. Bununla birlikte FTM sistemi enerji maliyetleri gibi şirket genelinde belirli bir kaynak maliyetinin dağılımını belirlemek için kullanılabilir. Bir enerji maliyet tahsisi sistemi ile yönetim hangi faaliyetlerin ve ürünlerin veya maliyet merkezlerinin en fazla enerji harcadığını ve en yüksek enerji maliyetine neden olduğunu belirleyebilir. Ayrıca geleneksel yönteme göre ürünlere tahsis edilen bazı enerji maliyetleri belirli kararlar için uygun olmayabilir. Bu kararlar arasında örneğin satış fiyatı kararı, teçhizat ve makine gibi ekipmanlarının değişimi ile ilgili kararlar, dış kaynak kullanımı (satın alma veya üretim) ve üretimi devam ettirme veya sonlandırma gibi kararlar yer almaktadır (Fernandes vd., 1997: 19-20).

Bu uygulamada bir üretim işletmesinde enerji muhasebesi fonksiyonu ile enerji kullanımını analiz etmeye, karar almaya ve sürdürülebilirliğe katkı sağlayacak doğru, tam ve ayrıntılı maliyet bilgisi sağlanması amaçlanmıştır. Bu amaçla enerji maliyetleri FTM ile hesaplanmış, sonuçları geleneksel maliyetleme yöntemiyle karşılaştırılmış ve enerji performans göstergeleri analizi yapılmıştır.

Araştırmamızda etkin bir enerji yönetimi için uygulanacak muhasebe tekniklerinin rasyonelitesine araştıran aşağıdaki sorulara cevaplar aranmıştır:

- Bir işletmede en fazla enerji harcayan ve en yüksek enerji maliyetine neden olan faaliyetler ve ürünler veya maliyet merkezleri FTM modeli ile belirlenebilir mi?
- Enerji yönetiminde FTM ile elde edilecek enerji maliyeti verileri, geleneksel yöntemle kıyasla daha tutarlı bir yaklaşım sağlar mı?
- FTM sistemi, belirli alanlarda veya faaliyetlerde enerji tasarrufu sağlayan yatırımların fizibilitesini değerlendirmek için kullanılabilir mi?
- Enerji tüketimi uygulamalarını çeşitli enerji performansı ölçüm teknikleri yardımıyla analiz etmek, geleceğe yönelik alınacak kararlarda işletmelerin rekabetçi pozisyonlarını nasıl etkiler?

Hakim kaynak sınırlamaları ve enerji bilincinin eksikliği, işletmelerde enerji verimliliği uygulamaları önündeki engellerden bazılarıdır. Araştırmamız bu zorluklara bir çözüm önerisi sunmak için imalat sanayide bir işletmede yapılan enerji maliyeti analizini içermektedir. İşletmenin enerji tüketimi alışkanlıklarının seyri enerji maliyet endeksi, enerji kullanım endeksi ve tek seferde verimlilik ölçümü gibi performans göstergeleri yardımıyla hesaplanmış, böylelikle maliyetleri kontrol etme ve yönetme bilinci oluşturmaya ve daha fazla kaynak ışığında hayata geçirmelerine katkı sağlamaya çalışılmıştır. Örnek uygulama çalışmasının sonucunda yöneticilerin enerjiyi yönetme bilincinin artması ve enerji yönetimi konusundaki belirsizlikleri azaltması beklenmektedir.

Artan enerji fiyatları ile birlikte giderek önemli hale gelen enerji masraflarının rekabetin yüksek olduğu bir üretim işletmesinin maliyet yapısında oynadığı rolü ortaya koymak açısından ayrı bir öneme sahiptir. Faaliyet tabanlı maliyetleme yöntemiyle elde edilecek enerji maliyeti bilgisi enerji israflarının nereden kaynaklandığını tanımlamayı kolaylaştırabilir. Diğer taraftan yönetimin dikkatini büyük enerji kullanım alanlarına odaklayabilir ve yeniden tasarlanmanın israfı azaltıp azaltmayacağını ve enerji verimliliğine katkısını değerlendirmede rol oynar. FTM sistemi, belirli alanlarda veya faaliyetlerde enerji tasarrufu sağlayan yatırımların fizibilitesini değerlendirmek için kullanılacak gerçek maliyet verilerini de sağlar.

Faaliyet tabanlı maliyetleme modeli enerji yönetimi için sağlayacağı veriler ile verimliliğin artırılması ve maliyet tasarrufunun sağlanmasına katkıda bulunur. Ayrıca

belirli bir üretim hacmine göre daha istikrarlı bir model sunması ve gelecekteki enerji tüketiminin doğru bir şekilde izlenmesi yoluyla enerji bütçelemesinin iyileştirilmesine yardımcı olur.

Enerji yönetimi, tesislerin ve üretim ekipmanlarının fiziksel denetimini içeren enerji araştırmaları yoluyla tasarruf fırsatlarını belirleyerek geliştirilebilir. Kullanılabilecek yöntemler arasında enerji yönetimi faaliyetlerinde çalışanların eğitiminin artırılması, enerji yönetimi odaklı politika uygulamaları, daha verimli teknolojilerin dahil edilmesi ve enerji verimli operasyonel uygulamaların istihdam edilmesi yer alabilir. Bu araştırmada uygulanan faaliyet tabanlı maliyetleme modeli bu yöntemlere bir alternatif değil daha ziyade ayrıntılı enerji maliyet verileri sağlamak suretiyle bu yöntemlere katkı sağlamaya yöneliktir.

4.2. Araştırmanın Kapsamı

Bu araştırma Konya ilinde katı yakıtla çalışan soba üretimi sektöründe faaliyet gösteren bir imalat işletmesinde, enerji girdisinin üretim süreçleri üzerindeki etkisini göz önünde bulundurarak enerji maliyet yapısının analiz edilmesini kapsamaktadır. Bu kapsamda imalat firmasında ortaya çıkan enerji maliyetlerini FTM modeline göre incelenmesini, sonuçlarının klasik maliyetleme ile karşılaştırılmasını ve enerji performans göstergelerinin analizini içermektedir. İşletmenin üretim, depolama ve yönetim ofisi gibi birimlerinde faaliyet tabanlı maliyetleme modeli kullanılarak enerji tüketim oranları belirlenmiş ve ayrıntılı maliyet bilgileri ortaya konmuştur. İşletmenin faaliyetine uygun enerji yapısını karşılaştırmaya olanak sağlayan performans göstergeleri analizi yapılmıştır.

4.3. Araştırmanın Yöntemi

Bir üretim işletmesinin enerji maliyetlerini bütüncül bir yaklaşımla analiz etmek için hem nitel hem de nicel verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Araştırmada kullandığımız örnek olay incelemesi yöntemi, işletmenin enerji tüketim yapısını derinlemesine incelememize olanak sağlamaktadır. Bu yöntem aynı zamanda en uygun araştırma stratejisi olarak birçok yönetim ve maliyet muhasebesi çalışmasında karşımıza çıkmaktadır. Bu yaygın kullanımının bir nedeni olay incelemesinde hem nitel hem de nicel yöntemlerin birlikte kullanılması ve birden fazla veri toplama tekniğiyle

çalışılmasına olanak sağlamasıdır. Bu şekilde araştırma daha güvenilir ve geçerliliği yüksek bulgulara ulaşılmasına yardımcı olur (Yin, 2013: 324).

Bu çalışmada enerji maliyetlerinin belirlenmesinde modern bir yaklaşım olan faaliyet tabanlı maliyetleme modeli benimsemiştir. Bu model, enerji izleme, enerji faturaları verileri, farklı seviyelerde tüketim ölçümleri ve üretim çıktıları gibi enerji tüketimini etkileyen bazı nicel bilgileri gerektirir. Tüketim bilgisini maliyet dağıtım anahtarları (sürücüleri) aracılığıyla maliyet merkezleri ile ilişkilendirir. Enerji tüketimi ve maliyet verileri arasındaki ilişki için üçüncü bölümde yapılan ayrıntılı literatür taraması sonucu daha önce enerji maliyetlerinin hesaplanmasında FTM yöntemini kullanan çalışmalar araştırılmıştır. Bunun sonucunda J. Michael Fernandes, Barney L. Capehart & Lynne C. Capehart tarafından yapılan “Allocation of Energy Costs In Manufacturing Using Activity-Based Costing” isimli çalışmadan yararlanılmasına karar verilmiştir. Bu çalışmanın gereklilikleri, farklı sektörlerdeki şirketlere uygulanabilirliği, kaynak gereksinimleri ve faydaları açısından değerlendirilmiştir. Çalışmamızda uygulanan yöntemde gerekli olan temel yaklaşımları sağlamak için örnek modelde önemli değişiklikler yapılmış ve mantıksal bir düzene sokularak nihai bir çerçeve geliştirilmiştir.

4.3.1. Araştırmanın Tekniği

Araştırmamızda kullanılan veri toplama teknikleri arasında katılımcı gözlem, görüşme, doküman incelemesi ve arşiv kayıtları araştırması yer almaktadır. Etkin bir maliyet kontrol programı yürütmek için enerji denetimi ilk görevlerden biri olmuştur. Bu amaçla denetim sürecini tesis ziyareti öncesi çalışmasına, tesis ziyaretine ve ziyaret sonrası çalışma olmak üzere üç adımda gerçekleştirilmiştir. Tesis öncesi ziyarette 2017 yılı için enerji verilerini toplanmış ve veriler tablo ve grafıklere yansıtılmıştır. Daha sonra soba işletmesinde tesis ziyareti denetimi (walk-through audit), şirkette görevli elektrik elektronik mühendisi eşliğinde gerçekleştirilmiştir. Adından da anlaşılacağı üzere her bir enerji kullanan sistemini görsel olarak denetlemek ve enerji tüketimi, çalışma saati gibi veriler toplanmak suretiyle envanter çalışması için tesisin gezilmesini içerir. Tesisin enerjiyi nasıl kullandığını, kullanım miktarlarını ve kullanım yöntemlerini gibi teknik enerji tüketimi verileri araştırılmıştır. Bu verileri

elde edildikten sonra görselleştirilmesi, incelenmesi ve çalışmamız için gerekli hesaplamaların yapılması son aşamayı oluşturmuştur.

Kaplan ve Anderson uygulama modelinin oluşturulmasında çalışanlarla yapılan görüşmelerden veya doğrudan gözlemden yararlanılabileceğini ve kesin gözlemlerden ziyade makul yaklaşımların yeterli olacağına işaret etmektedir (Dury, 2018: 269). Bu doğrultuda genel müdür ve yöneticiler ile yüz yüze mülakat tekniği uygulanmış, denetimin amacını kısaca tartışılmış ve tesis ziyareti sırasında elde edilecek bilgi türleri belirlenmiştir.

Uygulamamız için gerekli olan bilgiyi en doğru şekilde sağlamak için tesis yöneticisi, muhasebe şefi, bakım personeli ve diğer birim sorumluları ile görüşülmüştür. Tesis ziyareti öncesi hazırladığımız sorular ve analizimiz için ihtiyacımız olan verilerde oluşan enerji denetimi anketi Ek 4-1'de yer almaktadır ve üç gruptan oluşmaktadır: 1) Organizasyon hakkında temel bilgiler, 2) Enerji denetimi ile ilgili sorular ve 3) Enerji analizi verileri. Enerji analizi ve endeks hesaplama için gerekli olan veriler ve maliyetlerin yüklenmesinde kullanılacak en uygun sürücülerin belirlenmesi yine bu görüşmeler ve incelemeler sonucu netlik kazanmıştır. Bu veriler, önceden hazırlanmış olan bireyselleştirilmiş veri sayfalarında takip edilmiştir. Lambalar sayılmış, lamba türlerini (ve lambaların floresan, HID veya düşük basınçlı sodyum olması halinde balastlar) belirlenmiş ve çeşitli lambaların kullanım saatlerini tahmin edilmiştir. Aynı zamanda diğer kaynak kategorilerinin wattları, verimleri ve kullanım saatleri hakkında da benzer bilgiler toplanmıştır. Üretim makinelerinin elektrik tüketimleri kataloglardan ve ürün etiketlerinden işletmenin elektrik elektronik mühendisi yardımıyla toplanmış ve liste haline getirilmiştir (bkz. Ek 4-5).

4.3.2. Örneklem

Örnek uygulama firması seçilirken özellikle enerji verilerinin ön plana çıktığı bu araştırmada işletmenin geçmişe dönük enerji tüketimi ve harcama kayıtları ile makine saatlerinin düzenli tutulmuş olması belirleyici olmuştur. Bu sayede enerji maliyet sürücülerini kullanarak FTM'ye dayalı bir enerji kaynağı maliyet tahsisi oluşturulması mümkün olmuştur. Diğer taraftan işletmenin faaliyet alanlarının çeşitliliği ve üretim ölçeği analizimizin anlamlı sonuçlar verebilecek büyüklükte olması dikkat edilen diğer

hususlar olmuştur. Küçük ve orta büyüklükte bir işletme sınıfında olan uygulama örneğimiz faaliyetlerini tek bir tesiste yürüttüğü için FTM hesaplamalarına dahil edilen verilerin sağlıklı bir şekilde elde edilmesini mümkün kılmıştır.

4.3.3. Araştırmaya İlişkin Sınırlamalar

Firma 2014 yılı itibariyle eski bulunduğu yerden ayrılarak organize sanayi bölgesine geçmiş ve yöneticiler yeni bir tesis inşa aşamasında aktif rol üstlenmişlerdir. Eski fabrikanın enerji kayıplarını tecrübe eden yönetim, yeni tesisi mümkün olduğunca enerji verimli inşa edilmesine özen göstermişlerdir. Bunlar arasında çatı gün ışığı aydınlatma sistemi, mantolama ile yüksek seviyede yalıtım, düşük tüketimli aydınlatma lambaları ve soğutma sistemleri gibi tedbirler yer almaktadır. Enerji verimli sayılabilecek bu tesiste yapacağımız enerji etüdü ve analizimizden elde ettiğimiz enerji kayıplarına ilişkin sonuçlar eski fabrikaya göre daha düşük seviyede olmasına sebep olmuştur.

İşletme yöneticileri gerçek maliyet bilgilerini oransal olarak paylaşmışlardır. Bu sınırlılık çalışmanın sonucunu etkilemeyecek bir ölçekte, gerçeğe yakın verilerden oluşmaktadır.

Bu araştırmanın ana kaynağını oluşturan ayrıntılı enerji denetiminin karmaşıklık düzeyine göre analiz edilen süreçlerin daha detaylı ortaya konulması için pahalı teknik donanımlara ve ileri mühendislik tekniklerine gerek vardır. Yönetimin ayırdığı imkanların kısıtlı olmasına rağmen alanlarında teknik bilgisi yüksek olan çalışanların denetim süreçlerine dahil edilmesi analizi yönetilebilir kılmıştır.

Türkiye’de enerji performans endeksi göstergelerinin istatistiki olarak karşılaştırılmasına olanak sağlayacak verilerin kısıtlı olması elde edilen bulguların farklı ülkelerdeki veriler ile yorumlanmasına neden olmuştur.

4.3.4. Varsayımlar

Katı yakıtlı soba üretim sürecinde fırınlama, baskı vb. işlemleri içerdiği için malzemenin deforme olmasına sebep olabilmektedir ve üretimin her aşaması işçilerin gözetimine ihtiyaç duyulmaktadır. İşin gereği olan bu sebepten dolayı otomasyona dayalı bir üretime geçilmesi pek mümkün değildir. Buradan hareketle analizimiz için

gereken üretim süreçlerindeki işçi saatlerinin makine saatlerine eşit olacağı varsayılmıştır.

Fabrika hafta içi tam gün ve cumartesi günleri ise yarım gün çalışmaktadır. Buna göre çalışma saatleri günde 8 saat, ayda 26 gün ve yılda 12 ay olarak hesaplanmıştır. Analizimizde, resmi tatiller ve izinler göz ardı edilmiştir.

4.4. Araştırmanın Uygulanması

4.4.1. İşletme Hakkında Genel Bilgiler

1974 yılında temelleri atılan işletmenin 2014 yılı itibari ile 11.400 m² kapalı 44.000 m² açık alanda Kuzine Soba başta olmak üzere, her türlü katı yakıtlı sobanın üretimini yapan, ulusal ve uluslararası piyasalarda faaliyet gösteren, sektöründe öncü firmalarından biridir. İşletme ISO 9001 kalite yönetim sistemi belgesi, TSE Türk standartlarına uygunluk belgesi ve CE Avrupa'ya uygunluk belgelerine sahiptir.

Üretim ve yönetim işlerinin tek bir fabrikada gerçekleştiği işletmede üretimde 73 işçi, 6 idari personel ve 4 pazarlama personeli olmak üzere toplam 83 personel çalışmaktadır. İdari kadroda bulunan işletme müdürü ve yardımcıları, idari görevlerinin yanında zaman zaman imalatta bazı görevleri de üstlenmektedirler.

Firma kullandığı teknolojiyi ve ürün yelpazesini sürekli geliştirmektedir, buna bağlı olarak genel üretim giderlerinin toplam ürün maliyetleri içindeki payı sürekli artış göstermektedir. İhracatın toplam satışlardaki payı %15'tir. Ayrıca firma, talebin nispeten düşük olduğu iç pazardaki payını dış pazara doğru daha fazla genişletmeyi hedeflediğinden mevcut olan üretim ve yönetim sistemlerini sürekli iyileştirmeye çalışmaktadır.

Son on yılda doğalgaz ve kalorifer kullanımının çoğalması, soba piyasasında fiyatların önemli ölçüde düşmesine neden olmuştur. Doğalgaz kullanımının yoğun olduğu bölgelerde sobanın kullanımı daha çok evlerin teraslarında bir nostaljiyi yaşatma amaçlı alınan kuzine sobalar olmaya başlamıştır. İç pazarda satışları azalan katı yakıtlı çalışan soba üretimi sektörü doğalgaz kullanımının çok yaygın olmadığı ülkelerde ihracatlarını artırmaya yönelmişlerdir. Son yıllarda sektörde kepenk kapatan birçok işletmenin yanında ayakta kalabilenler için ise rekabetin yüksek seviyede

olduğu söylenebilir. Bu nedenle soba sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin enerji maliyetleri kapsamında uygulamada ele alınması, rekabetçi bir ortamda işletmenin geleceği açısından maliyet kontrolüne katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

4.4.2. İş Akışı ve Enerji Maliyeti Hakkında Genel Bilgiler

Organizasyonun imalat süreci ile ilgili iş akışı ve takip edilen maliyet muhasebesi hakkında elde edilen bilgiler analizin daha iyi anlaşılmasına olanak sağlayacaktır. Bu çerçevede elde edilen ISO 9001 standartlarına göre hazırlanan imalat prosedürü EK 4-2 ‘den, organizasyon şeması EK 4-3’ten ve iş akışını gösteren fabrika yerleşim krokisi EK 4-4’ten yararlanılmıştır. Katı yakıtla çalışan soba üretim fabrikasındaki işleyiş genel hatlarıyla aşağıda yer almaktadır.

İşletmenin sipariş talepleri bir yıl öncesinden toplanmaktadır ve imalat süreci buna göre planlanmaktadır. İmalat faaliyeti sürecinde entegre otomasyon sistemleri kullanılmaktadır. Pazarlama faaliyeti sonucunda müşterilerden toplanan sipariş talepleri ile başlayan süreç, imalat ve kalite planının hazırlanması için teknik dosyada toplanması ile devam eder. Daha sonra yıllık imalat listesi planı oluşturulur, gerekli ara kontrol ve son kontroller yapılır. Bu aşamada herhangi bir uygunsuzluğun tespit edilmesi halinde “uygun olmaya ürün kontrol prosedürü” işletilir. Son şeklini alan imalat listesine göre üretim işlemine geçilir.

İmalata gelen hammadde sac bölümünde ilk olarak ebatları uygun hale getirmek için kesim işlemine tabi tutulurlar. Daha sonra baskı makineleri ve kalıp yardımıyla istenilen şekle getirilirler. Sac bölümünde son işlem basınç uygulanarak metalleri birleştirmede kullanılan puntalama işlemidir. Buradan çıkan malzeme yağdan arındırılmak üzere emaye bölümünde yer alan banyo kazanlarının olduğu bölümüne sevk edilir. Burada metallerin üzerindeki yağdan arındırmak üzere belirli sıcaklıkta değişik kimyasallar içeren banyo kazanlarından geçirilirler. Daha sonra emaye boyama kabinlerinde istenilen renkte emaye kaplaması yapılır ve böylelikle ürünün paslanmaya karşı korunmuş olur. Sonrasında boyanın kalıcılığını artırmak için 850 derece sıcaklıkta bir tünel fırında ısıtılma işlemine tabi tutulurlar. Son olarak dışarıdan tedarik edilen döküm malzeme ve soba parçaları montaj hattında birleştirilerek son halini alır. Nihai ürün forkliftler yardımıyla sevkiyat için depo alanına alınırlar.

Organize Sanayi bölgesinde yer alan soba işletmesinde 6 grupta, 49 farklı modelde iç ve dış piyasalara dönük katı yakıtle çalışan soba üretilmektedir. İşletmenin en çok üretim sattığı sobalar arasında kuzine sobalar yer almaktadır. Geçmiş yıllarda alınan siparişler göz önünde bulundurularak en çok talep gören soba modelleri, ürün çeşitlendirmesinde belirleyici olmakta ve daha fazla hacimle yıl boyunca üretilmektedir.

Şekil 4-1: Ürün Grupları

DK GRUBU	Döküm-Tuğlalı Kuzine Soba
KS GRUBU	Kovalı Soba
ŞŞ GRUBU	Şömine Soba
TK GRUBU	Kovalı Kuzine Soba
YS GRUBU	Yuvarlak Kovalı Soba

İşletmenin kullandığı enerji çeşitleri arasında elektrik ve kömür enerjisi yer almaktadır. İşletmenin bulunduğu sanayi bölgesine en yakın doğalgazın boru hattı 17 km uzaklıktan geçmektedir. Yakın zamanda bağlanması beklenen doğalgaz şebekesinden sağlanacak enerji ile birlikte üretim maliyetlerinde önemli ölçüde azalma olacağı bilinmektedir.

Geleneksel maliyetleme modelinin benimsendiği belirtilen işletmede yapılan incelemeler sonucu genel üretim giderleri ürün maliyetlerine geçmiş deneyimlerden ve cari girdi fiyatlarından yararlanılarak önceden tahmin edilen oranlara göre yansıtıldığı gözlemlenmiştir. Ürünün ağırlığı, işlem sayısı, ürünün detayı gibi kriterler göz önünde bulundurularak fatura tutarları tahmini bir dağıtım oranına göre ürünlere ayrı ayrı yansıtılmaktadır. Üretim esnasında birden fazla model aynı anda üretilebileceğinde veya bazı günler bazı üretim hatlarında çalışma olmadığından, ürünün işçi saati hesaplamalarında standart bir saat hesaplaması yapılamamaktadır.

Yıllar içinde edinilen tecrübeye göre hazırlanmış bir çalışma sayfası üzerinde oranlama yapılmaktadır. İşletmenin maliyet muhasebesi departmanı faaliyet tabanlı maliyetleme modeli hakkında bilgi sahibidir ancak kullandıkları oranlamaların toplamda liste fiyatında çok fazla fark yaratmadığı öngörüsünden dolayı bu yöntemin kullanılmadığı bilgisi alınmıştır. Enerji maliyetlerinin en fazla öne çıkan masraf kalemi emaye fırını aşaması olmaktadır ve elektrik maliyetlerinin dağıtımını yoğun olarak buradaki tüketime göre yapılmaktadır.

4.4.3. Enerji Maliyetlerinin Belirlenmesinde Faaliyet Tabanlı Maliyetleme Uygulama Örneği

FTM'yi kullanmanın asıl amacı, genel üretim giderlerini daha doğru ve tipik olarak parasal değerlerle ilişkilendirmektir. Bununla birlikte, bu yöntem, ürün veya hizmetlerin tükettiği kaynak miktarını ölçtüğünden, belirli maliyet biriminin dağılımını belirlemek için kolayca uyarlanabilir (Oh ve Hildreth, 2013: 431). Bu çerçevede uygulamada kullanacağımız FTM modeli sadece araştırmamızın odak noktası olan enerji maliyetlerinin etkilerini ölçmek üzere uyarlanmıştır. Bu amaçla sistemin genel olarak dört adımda nasıl tasarlandığı aşağıda yer almaktadır.

İlk büyük adım, sistemin temelini oluşturacak kaynakları ve faaliyetleri tanımlamaktır. Faaliyetler, kaynak tüketimine neden olan birçok farklı görev, faaliyet veya iş biriminin bir araya getirilmesinden oluşur

Faaliyetler tespit edildikten sonra, belirli bir süre boyunca tüketilen kaynakların maliyeti her faaliyete tahsis edilmelidir. Amaç, organizasyonun her bir faaliyetine ne kadar harcama yaptığını belirlemektir. Bu, birinci aşama tahsisi olarak anılır, çünkü maliyetler, maliyet objelerine dağıtılmadan önce faaliyet havuzlarına yüklenir.

Her faaliyet havuzuna eklenen maliyetleri objelere tahsis etmek için, bir maliyet sürücüsü seçilmelidir. Seçilen faaliyet sürücüleri her maliyet havuzunda ki maliyetler ile objeler arasında iyi bir açıklama sağlamalıdır. Sürücü seçimi daima modelin doğruluğunu belirleyecektir.

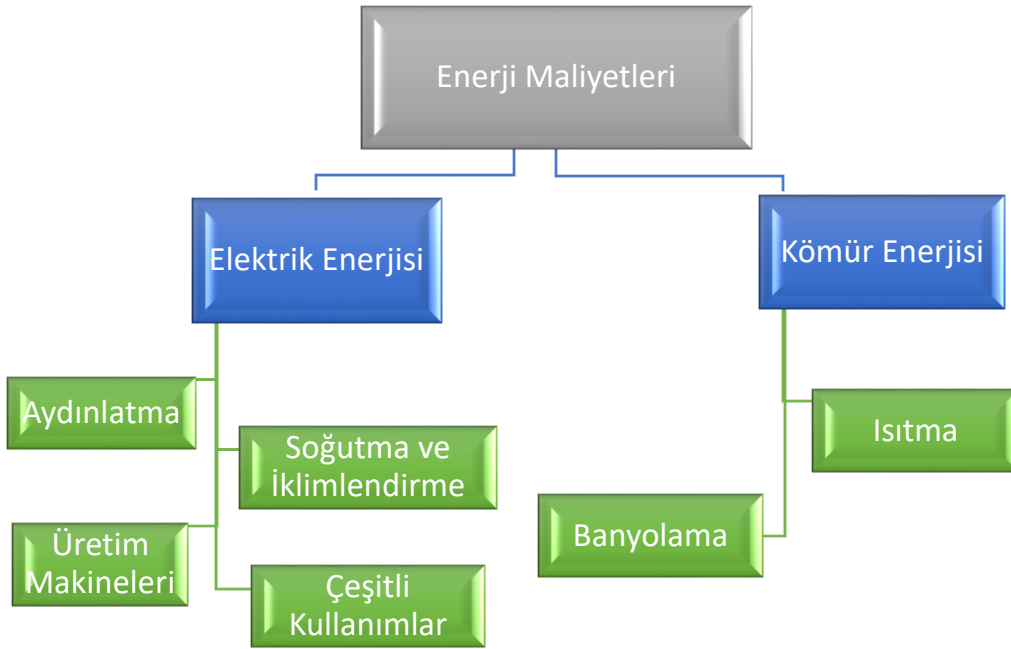
Faaliyet tabanlı maliyet uygulamasının dördüncü ve son adımına ikinci aşama tahsisi denir. İkinci aşama tahsisinde, genel gider maliyetlerini objelere uygulamak için faaliyet oranları kullanılır.

4.4.3.1. Kaynakların ve Faaliyetlerin Belirlenmesi

Firmanın temel süreçleri incelenmiş, personel ile yüz yüze görüşmeler yapılmış ve bir mamulü üretmek için çalışan birimleri, iş grupları, maliyet kategorileri ve faaliyetleri belirlenmiştir. Uygulama işletmemiz için kullanılan iki enerji kaynağını elektrik ve kömür oluşturmaktadır. FTM sistemi analizimize, ilk aşama maliyet tahsisi sürecinde kaynak maliyetlerini çeşitlendirmek için bu iki enerji çeşidini şirketteki kullanım alanlarına ayırarak başlanmıştır.

Elektrik enerjisi maliyetleri dört enerji kaynak maliyeti kategorisine ayrılmıştır ve bireysel kaynak maliyetleriymiş gibi değerlendirilmiştir. Bu dört kaynak maliyeti kategorisi aydınlatma, soğutma ve iklimlendirme, üretim makineleri ve çeşitli kullanımlardır. Kömür yakıtı için enerji kaynak maliyetleri ise ısıtma ve banyo işlemi olarak belirlenmiştir.

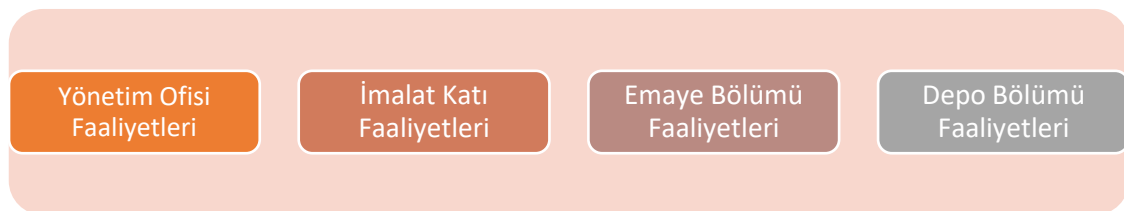
Şekil 4-2: Enerji Kaynak Maliyet Kategorisi



Tam bir FTM analizinde, enerji kullanımı ilk aşama maliyet dağıtım anahtarlarından sadece biri olacaktır. Bu uygulamada sadece enerji kullanımı incelendiğinden enerji maliyeti sürücüsünü altı enerji kaynak kullanımı grubu için maliyet kategorilerine ayrılmıştır. Analizimiz için ilk aşamalı enerji maliyeti sürücüleri tüketilen kömürün kg miktarı ve tüketilen elektriğin kWh'lerdir. Belirli bir faaliyet için bir maliyet sürücüsü belirlendikten sonra, söz konusu sürücü ile ilişkili maliyet belirlenebilir ve bu faaliyet maliyet havuzuna tahsis edilebilir.

Enerji denetimi verileri toplandıktan sonra, kaynak kategorilerindeki toplam enerji maliyetlerini belirlemek için kullanılabilir. Ancak, pratik bir yaklaşım olarak her bir kaynak kategorisinin toplam maliyetini bulmak ve daha sonra çeşitli faaliyetlere nasıl bölüştüreceğine karar vermek yerine, çeşitli faaliyetler tarafından kullanılan kaynağın yerini belirlemek ve doğrudan faaliyet maliyet havuzlarının bileşenlerini hesaplamak en kolay yoldur (Fernandes vd., 1997: 21). Bu aşamada faaliyet maliyet havuzlarının hesaplanması için çeşitli faaliyet yerleri belirlenmiştir. Firmamızdaki dört ana faaliyeti yürüten birimler yönetim ofisi, imalat katı, emaye bölümü ve depolamadan oluşmaktadır. Hem bilgi toplama maliyetini hem de hata olasılığını en aza indirmek için, faaliyete dayalı maliyetlendirme sistemlerini kullanan çoğu şirket, ilgili etkinlikleri daha büyük bir etkinlikte birleştirir (Davis ve Davis, 2013: 369). Burada fabrika planına göre emaye bölümüne kalorifer dairesi, imalat katına montaj ve sac bölümü ve son olarak depolama bölümüne dinlenme alanı dahil edilmiştir.

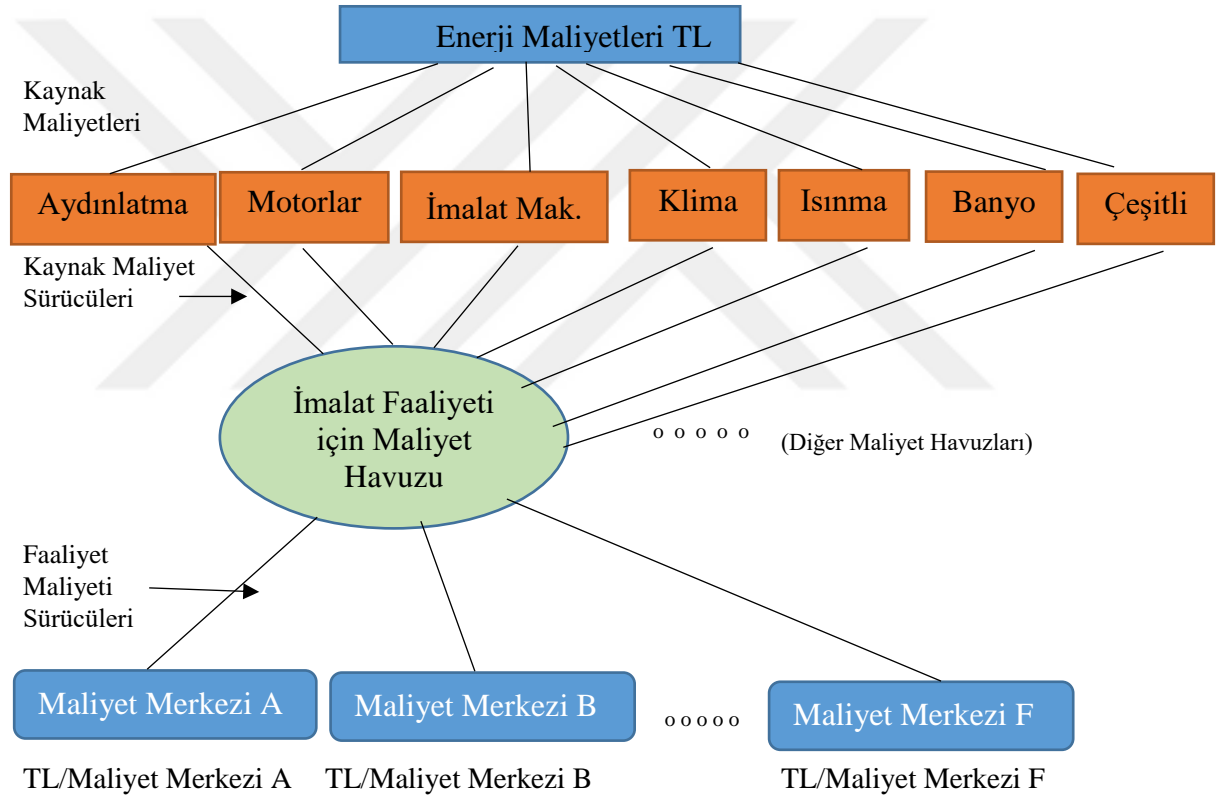
Şekil 4-3: Maliyet Havuzları



Bir maliyet objesi, ayrı bir maliyet ölçümü için arzu edilen herhangi bir faaliyettir. Diğer bir deyişle, muhasebe bilgisinin kullanıcıları bir şeyin maliyetini bilmek isterlerse, bu bir şey maliyet objesi olarak adlandırılır (Dury, 2018: 22). Enerji

maliyetlerinin tahsisinde çok sayıda ve değişik modelde soba üreten işletmede FTM sisteminin uygulanabilirliğini basitleştirmek amacıyla ikinci aşama maliyet tahsisinde üretilen her birim mamul için tekrarlamak yerine maliyet objesi olarak sekiz maliyet merkezinin seçilmesine karar verilmiştir. Bu seçimle aynı zamanda maliyet merkezlerinin enerji tüketimlerini karşılaştırmak mümkün olabilecektir. Bu maliyet merkezleri sac kesim, presleme, puntalama, banyo, emaye kaplama, fırınlama, dökümhane ve montaj işlemleridir. Enerji maliyetlerinin tahsisi için bu özel işlem aşağıdaki Şekil 4-4'te gösterilmiştir.

Şekil 4-4: Firmanın Enerji Maliyet Tahsisi



Bu maliyet tahsis verileri işletmede hangi maliyet merkezlerinin en fazla enerji kaynağını tükettiğine dair bir fikir verecektir. Şirketin bir merkezin tüketimini belirlemesiyle bu merkezlerde olası maliyet azaltıcı tedbirlerin alınıp alınmamasıyla ilgili karar verebilir.

4.4.3.2. Kaynak Maliyetlerinin Faaliyet Havuzlarına Yüklenmesi

Analizimizde yer alan soba işletmesinde faaliyetler belirlendikten sonra ilk görevimiz, altı kategorinin her biri için gerçek maliyetlerini belirlemektir. Bu tespit

temel olarak tesis için ayrıntılı bir enerji denetimi ve enerji analizi yapılmasını gerektirmiştir.

İşletmenin 2017 yılı için tükettiği 1.398.884,76 kWh elektrik enerjisi için toplam maliyeti 395.623,44 TL ve tükettiği 171.480,00 kg kömür enerjisi için toplam maliyeti 111.675,00 TL olmuştur. Buradan yola çıkarak birim maliyetler aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

Tablo 4-1: İşletmenin 2017 Yılı için Enerji Tüketimleri ve Maliyetleri

Enerji Türü	2017 Maliyet	2017 Tüketim	Birim Maliyet
Elektrik	395.623,44 TL	1.398.884,76 kWh	0,2828 TL/kWh
Kömür	111.675,00 TL	171.480,00 kg	0,6512 TL/kg

2017 yılı boyunca elektrik enerjisi için kWh başına 28.28 kuruş ve kömür enerjisi için kg başına 65.12 kuruş olarak hesaplanan bu birim maliyetler takip eden tüm çalışmalarda altı enerji kaynağı maliyet kategorisinin maliyetini hesaplamak için kullanılacaktır. Diğer taraftan tüm elektrik tüketimi hesaplamaları, basit bir eşitlik olan “Enerji (KWh) = Güç (KW) x Süre (Saat - h)” formülüne dayanmaktadır. Bu hesaplamalar ayrıca her bir kaynak maliyeti için açıklanacaktır.

Aydınlatma

Fabrikada gün ışığı aydınlatma çatı sistemi yer almaktadır. Günün aydınlık olduğu saatler içerisinde güneşin doğuşundan batışına kadar olan süre doğal gün ışığından maksimum faydalanmayı sağlayan sistem aydınlatılmak istenen mahalde doğal aydınlatmayı sağlanmaktadır. Bu aydınlatma sistemi ile fabrikanın aydınlatma enerji tüketimi büyük ölçüde azaltılmaktadır. Çatı aydınlatma sisteminin yetersiz olduğu zamanlar ve birimler için kullanılan lambaların ayrıntılı bir envanteri çıkarılmıştır. Lambalar sayılmış, lamba türlerini (ve lambaların floresan, LED veya düşük basınçlı sodyum olması halinde balastlar) belirlenmiş ve çeşitli lambaların kullanım saatleri tahmin edilmiştir.

Genel ofis için idari personel ve yönetim odaları farklı türde aydınlatma kullanıldığından enerjisi kullanımı ve maliyetleri ayrı ayrı hesaplanmıştır. Daha sonra her faaliyet tarafından tüketilen kWh kullanılarak ilk aşama kaynak maliyet sürücülerini olarak beş faaliyete ayrılmıştır. Bu aydınlatma hesaplamaları Tablo 4-2'de gösterilmiştir.

Tablo 4-2: İşletmenin Aydınlatma için Enerji Tüketimi ve Maliyeti

Alan	Lamba Türü	Watt	Sayısı	Balast Kullanım	Toplam Watt	Yıllık Saati	Enerji kWh	2017 Maliyet
İmalat Katı	HO 54W/865	54	331	0,2	21.448	578	12.393	3.504,74 TL
Emaye Bölümü	HO 54W/865	54	83	0,2	5.378	624	3.356	949,11 TL
Depolama	HO 54W/865	54	117	0,2	7.582	220	1.668	471,70 TL
Genel Ofis (İdari)	TL-D 18W/54-765	18	144	0,2	3.110	936	2.911	823,33 TL
Genel Ofisi (Yönetim)	Led Panel 30*120	54	24m	-	1.296	936	1.213	343,05 TL

Montaj, presleme ve sac kesim alanını içeren imalat alanında aydınlatma toplam 331 adet 54-watt'lık A sınıfı enerji verimli floresanla sağlanmıştır. Dönem boyunca yaklaşık 578 saat çalıştırıldılar. % 20'lik bir balast² tüketime eklendikten sonra, üretim alanı faaliyeti 12.393 kWh kullanmış ve böylece 3.504,74 liralık bir aydınlatma maliyeti olmuştur. Emaye bölümünde ise aydınlatma için 83 adet aynı tip floresanla 949,11 TL'lik bir harcama yapılmıştır. Bu bölümde son olarak depolama alanının aydınlatma maliyeti 471.70 TL olmuştur. Genel ofiste yönetim kurulu üyelerinin odaları ve led panel aydınlatma ile aydınlatılırken idari personelin odaları ve lobi floresanlı çift parabolik armatür kullanılmıştır. Genel ofis toplamda 1.165,98 TL 'lık bir faaliyet maliyetiyle 1872 saat boyunca 4123 kWh enerji ile aydınlatılmıştır. İşletmenin toplam aydınlatma maliyeti 6.091,93 TL olmuştur. Aydınlatma maliyetinin toplam enerji maliyetine oranı binde 15 seviyesindedir. Gündüz mesai saatleri içinde

² Balast floresan lambalarda aydınlatma elemanlarının çalışma prensibine göre elektrik akımını sınırlandıran bir ekipmandır.

işleyen fabrika ve gün ışığı alan çatı sistemi ile bu oran sektörde faaliyet gösteren diğer işletmelere göre son derece verimlidir. Üretimin hiç durmadığı işletmelerde aydınlatma maliyeti toplam enerji maliyetleri içerisinde payı daha büyük olacaktır.

Soğutma ve İklimlendirme

Bu aşamada tüm klima ve havalandırma ekipmanın envanteri çıkarılmıştır. Hazırlanan veri sayfaları tip, boyut, model numarası, yaş, elektrik özellikleri ve tahmini çalışma saatlerini kaydetmek için kullanılmıştır.

Genel ofis bölümünde bulunan 7 odada 34120 Btu'luk saatte 3,6 kW güç çekimine sahip kaset tipi split klima bulunmaktadır. Ünitelerin yaz dönemi boyunca belirli aralıklarla tam yüke eş değer toplam 1274 (her bir klima ortalama 182 saatten) saat çalıştırıldığı ve 4587 kWh enerji tükettiği tahmin edilmektedir.

$$\text{Tüketilen Enerji} = 3,6 \text{ kW} \times 1274 \text{ saat} = 4587 \text{ kW}$$

$$\text{Maliyet} = 4587 \text{ kW} \times 0,2828 \text{ TL} = 1.297,20 \text{ TL}$$

Bu nedenle genel ofis faaliyetine soğutma maliyeti olarak 1.297,20 TL ayrılmıştır. Klima kullanımının daha yoğun olduğu (soğutmalı depolar, sıcak gün sayısının fazla olduğu bölgeler vs.) işletmelerde bu maliyet kaleminin ağırlığı daha ciddi seviyelerde olacaktır. Uygulama örneğimizde tutar küçükte olsa örnek oluşturması açısından faaliyet tabanlı maliyetleme modeli analizimize dahil edilmiştir.

Fabrikanın iklimlendirilmesinde kullanılan fanlar soğuk günlerde üretim birimlerinin ısıtılması için yazın iklimlendirme ve havalandırmanın sağlanması için kullanılmaktadır. Yazın fan motorları ile havalandırma sağlanırken kışın kalorifer kazanları devreye girerek ısıtmayı sağlamaktadır. Fan motorlarının yıl boyunca çalışma saatleri içinde aktif olarak kullanıldığı bilinmektedir. Fabrika alanındaki fanların birimlere göre dağılımı aşağıdaki tabloda yer almaktadır.

Tablo 4-3: İşletmenin Fan Motorları için Enerji Tüketimi ve Maliyeti

Faaliyet Alanları	Fan Sayısı	Çalışma Süresi	Fan Motoru Elektrik Tüketimi	Enerji Tüketimi	Maliyet
İmalat Katı	19	1872	0,27	2527	2.715,83 TL
Emaye Bölümü	7	2496	0,27	4717	1.334,09 TL
Depolama	7	1440	0,27	2722	769,67 TL
Toplam	33				4.819,59 TL

Fan motorlarından kaynaklanan elektrik tüketim maliyeti 4.819,59 TL olmuştur.

İmalat Makineleri

Fabrikada 129 adet çeşitli elektrikli imalat makineleri bulunmaktadır. Elektrikle çalışan imalat makinelerin bir envanteri EK 4-5' te yer almaktadır. Elektrik tüketimleri veri olarak firmadan alınmıştır ve tüketimi 10 kW'tan fazla olan (14 adet) büyük motorlu makineler faaliyetlere tahsis edilmiştir. İşletmeden bunlar arasında en çok elektrik tüketen makine 360 kW'lık elektrik tüketimiyle yaş emaye ve boya pişirme işlemini gören tünel fırındır. Fırın emaye pişirme işlemini 850 derecede yapmaktadır. Bu sıcaklığa ulaşmak için elektrik tüketimi ve maliyeti oldukça fazladır. Emaye bölümünde yıl boyu tam kapasite çalışan fırın günde 8 saat ve ayda 26 gün çalışmaktadır. Fırının yıllık elektrik tüketimi 898.560 kW saat ve toplam elektrik maliyeti 254.112,77 TL ile enerji tüketiminde en fazla maliyete sahip ekipmandır.

Daha sonra lazer kesim makinesi 54 kW, 225 tonluk hidrolik baskı ve 400 tonluk çift pistonlu pres makineleri 37 kW ve diğer yüksek elektrik enerjisi ile çalışan imalat bölümü makineleri için ayrıca elektrik tüketim maliyetleri Tablo 4-4'te hesaplanmıştır. Bu makinelerin toplam enerji maliyeti ise 70.105,77 TL olmuştur. Çeşitli enerji maliyeti kategorisi, fotokopi makineleri, bilgisayarlar, temizlik ekipmanları ve diğer küçük ofis öğelerini içerir. Toplam enerji maliyetinin yaklaşık yüzde beşi olduğu tahmin edilmektedir ve 19.781,17 TL tutarındadır. Bu maliyet genel ofis faaliyetine tahsis edildi. Kalan enerji maliyeti 39.415,01 TL idi ki bu geriye kalan diğer enerji tüketen faaliyetin maliyeti olarak kabul edildi. Yani saat başına 10 kW enerjiden az tüketen diğer 115 üretim makinesi kullanımına tahsis edilmiştir. Bu maliyet imalat katı

faaliyetlerine dahil edilmesiyle imalat makinelerinin toplam enerji maliyeti 109.520,78 TL olmuştur.

Tablo 4-4: Üretim Makinelerinin Enerji Kaynak Maliyetinin Hesaplanması

Ekipmanlar	Enerji Tüketimi (kW)	Yıllık Çalışma Saati	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Toplam Maliyeti (TL)
Lazer Kesme Makinesi	54	1248	67392	19.058,46 TL
Hidrolik Pres 225 Tonluk	37	546	20202	5.713,13 TL
Hidrolik Pres 400 Tonluk Çift Pistonlu	37	546	20202	5.713,13 TL
Hidrolik Pres 200 Tonluk Çift Pistonlu	30	546	16380	4.632,26 TL
Hidrolik Pres 200 Tonluk	30	546	16380	4.632,26 TL
Hidrolik Pres 300 Tonluk	30	546	16380	4.632,26 TL
Hidrolik Pres 300 Tonluk	30	546	16380	4.632,26 TL
Hidrolik Pres 300 Tonluk	22	546	12012	3.396,99 TL
Abkant Pres Makinesi	22	1170	25740	7.279,27 TL
Robot	21	234	4914	1.389,68 TL
Hidrolik Pres 120 Tonluk	20	546	10920	3.088,18 TL
Hidrolik Pres 100 Tonluk	15	546	8190	2.316,13 TL
Hidrolik Pres 120 Tonluk	15	546	8190	2.316,13 TL
Vinç 15 Tonluk Köprülü	14,75	313	4616,75	1.305,62 TL

Yüksek Elektrik Tüketimine Sahip İmalat Makineleri:

$$TET = ET * YÇS$$

$$Toplam Maliyet = TET * 0,2828 \text{ TL/kWh}$$

TET = Toplam Enerji Tüketimi

YÇS = 2017 yılı boyunca ekipmanın toplam çalışma saatleri

Çeşitli Kullanım:

$$Toplam Maliyetin \% 5 = 0,05 * 395.623,44 = 19.781,17 \text{ TL}$$

Diğer Üretim Makineleri:

Geriye kalan maliyet = 39.415,01 TL

(Geriye kalan tutar üretim makinelerinin enerji maliyetine ayrılmıştır.)

Kömür Tüketimi

İşletmenin kalorifer bölümünde 3 adet kömürle çalışan yarım silindirik otomatik yüklemeli merkezi sistem kalorifer kazanları bulunmaktadır. Kazanın bir tanesi banyo bölümündeki havuzların ısıtılması için sürekli çalışmaktadır. Diğer iki kazan fabrikanın ve yönetim ofisinin ısıtılması için kullanılmaktadır. Sürekli çalışan kazanın günlük kömür tüketimi 250 kg, diğer iki kazanın ise 6 ay boyunca günlük tüketimi 257,15'er kg'dır.

Tablo 4-5: Yıllık Kömür Tüketimi Hesaplaması

Kazan No	Günlük Tüketim (kg)	Yıllık Tüketim Süresi*	Toplam Tüketim (kg)	Kömürün kg Fiyatı (kg/TL)	Toplam Maliyet (TL)
1. Kazan	250	365	91250	0,6512	59.422
2. Kazan	257,17	156	40119	0,6512	26.126,50
3. Kazan	257,17	156	40119	0,6512	26.126,50

* 1. Kazan hiç söndürülmeden 365 gün çalışmakta diğer kazanlar ise kışın 6 ay boyunca günde 8 saat çalıştırılmaktadır

Havuzları ısıtmak için birinci kazanın çalışması ile ilgili kömür tüketimine ait maliyet Emaye Bölümüne, ikinci ve üçüncü kazandan ısınma amaçlı ortaya çıkan 52.253 TL'lik maliyet ise kullanım sürelerine göre diğer faaliyetlere aşağıdaki şekilde dağıtılmıştır:

Depolama: Toplam Maliyetin %10'u

Yönetim Ofisi: Toplam Maliyetin %20'si

İmalat Katı: Toplam Maliyetin %70'i

Burada emaye bölümünde yer alan tünel fırından çıkan sıcaklığın, bu bölümün kış aylarında istenilen sıcaklığı sağladığı göz önünde bulundurulduğundan maliyetlere yansıtılmamıştır.

Tablo 4-6 faaliyetlerin kaynakları tüketme miktarlarını özetlemektedir. Toplam depo faaliyeti enerji maliyeti 6.466,67 TL; imalat katı faaliyeti enerji maliyeti 152.318,45 TL; genel ofis faaliyeti enerji maliyeti 32.695,35 TL; ve emaye faaliyeti enerji maliyeti 315.817,97 TL 'dir. Emaye faaliyetinin toplam enerji maliyetinin yüzde

62'sini tükettiği görülmektedir. Burada yüksek elektrik tüketimine sahip olan tünel fırının etkisi ve yıl boyu banyo kazanlarının ısıtılması için kömür tüketimi, sektörde doğalgaz kullanan birçok imalat şirketi ile karşılaştırıldığında oldukça yüksektir.

Tablo 4-6: Enerji Maliyetlerinin Faaliyet Maliyeti Havuzlarına Tahsisi

<u>Depolama Faaliyeti Maliyet Havuzu</u>	
Dağıtım	Maliyet
Aydınlatma	471,70 TL
Isıtma (Isınma Maliyetinin %10'i)	5.225,30 TL
Soğutma ve İklimlendirme	769,67 TL
Toplam	6.466,67 TL
<u>İmalat Katı Faaliyeti Maliyet Havuzu</u>	
Dağıtım	Maliyet
Aydınlatma	3.504,74 TL
Isıtma (Isınma Maliyetinin %70'i)	36.577,10 TL
Soğutma ve İklimlendirme	2.715,83 TL
İmalat Makineleri	109.520,78 TL
Toplam	152.318,45TL
<u>Yönetim Ofisi Faaliyeti Maliyet Ofisi</u>	
Dağıtım	Maliyet
Aydınlatma	1.166,38 TL
Isıtma (Isınma Maliyetinin %15'i)	10.450,60 TL
Çeşitli Giderler	19.781,17 TL
Klima	1.297,20 TL
Toplam	32.695,35 TL
<u>Emaye Faaliyeti Maliyet Havuzu</u>	
Dağıtım	Maliyet
Aydınlatma	949,11 TL
Isıtma (Havuz Isıtma Maliyeti)	59.422 TL
Soğutma ve İklimlendirme	1.334,09 TL
İmalat Makineleri	254.112,77 TL
Toplam	315.817,97 TL

4.4.3.3. Faaliyet Sürücülerinin Belirlenmesi

Enerji maliyetleri ilk aşama dağıtım anahtarları kullanılarak her bir maliyet havuzuna tahsis edildikten sonra her faaliyet için ikinci aşama dağıtım anahtarları

tanımlanmalıdır ve daha önce belirlenen sekiz maliyet merkezinin her birine dağıtımı yapılmalıdır. Her bir maliyet merkezi tarafından imalat alanının kullanımını doğru bir şekilde tanımlamak için makine saatleri kullanılmalıdır. Bu yüzden imalat ve emaye bölümü faaliyetlerinin maliyeti için makine saatleri maliyet sürücüsü kullanılmıştır. Depolama genellikle ürün hacmine dayanır. Depoculuk faaliyet maliyeti, her bir maliyet merkezinden geçen toplam hacime göre maliyet merkezlerine tahsis edilmiştir. Genel ofis faaliyet maliyetleri her zaman hacime dayalı olarak tahsis edilen organizasyon seviyesindeki maliyetleridir.

Tablo 4-7: İkinci Aşama Faaliyet Maliyet Sürücüleri

Faaliyet	Faaliyet Sürücüsü (Dağıtım Anahtarı)
İmalat Katı	Makine Saati
Depolama	Ürün Hacmi
Ofis	Ürün Hacmi
Emaye Bölümü	Makine Saati

Tam bir FTM sistemi geliştirilen işletmelerde, daha detaylı ve gerçeğe yakın faaliyet sürücüleri tanımlanabilir. İşletme tarafından düzenli tutulan makine saatleri ve toplam üretim miktarları aşağıda yer almaktadır.

Tablo 4-8: İkinci Aşama maliyet Sürücüleri Bilgileri

Maliyet Merkezleri	Toplam Makine Saatleri	Toplam Hacim
A) Sac Kesim	16.286	141.974
B) Presleme	26.601	1.419.740
C) Puntalama	21.715	567.896
D) Banyo	16.558	212.961
E) Emaye Kaplama	32.572	212.961
F) Fırınlama	13.572	212.961
G) Dökümhane	33.930	354.935
H) Montaj	12.215	425.922
TOPLAM	173.448	3.549.350

En yüksek hacim 1.419,740 adet parçanın işlendiği Presleme bölümünde görülürken, en fazla makine saati 33.930 saat ile Dökümhane bölümünde yer almaktadır. Bu bölümde soba yapımında döküm olarak kullanılan küçük parçaların istenilen şekle getirilmesi için daha uzun bir süre işçi ve makine saati kullanılmaktadır.

4.4.3.4. Faaliyet Maliyetlerinin Maliyet Merkezine Dağıtılması

Çalışmamızın başında, hem bilgi toplamanın maliyetini hem de hata olasılığını en aza indirmek için enerji maliyetlerini tek tek ürünlere dağıtmak yerine sekiz maliyet merkezi belirlendiğine değinilmişti. Dört faaliyet havuzundaki enerji maliyetlerinin dağıtım anahtarları ile faaliyet oranları kullanılarak sekiz maliyet merkezine tahsisleri Tablo 4-9'da gösterilmektedir. Buna göre sac kesim: 45.522,95 TL, presleme: 87.460,38 TL, puntalama: 64.874,55 TL, banyo: 47.038,80 TL, emaye kaplama: 90.262,66 TL, fırınlama 38.980,11 TL, dökümhane: 95.492,18 TL ve montaj: 37.666,80 TL olarak hesaplanmıştır. Bu maliyet tahsis verileri işletmede hangi maliyet merkezlerinin en fazla enerji kaynağını tükettiğine dair bir fikir verecektir. Bir merkezin enerji tüketimini belirleyerek şirket, gerekli iyileştirmelerin yapılmasının gerekip gerekmediğine karar verebilir.

Tablo 4-9: Faaliyet Maliyetlerinin Maliyet Objelerine Dağıtılması

Maliyet Merkezi	İmalat Katı	Emaye Bölümü	Depolama	Yönetim Ofis	Toplam
A	14.302,20 TL	29.654,27 TL	258,67 TL	1.307,81 TL	45.522,95 TL
B	23.360,26 TL	48.435,31 TL	2.586,67 TL	13.078,14 TL	87.460,38 TL
C	19.069,60 TL	39.539,03 TL	1.034,67 TL	5.231,26 TL	64.874,55 TL
D	14.540,57 TL	30.148,51 TL	388,00 TL	1.961,72 TL	47.038,80 TL
E	28.604,40 TL	59.308,54 TL	388,00 TL	1.961,72 TL	90.262,66 TL
F	11.918,50 TL	24.711,89 TL	388,00 TL	1.961,72 TL	38.980,11 TL
G	29.796,25 TL	61.779,73 TL	646,67 TL	3.269,54 TL	95.492,18 TL
H	10.726,65 TL	22.240,70 TL	776,00 TL	3.923,44 TL	37.666,80 TL
Toplam	<u>152.318,45 TL</u>	<u>315.817,97 TL</u>	<u>6.466,67 TL</u>	<u>32.695,35 TL</u>	<u>507.298,44 TL</u>

Faaliyet oranlarının hesaplanması ve maliyet merkezine tahsisinde kullanılan yöntem aşağıdaki gibidir.

Faaliyet Oranlarının Hesaplaması

$$\text{Faaliyet Oranı} = (\text{Makine Saati} / \text{Toplam Saat})$$

$$\text{Maliyet Merkezi} = \text{Faaliyet Oranı} \times \text{Toplam Depolama Maliyeti}$$

$$\text{İmalat ve Emaye Bölümü} = (\text{MS/TMS}) \times \text{FMH}$$

$$\text{FMH} = \text{Faaliyet Maliyet Havuzu}$$

$$\text{Yönetim Ofisi, Depolama Alanı} = (\text{H/TH}) \times \text{FMH}$$

$$\text{H} = \text{Hacim}$$

$$\text{TH} = \text{Toplam Hacim}$$

$$\text{FMH} = \text{Faaliyet Maliyet Havuzu}$$

4.5. Geleneksel Maliyetleme Yöntemi ile Karşılaştırılması

FTM'nin bu uygulamadaki etkisini göstermek için, FTM tahsisini, geleneksel maliyet tahsisi ile elde edilecek tüm masrafların maliyet tahsisleri ile karşılaştırılacaktır. Üretimde otomasyona dayalı bir süreç olmadığından makine saatleri aynı zamanda her bir maliyet merkezi için çalışma saatlerini vermektedir. Tablo 4-10'da yer alan işletmenin geleneksel yöntemle göre takip ettiği enerji maliyeti tahsisi, toplam enerji maliyetini çalışma saatlerine orantılı olarak dağıtılmasına dayanmaktadır.

Tablo 4-10: Geleneksel Yönteme Göre Firmanın Enerji Maliyet Tahsisi

Maliyet Merkezi	Toplam Makine Saatleri	Enerji Maliyetleri
A) Sac Kesim	12.769	47.633,66 TL
B) Presleme	25.538	77.801,64 TL
C) Puntalama	25.538	63.511,54 TL
D) Banyo	12.769	48.427,55 TL
E) Emaye Kaplama	25.538	95.267,31 TL
F) Fırınlama	10.641	39.694,71 TL
G) Dökümhane	51.077	99.236,78 TL
H) Montaj	9.577	35.725,24 TL
TOPLAM	173.448	507.298,44 TL

Bu iki yaklaşımdan elde edilen sonuçların karşılaştırması aşağıda Tablo 4-11’de gösterilmiştir.

Tablo 4-11: Maliyet Tahsisi Karşılaştırma Sonuçları

Maliyet Merkezi	Geleneksel Maliyetleme	Faaliyet Tabanlı Maliyetleme	FTM ile Arasındaki %'lik fark
A)	47.633,66 TL	45.522,95 TL	% 4,64
B)	77.801,64 TL	87.460,38 TL	- % 11,04
C)	63.511,54 TL	64.874,55 TL	- % 2,10
D)	48.427,55 TL	47.038,80 TL	% 2,95
E)	95.267,31 TL	90.262,66 TL	% 5,54
F)	39.694,71 TL	38.980,11 TL	% 1,83
G)	99.236,78 TL	95.492,18 TL	% 3,92
H)	35.725,24 TL	37.666,80 TL	- % 5,15

Bu örnekte elde edilen nihai maliyet sonuçları, iki yöntem arasında, geleneksel yönteme kıyasla, FTM yöntemi için eksi yüzde on bir ila artı yüzde beş arasında değişen hatalarla farklılık göstermektedir. Bu geleneksel maliyetleme yönteminin önemli bir maliyet bozulması oluşturduğunu gösterecek kadar büyük bir farktır. Uygulama örneğinde çok sayıda farklı ürün bulunmasından dolayı enerji maliyetlerinin dağıtımları maliyet merkezlerine göre yapılmıştır. Üç ila altı bireysel ürüne sahip bir şirkette bu analizin yapılması sonucu maliyet bozulması daha önemli seviyelerde olabilir.

Faaliyet tabanlı maliyetleme yöntemiyle elde ettiğimiz ayrıntılı maliyet verileri ve işletmenin alan kullanım bilgilerini kullanarak hesaplanan endeks ölçümleri ile işletmenin enerji performansını ortaya konulacak ve sonuçları değerlendirilecektir. İşletmelerin enerji performansı kıyaslaması bir kuruluşun enerji yönetim stratejisinin temel bir ögesidir çünkü ölçüm ve kıyaslanmanın yapılmadığı bir girdinin yönetimi yetersiz olacaktır. Bu konuda faaliyet tabanlı maliyetlemeden elde ettiğimiz birim başına enerji maliyet verileri de kullanılacaktır.

4.6. Enerji Performansı Ölçümleri

İşletmeler mevcut enerji yapısını karşılaştırmak için bir dayanak noktası oluşturmak ve bu bilgileri dikkate alarak karar alma süreçlerinde kullanmak amacıyla çeşitli enerji performans ölçülerini kullanırlar. Uygulama işletmesi için bu enerji performans ölçümleri arasında en yaygın kullanılan Enerji Kullanım Endeksi, Enerji Maliyet Endeksi ve Tek Seferde Verimlilik Ölçümü analizleri yapılacaktır.

4.6.1. Enerji Kullanım Endeksi (Energy Utilization Index, EUI)

Bu enerji performansı kriteri yıllık olarak kullanılan alanın metrekare başına kullandığı enerjinin (Btu cinsinden) bir ifadesidir. Esasen, EUI bir binanın enerji kullanımını büyüklüğünün veya diğer özelliklerinin bir fonksiyonu olarak ifade etmektedir. EUI'yi hesaplamak için, tesiste kullanılan tüm enerjinin tanımlanması, toplam Btu içeriğinin ortaya konulması ve belirlenen alanın toplam metrekare büyüklüğünün belirlenmesi gerekir. EUI daha sonra tüketilen toplam Btu'nun toplam alanın metrekare seviyesine oranı olarak hesaplanacaktır.

Soba işletmesi 11.400 m² kapalı alan ve 44.000 m² açık alan üzerine kurulmuş bir işletmedir. Uygulamamızda açık alan dikkate alınmayacaktır. 2017 yılı için 1.398.884,76 kWh elektrik enerjisi ve 171.480 kg (7000 kcal/kg) linyit kömürü kullanılmıştır.

Btu Cinsinden Çeviri Oranları

Elektrik 3412 Btu/kWh

Kömür 3,9653 Btu/Kcal

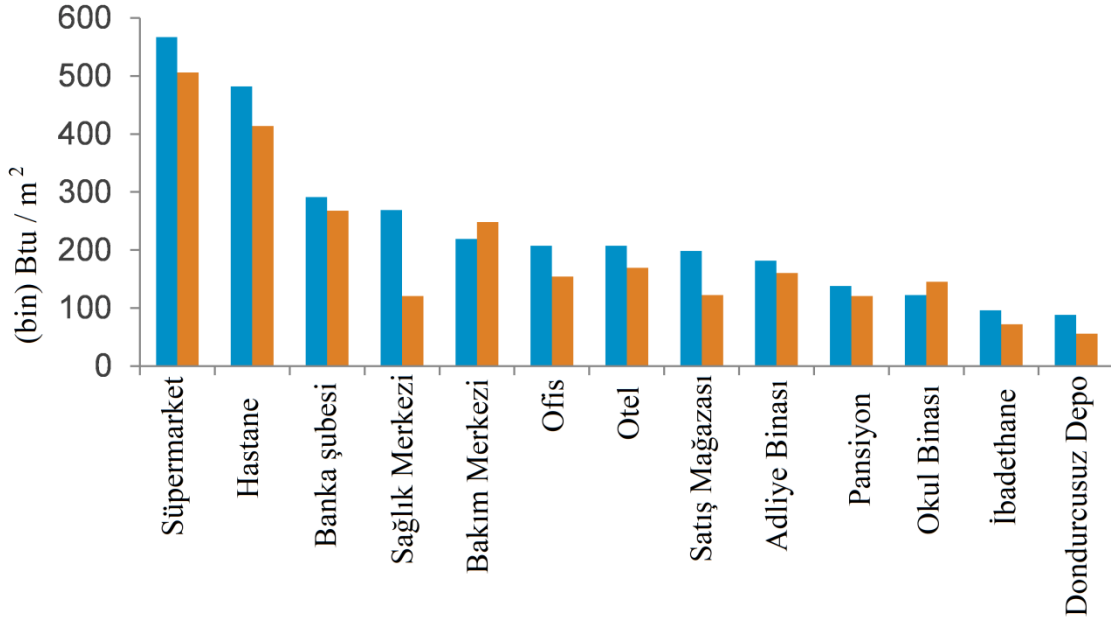
$$\begin{aligned} \text{Toplam Enerji Kullanımı} &= (1.398.884,76 \text{ kWh}) \times (3412 \text{ Btu/kWh}) \\ &+ (171.480 \text{ kg}) \times (7000 \text{ Kcal}) \times (3,9653 \text{ Btu/Kcal}) \\ &= 9.532.782.309,12 \text{ Btu/yıl} \end{aligned}$$

Toplam kullanılan enerjiyi 11.400 m²'ye böldüğümüzde, bu bize EUI'yi verecektir.

$$\begin{aligned} \text{EUI} &= (9.532.782.309,12 \text{ Btu/yıl}) / (11.400 \text{ m}^2) \\ &= 836.208,97 \text{ Btu/m}^2/\text{yıl} \end{aligned}$$

İşletmenin enerji kullanım endeksi 836.208,97 Btu/m²/yıl olarak bulunmuştur. Aşağıda örnek olması açısından farklı ülkelerde diğer bazı faaliyet alanlarının enerji kullanım endeksleri yer almaktadır.

Şekil 4-5: Bazı Enerji Kullanım Endeksi Oranları



Kaynak: www.energystar.gov

Bu istatistiki verilerin daha anlamlı hale gelmesi için sektörde faaliyet gösteren diğer firmalar ile veya geçmiş yıllardaki veriler ile karşılaştırılması gerekmektedir. Bu karşılaştırma verileri için aynı sektörde yer alan işletmelerin performans ölçümleri daha yaygın hale gelmelidir. Örnek olması açısından, yukarıdaki tabloda ortalama 550.000 Btu tüketimi olan bir süpermarket işletmesinin enerji kullanım endeksi ile karşılaştırıldığında katı yakıtlı çalışan soba üretim işletmesinin 836.000 Btu'luk enerji tüketiminin normal seviyelerde olduğu söylenebilir. Bu noktada enerji performans endeksi istatistiki verilerinin toplanması ve paylaşımı yaygınlaştıkça işletmelerin enerji tüketimlerinde maliyet artırıcı etkileri azaltmak için daha sağlıklı veriler ortaya konulabilecektir. Analiz sonuçları çalışan görüşmeleri ile geri bildirim sisteminde, basit değerlendirmelerde veya tesis yollarında tanımlanan iyileştirme potansiyellerinin doğrudan hedeflenmesiyle desteklenebilir. Bu potansiyeller hesaplanan enerji verileriyle yinelenabilir.

Enerji kullanım endeksleri daha ayrıntılı bir çalışma ile işletmenin birimleri içinde de yapılabilir. Bu performans ölçüleri işletmede uygulanan enerji yönetim programının değerlendirilmesi hakkında sağlayacağı bilgiler rekabet avantajı sağlayabilir. Yukarıda FTM modeli analizimizde elde edilen maliyet bilgilerine göre işletmenin değişik birimlerine ait enerji kullanım endeksleri aşağıda verilmiştir.

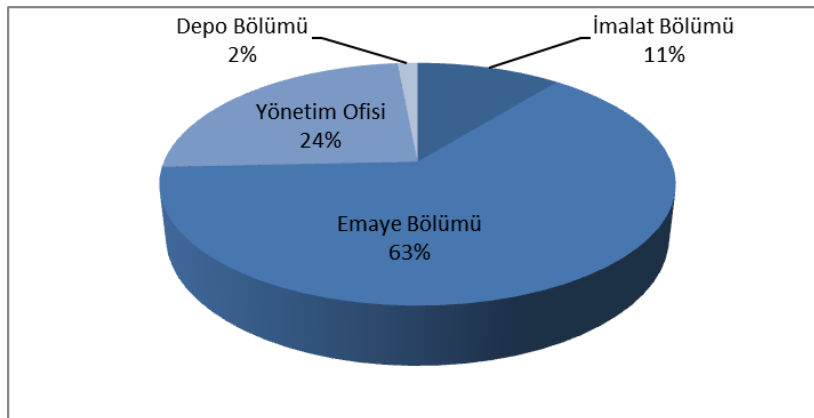
Tablo 4-12: İşletme Birimlerinin Enerji Kullanım Endeksi

Faaliyet Alanları	Yüz Ölçümler m ²	Kömür (Kg)	Elektrik (kWh)	ECU (Btu/m ² /yıl)
İmalat Bölümü	5659	56169	409203,19	522.228,28
Emaye Bölümü	1836	91250	906633	3.064.415,67
Yönetim Ofisi	610	16037	78658,57	1.169.710,89
Depo Bölümü	3295	8024	4390	72.140,11
Toplam	11.400	171.480	1.398.884,76	836.208,97

$$ECU = ((\text{Kömür Kg} \times 7000 \times 3,9653) + (\text{Elektrik kWh} \times 3412)) / \text{Yüzölçüm}$$

Tablo üzerindeki işletme birimlerinin metrekare başına kaç Btu'luk bir enerji tüketimine sahip olduğu verisinin daha iyi anlaşılabilmesi için yüzdesel olarak aşağıdaki şekilde görselleştirilmiştir.

Şekil 4-6: İşletme Birimlerinin Btu Cinsinden Yıllık Enerji Tüketimleri



Birimlerin alanları ve faaliyetler göz önüne alındığında 1836 metrekarelik bir alana sahip olan emaye bölümünde metrekare başına 3.064.415,67 Btu enerji tüketimi ile toplam enerji %63'ünü tüketen en yüksek sarfiyatın olduğu birimdir. Bunun nedeni katı yakıtla çalışan soba üretim işletmelerinde emaye kaplama işlemi için yüksek

değerlerde sıcaklığa sahip olması gereken tünel fırınların kullanılmasıdır. İşletmede elektrik enerjisi ile çalışan bu fırın doğalgaz kullanımı ile enerji maliyetlerinde %30'lara varan bir tasarruf sağladığı belirtilmektedir. Bu birimde sağlanacak tasarruf, kıt ve değerli enerji kaynaklarının akılcı kullanımı ile çevre kirliliğinin azaltılmasına ve sürdürülebilir kalkınmaya katkı sağlayacaktır.

4.6.2. Enerji Maliyeti Endeksi (Energy Cost Index, ECI)

Bir başka faydalı performans endeksi ise Enerji Maliyet Endeksi veya ECI'dir. Bu, yıllık olarak belirlenen alanın her bir metrekaresi için kullanılan enerji dolaşım maliyetinin bir ifadesidir. ECI'yi hesaplamak için, tesiste kullanılan enerjinin tamamı tanımlanmalı, bu enerjinin toplam maliyeti ve belirlenen alanın toplam metrekaresi belirlenmelidir. ECI, daha sonra, bir tesisin toplam yıllık enerji maliyetinin, tesisin taban alanı toplam metrekare sayısına oranı olarak bulunur.

Uygulama işletmemizde 2017 yılı için 395.623,44 TL elektrik enerjisi ve 111.675,00 TL kömür enerjisi için maliyet verileri üzerinden enerji maliyet endeksi aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$\begin{aligned} \text{Toplam Enerji Maliyeti} &= (395.623,44 \text{ TL}) + (111.675,00 \text{ TL}) \\ &= 507.298,44 \text{ TL/yıl} \end{aligned}$$

Toplam enerji maliyetini 11.400 m²'ye böldüğümüzde, bu bize ECI'yi verecektir.

$$\begin{aligned} \text{ECI} &= (507.298,44 \text{ TL/yıl}) / (11.400 \text{ m}^2) \\ &= 44,50 \text{ TL/m}^2/\text{yıl} \end{aligned}$$

Bu işletmede 1 metrekare alan için yıllık tüketilen enerjinin maliyeti 44,50 TL olmuştur. Bazı gelişmiş ülkelerde ortalama bir binanın yıllık enerji tüketim maliyetleri verilmektedir. Enerji maliyet endeksi yine aynı sektördeki diğer işletmelerle ve tesisteki tüketimin yıldan yıla takibi için geçmiş yıllardaki veriler ile karşılaştırılmalıdır. Buralarda ortaya çıkan önemli farklılıklar dikkate alınmalı ve nedeni araştırılmalıdır. Enerji fiyatlarındaki dalgalanmaların yüksek olduğu ortamlarda izleme trendleri açısından sağlıklı bir karşılaştırma sunmaması bu yöntemin

dezavantajlarından biridir. Enerji kullanım endeksinde olduğu gibi bu performans göstergesi yine işletmenin diğer birimlerindeki maliyetin hesaplanması için tablo 4-13'te verilmiştir.

Tablo 4-13: İşletme Birimlerinin Enerji Maliyet Endeksi

Faaliyet Alanları	Yüz Ölçümler	Maliyetler	ECI
İmalat Bölümü	5659	152.318,45 TL	26,92 TL
Emaye Bölümü	1836	315.817,97 TL	172,01 TL
Yönetim Ofisi	610	32.695,35 TL	53,60 TL
Depo Bölümü	3295	6.466,67 TL	1,96 TL
GENEL	11400	507.298,44 TL	44,50 TL

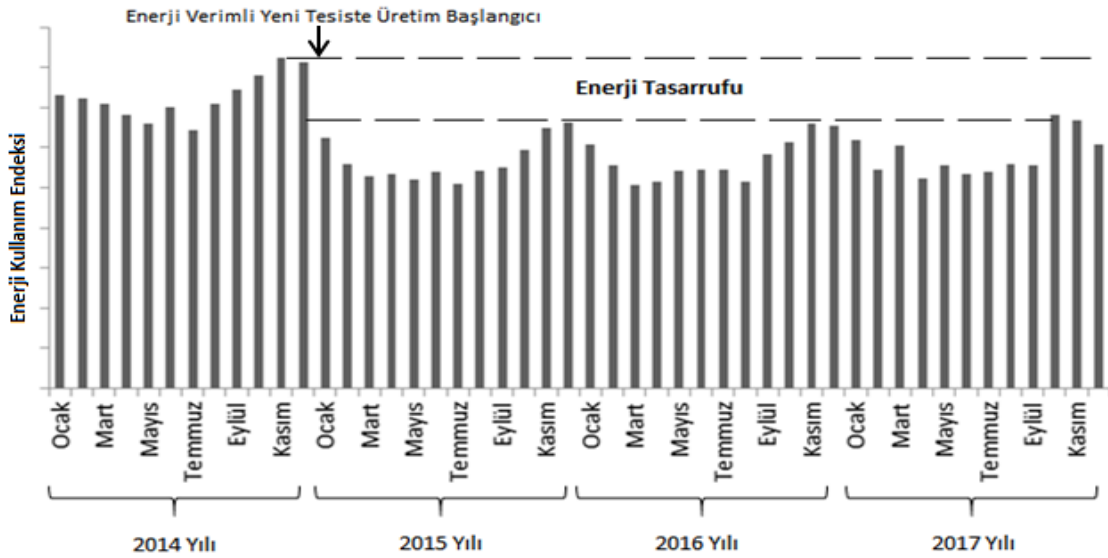
Analize göre işletmenin enerji açısından en maliyetli ikinci birimi metrekaşe başına 53,60 TL harcayan yönetim ofisi bölümü olmuştur. Bunun nedenleri arasında yönetim ofisinin yüz ölçümü ve çalışan personel sayısı ile birlikte şirketin kapalı olduğu zamanlarda, yani gece ve hafta sonları şirket çalışanların düzenli olarak elektrikli ekipmanı kapatmayı unutması ve LED ışıklarının az kullanılıyor olması gibi sebepler yer almaktadır. Önlem olarak nadiren kullanılan alanlarda sensörlü aydınlatma kullanımı ve mesai sonu ofislerdeki elektrikle çalışan ekipmanların kontrolü yer alabilir. Depo bölümü ise en düşük enerji tüketiminin olduğu alan olarak hesaplanmıştır ki bu soğutulmanın kullanılmadığı birçok depo alanı için tipiktir.

4.6.3. Tek Seferde Verimlilik Ölçümü (One-Shot Productivity Measures)

Tek seferde verimlilik ölçümü enerji kullanım endeksinden yaralanarak seyrinin zaman içinde belirlenmesi ve eğilimlerin kaydedilmesidir. Bu ölçüm genellikle enerji yönetimi faaliyetlerini doğrulamak veya en azından etkilerini göstermek için kullanılır. Firma 2014 yılı itibariyle eski bulunduğu yerden ayrılarak organize sanayi bölgesine geçmiş ve yöneticiler yeni bir tesis inşa aşamasında aktif rol üstlenmişlerdir.

Eski fabrikanın enerji kayıplarını tecrübe eden yönetim, yeni tesisi mümkün olduğunca enerji verimli inşa edilmesine özen göstermişlerdir. Bunlar arasında çatı gün ışığı aydınlatma sistemi, mantolama ile yüksek seviyede yalıtım, düşük tüketimli aydınlatma lambaları ve soğutma sistemleri gibi tedbirler yer almaktadır.

Şekil 4-7: İşletmenin Dört Yıllık Enerji Kullanım Endeksi



Grafikten görüleceği üzere işletme yeni tesis sayesinde büyük bir enerji tasarrufu elde etmiştir. Ancak sonra ki yıllarda enerji kullanım oranları hemen hemen aynı seviyelerde gerçekleşmiştir. Enerji yönetiminde devamlılık ve sürekli iyileştirme gereklidir. Bu açıdan işletme bir enerji yöneticisi istihdam etmesi enerji programındaki kararlılığı göstermek açısından uygun görülmektedir.

Buraya kadar farklı şekillerde organize edilebileceği belirtilen bir enerji muhasebesi programının enerji kullanımı izleme, enerji kullanım kaydı ve performans ölçümü aşamaları üzerinde durulmuştur. Bir sonraki aşama olan enerji verilerinin analizi ve raporlanması bulguların derlenip sonuç kısmında yorumlanmasıyla tamamlanacaktır. Bu sayede şirketin eksikliklerinin tespit etmesine, alternatif uygulamaları değerlendirmesine ve enerji tüketiminin azaltılması için karar alma sürecine katkı sağlar. Enerji kullanım hedeflerini belirlenmesi, projelerin önceliklendirilmesi, program amaç ve başarılarını değerlendirilmesini içeren programın son aşaması devam eden bir süreç olarak tekrarlanması, programın başarısında önemli rol oynar.

4.7. Araştırmanın Bulguları

İşletmenin enerji tüketimi faaliyet tabanlı maliyetleme yöntemi ile her bir maliyet merkezi için ayrıntılı olarak incelenmiştir. Uygulamadaki etkisini göstermek için FTM yöntemine göre yapılan maliyet dağıtımı, geleneksel maliyet yöntemi ile karşılaştırılmış ve çeşitli enerji performans göstergeleri hesaplanmıştır. Araştırmamız sonucu aşağıdaki bulgulara ulaşılmıştır.

- FTM yöntemi ile elde edilen maliyet verileri geleneksel yöntemle kıyasla eksi yüzde on bir ila artı yüzde beş oranlarında değişen hatalarla büyük ölçüde farklılık göstermektedir.
- FTM analizimiz sonucu dökümhane bölümünde üretim hacminin düşük olmasına rağmen enerji maliyetinin diğer birimlere oranla yüksek olduğu tespit edilmiştir.
- İşletmenin enerji kullanım endeksi 2017 yılı için 836.208,97 Btu/m²/yıl ve enerji maliyet endeksi 44,50 TL/m²/yıl olarak bulunmuştur.
- Birimlerin alanları ve faaliyetler göz önüne alınarak hesaplanan enerji kullanım endeksine göre 1836 metrekairelik bir alana sahip olan emaye bölümü toplam enerjinin %63'ünü tüketerek en yüksek sarfiyatın olduğu birim olmuştur.
- Enerji maliyet endeksi analizine göre işletmenin enerji açısından en maliyetli ikinci birimi metrekaire başına 53,60 TL harcayan yönetim ofisi birimi olmuştur.
- İşletme yeniden tesisleşme aşamasında her ne kadar enerji verimli teknolojileri benimsemiş olsa da, enerji yönetiminde esas olan süreklilik ve devamlılık ilkesi ihmal edilmiştir.

Bu bulgular sonuç ve öneriler kısmında ayrıntılı olarak değerlendirilecektir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

İnsanlığın varoluşundan itibaren kullanılmaya başlanan enerji günümüzde stratejik potansiyeli itibariyle büyük önem arz etmektedir. Gittikçe artan enerji talebini karşılamak için kullanılan fosil kaynakların sınırlı olması ve çevreye olan olumsuz etkisi, insanları verimli enerji tüketimine, yenilenebilir enerjiye ve enerji yönetim sistemlerine yöneltmiştir.

Önümüzdeki yirmi beş yıl içinde dünya ekonomisinin ihtiyaçlarını karşılayacak enerji arzı düşük yatırım, çevresel felaket veya ani arz kesintilerinden kaynaklanabilecek arızalara karşı çok savunmasız kalacaktır. Günümüzde enerji kaynakları bakımından zengin olan ülkeler için dahi enerji verimliliği ve yönetimi ana gündem maddelerinin başında gelmektedir. Enerji güvenliği için alınacak tedbirlerin başında enerji sağlama şekillerini çeşitlendirmek, verimli enerji tüketimine yönelmek ve enerji yönetim sistemlerinde etkinliği artırılması yer almaktadır.

Enerji yönetimi, geçmişten günümüze giderek artan ciddi enerji sorunlarına hitap etmek ve kıt ve değerli enerji kaynaklarının tüketimini, maliyetini ve çevresel etkilerini azaltmak için hayati öneme sahip bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır. Enerji kullanımının verimliliği, kurumların para tasarrufu sağlamasının yanı sıra kaynakların korunmasına da yardımcı olur, bu aynı zamanda doğal kaynakların zarar görmesini önlemeye yardımcı olan bir faktördür. Enerji yönetimi çevremizin üzerindeki ağır yükü azaltmaya yardımcı olur ve bize yeni enerji kaynakları geliştirmemiz için ihtiyacımız olan zamanı sağlar. Sonuç olarak enerji yönetiminden elde edilen enerji tasarrufu da sürdürülebilirliğin temel taşlarından biri olarak, kıt ve değerli kaynakların daha az tüketilmesine hizmet edeceği açıktır.

İnsanlık daha iyi bir dünya yaratmak için ihtiyacı olan kapasite, yaratıcılık, teknolojiler ve kaynaklara sahiptir. Bununla birlikte, uygun kurumların, koordinasyon görevlerinin, siyasi istek ve yönetim yapılarının bulunmaması bu görevi zorlaştırmaktadır. Bunu gerçekleştirmenin bir yolu olarak küresel olarak tanımlanmış sürdürülebilirlik kriterleri içinde enerji yönetim sistemleri geliştirmek ve uygulamak bir zorunluluk olarak görülmektedir. Gelecekte enerjiyi sürdürülebilir bir şekilde

sağlamak için işletmelerin üzerine düşen görev, uzun vadeli planlamalar yaparak modern analiz ve yönetim modelleri ile kendi enerji verimliliklerini sağlamaktır.

Etkin bir enerji yönetimi programı, yönetim taahhüdü ile başlamalıdır. Bir sonraki adım, müteakip eylemler için bir plan geliştirmektir. Tarihi enerji tüketim kalıplarının gözden geçirilmesi, enerji denetimleri ve daha ileri mühendislik çalışmaları analizinin temelini oluşturur. Programın başında, olası enerji yönetimi projelerini değerlendirmek için uygun kriterler oluşturulmalıdır. Eğitim, kişisel bilinçlendirme ve bilgi programları hayati önem taşımaktadır. Herhangi bir programın başarısı, teknoloji üzerinde olduğu kadar çalışanların motivasyonuna da bağlıdır.

Enerji tüketiminden kaynaklanan finansal ve ekolojik sonuçlar sistematik olarak gözden geçirilmeli analiz edilmeli ve iyileştirici stratejiler belirlenmelidir. Ancak elimizdeki verilerden yola çıkarak geldiğimiz noktada bu bakış açısının büyük ölçüde göz ardı edildiği görülmektedir. Aslında bu konunun önemi yakın geçmişte enerji maliyeti üzerine yapılan araştırmalarda vurgulanmış olsa da enerji israfını, tüketimin maliyetini ve enerji verimliliği boşluğunun sonuçlarını açık ve görülebilir kılan muhasebe tekniklerini içeren çalışmalar çok sınırlı kalmıştır.

Artan küreselleşme ve dış kaynak kullanımı nedeniyle üretim tesislerinin son derece rekabetçi olması gerekmektedir. Pazar lideri olmanın bir yolu, ürün maliyetlerini azaltmak ve böylece finansal verimliliği artırmaktır. Enerji, işletme maliyetlerini düşürmede kilit faktörlerden biridir. Geleneksel rolleri karar vericilere ihtiyaç duydukları verileri sağlamak olan muhasebecilerin, profesyonel yükümlülükleri gereği enerji muhasebesine dahil olmaları kaçınılmazdır. Buna bağlı olarak enerji yönetimi açısından muhasebe bilgi sisteminin sağlayacağı bilgiler karar verme sürecinde önemli rol oynamaktadır. Özellikle, yönetim veya maliyet muhasebesi bu kapsamda enerjiyi geleneksel maliyetleme sisteminden farklı olarak daha detaylı ele almayı sağlayacak bazı sistemler sunmaktadır. Bir kuruluşun enerji tüketimini en uygun hale getirmek için enerji tüketimini artıran bireysel değişkenlerin rolü sadece nitelik değil aynı zamanda nicelik olarak da bilinmelidir. Yani en uygun yapıya kavuşturmak için her oyuncunun etki faktörü ölçülmelidir. Bu amaçla maliyet

muhasabesinin yeni kavramlarından biri olan FTM modeli bu önemli girdinin yönetilmesi mümkün kılmakta ve karar vericilere önemli bilgiler sunmaktadır.

Katı yakıtla çalışan soba üretimi işletmesinde yaptığımız enerji denetimi sonucu eski fabrikanın enerji kayıplarını tecrübe eden yönetim, yeni tesisi mümkün olduğunca enerji verimli inşa edilmesine özen göstermiştir. Bunlar arasında çatı gün ışığı aydınlatma sistemi, mantolama ile yüksek seviyede yalıtım, düşük tüketimli aydınlatma lambaları ve soğutma sistemleri gibi tedbirler yer almaktadır. Bu tedbirler aydınlatma, ısıtma ve soğutma gibi enerji tüketiminin fazla olabileceği alanlarda yüksek oranda enerji tasarrufu sağladığı görülmüştür.

Diğer taraftan enerji maliyetlerinin FTM yöntemine göre analizi sonucu elde ettiğimiz maliyet verileri, geleneksel yöntemle kıyasla daha doğru ve ayrıntılı bilgiler sağlamıştır. Çalışmamız sonucu bu ayrıntılı enerji maliyet verilerinin;

- Bir ürün veya hizmet elde etmek için kullanılan kaynaklar arasında enerjinin payı ve maliyetine etkisini belirlemeye
- Yüksek enerji tüketimi olan maliyet merkezlerini tespit etmeye
- Doğru ürün fiyatlandırmasını ile rekabet avantajı sağlamaya
- Enerji faturalarındaki hataları tespit etmeye
- Belirli bir ürünün her üretim birimi için enerji maliyeti tespit etmeye
- Enerji maliyetlerini azaltan yeni süreçleri doğuracak daha kolay bir yöntemle sahip olmaya
- Daha fazla enerji verimli makinenin ek maliyetini ön görebilmeye
- Enerji muhasebesi verilerinin kontrol edilmesi ile stratejik operasyonlara odaklanma özgürlüğü sağlamasına
- Mevcut enerji yapısını geçmiş yılların verileri ve sektördeki diğer firmaların durumu ile karşılaştırmaya
- Kıt ve değerli enerji kaynaklarının akılcı kullanımı ile çevre kirliliğinin azaltılmasına ve sürdürülebilir kalkınmaya katkı sağlayacağı görülmüştür.

Enerji muhasebesi bir işletmede tüketilen enerji miktarı ve fiyat akışını izleme, kaydetme ve raporlama esasına dayanır. Bu amaçla analizimizin son bölümünde

işletmenin mevcut enerji yapısını geçmiş yılların verileri ve sektördeki diğer firmaların durumu ile karşılaştırmak için bir dayanak noktası oluşturmak amacıyla çeşitli enerji performans ölçümleri yapılmıştır. Yüksek rekabet ortamında faaliyete devam edebilmek için işletmeler maliyet unsurlarının durumu sürekli olarak değerlendirmeye tabi tutulmaları ve sapmaların nedenlerini araştırmaları gereklidir. Bu sayede enerji verimliliğinin yeterli olmadığı birimler için iyileştirme çalışmaları hakkında karar vericilere düzenli bir bilgi akışı sağlanmaktadır. Burada, enerji verimliliğine yatırım yapılacak bütçenin, işletmenin diğer önemli ticari hedefleriyle öncelikli olarak rekabet etmesi gerektiğini belirtmemiz gerekir. Dolayısıyla yöneticilerin öncelikleri arasında enerji verimli yatırımlar ilk sıralarda yer almasa dahi enerji performans göstergeleri bu kritik girdi hakkında yüksek seviyede bir bilinç oluşturmaya hizmet edeceği açıktır. Sürekli iyileştirmeyi kendilerine ilke edinen işletmeler için bu ölçümlerin yıllar içinde uygulanmaya devam etmesi, analizleri daha olgunlaşmış ölçekler ışığında gerçekleştirmeleri bakımından önem arz etmektedir. Diğer taraftan, ihtiyaç duyulan enerji performans endeksi istatistiki verilerinin toplanması ve paylaşımı yaygınlaştıkça işletmelerin enerji tüketimlerinde maliyet artırıcı etkileri azaltmak için daha sağlıklı veriler ortaya konulabilecektir. Bununla birlikte, hiçbir muhasebe sistemi tüm enerji sorunları ile başa çıkmakta tek başına yeterli değildir ve herhangi bir sistem yalnızca ölçüm ve raporlama sistemleri izin verdiği ölçüde doğrudur.

Araştırmamız sonucunda ayrıntılı maliyet verileri sağlayan faaliyet tabanlı maliyetleme modeli ve çeşitli karşılaştırmalara imkan verecek enerji performansı endeks analizlerinin geliştirilerek süreklilik içinde uygulanması önerilmektedir. Bunun yanında elde ettiğimiz bulgular ışığında enerji tasarrufu sağlamaya, enerji kayıplarını en aza indirmeye ve genel olarak iyileştirmeye yönelik aşağıdaki tedbirlerin alınmasında fayda görülmektedir.

İşletmenin enerji tüketimi faaliyet tabanlı maliyetleme yöntemi ile her bir maliyet merkezi için ayrıntılı olarak incelenmiştir. Uygulamadaki etkisini göstermek için FTM yöntemine göre yapılan maliyet dağıtımı, geleneksel maliyet yöntemi ile karşılaştırılmıştır. FTM yöntemi ile elde edilen maliyet verileri geleneksel yöntemle kıyasla eksi yüzde on bir ila artı yüzde beş oranlarında değişen hatalarla büyük ölçüde farklılık göstermektedir. Bu geleneksel maliyetleme yönteminin önemli bir maliyet

bozulması oluşturduğunu gösterecek kadar büyük bir farktır. Diğer taraftan uygulama örneğinde çok sayıda farklı ürün bulunduğundan analizimizde iki ürünü kullanarak bireysel ürün maliyetini elde etme yöntemi kullanılmamıştır. Üç ila altı bireysel ürüne sahip bir şirkette bu analizin yapılması sonucu maliyet bozulması daha önemli seviyelerde olabilir. Finansal verilerin yanlış olduğu bir işletmede doğru kararlar vermek imkansızdır. İşletmeler için kritik bir girdi olan enerji maliyetlerinin FTM modeli ile analizi gerçek maliyet verileri üzerinden doğru kararlar almalarına, enerji tüketimine neden olan faktörlerin belirlenmesine, enerjiyi akılcı ve verimli kullanmalarına, rekabetçi pozisyonlarını iyileştirmelerine ve karlılığa önemli derecede katkı sağlar.

FTM analizimiz sonucu dökümhane bölümünde üretim hacminin düşük olmasına rağmen enerji maliyetinin diğer birimlere oranla yüksek olduğu tespit edilmiştir. Üretim hacmi 354.935 olan bu merkezde FTM yöntemine göre enerji maliyeti 95.492,18 TL olarak hesaplanmıştır. Dökümhane birimde yeni döküm makinesinin alınması suretiyle bu birimin modernizasyonu yönetim tarafından göz önünde bulundurulması halinde, dökümhane biriminde enerji verimliliği sağlanabilir. Bu da sonuç olarak üretim birimi başına yeni enerji maliyetlerini azaltmak ve daha fazla enerji verimli makinenin alınması ile ortaya çıkacak ek maliyeti ön görebilmek için kullanılabilir.

Enerji yönetimi ve muhasebesi kapsamında analizimizi biraz daha derinleştirerek çeşitli endeksler aracılığıyla enerji kullanımının durumu incelenmiştir. İşletmenin enerji kullanım endeksi 836.208,97 Btu/m²/yıl ve enerji maliyet endeksi 44,50 TL/m²/yıl olarak bulunmuştur. Aynı sektörde doğalgaz enerjisini kullanan diğer işletmelerin enerji maliyetlerinde %25 ile %30 arasında tasarruf sağladığı bilinmektedir. Hâlihazırda doğalgaz enerjisine erişimi mümkün olmayan işletmenin elektrik ihtiyacını karşılamak için alternatif enerji kaynaklarını değerlendirebilir. İşletmenin açık alanı, güneşli gün sayısı, yatırım maliyeti vs. gibi kriterleri değerlendirerek güneş enerjisi panelleri uygun bir yenilenebilir enerji yatırım projesi olabilir. Devlet tarafından sağlanan GES teşviklerinden de yararlanarak işletme ihtiyaç duyduğu enerjiye kesintisiz erişim sağlayabilir. Bu aynı zamanda sürdürülebilir enerji yönetimi açısından kaynakların korunması, çevresel etkilerinin azaltılması ve maliyet tasarrufu sağlanması anlamına gelmektedir.

Yapılan bir çalışmada yer alan bir süpermarketin enerji kullanım endeksi olan 550.000 Btu/m²/yıl ile karşılaştırıldığında işletme için hesaplanan EUİ'nin çok yüksek olmadığı söylenebilir. Enerji performansının içinde bulunduğu sektöre göre geride kalındığının tespit edilmesi durumunda işletmenin enerji verimli yatırımlara öncelik vermesi gerektiği sonucu ortaya çıkabilir. Bu verilerin sektördeki diğer işletmeler ve geçmiş yıl verileriyle karşılaştırılmasına olanak sağlaması, işletmenin enerji maliyet yapısının ne durumda olduğu hakkında bir farkındalık oluşturmaktadır. Bu noktada enerji performans endeksi istatistiki verilerinin toplanması ve paylaşımı yaygınlaştıkça işletmelerin enerji tüketimlerinde maliyet artırıcı etkileri azaltmak için daha sağlıklı veriler ortaya konulabilecektir. Bu noktada Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu veya ilgili otoritelerin daha aktif bir rol üstlenmesi enerji piyasasında ihtiyaç duyulan iletişimin sağlanması açısından önem arz etmektedir.

FTM modeli analizimizde elde edilen maliyet bilgilerine göre işletmenin değişik birimlerine ait enerji performansı endeksleri elde edilmiştir. Birimlerin alanları ve faaliyetler göz önüne alınarak hesaplanan enerji kullanım endeksine göre 1836 metrekarelik bir alana sahip olan emaye bölümü toplam enerjinin %63'ünü tüketerek en yüksek sarfiyatın olduğu birim olmuştur. Bunun nedeni katı yakıtla çalışan soba üretim işletmelerinde emaye kaplama işlemi için elektrik enerjisi ile çalışan yüksek değerlerde sıcaklığa sahip olması gereken tünel fırınların kullanılmasıdır. Bu yüksek tüketimin maliyetini azaltma noktasında elektrik dağıtım şirketleri ile yüksek enerji ihtiyacı olan işletmeler arasında enerji yükü azaltma sözleşmeleri yapılabilmektedir. Şirket operasyonlarının dağıtım şirketleri için yoğun zamanların dışında gerçekleşmesi ve karşılığında daha düşük bir oranda kullanılması esasına dayanır.

Enerji maliyet endeksi analizine göre işletmenin enerji açısından en maliyetli ikinci birimi metrekare başına 53,60 TL harcayan yönetim ofisi birimi olmuştur. Bunun nedenleri arasında yönetim ofisinin yüz ölçümü en düşük birim olması ve çalışan personel sayısı ile birlikte şirketin kapalı olduğu zamanlarda, yani gece ve hafta sonları şirket çalışanların düzenli olarak elektrikli ekipmanı kapatmayı unutmaması ve LED ışıklarının az kullanılıyor olması gibi sebepler yer almaktadır. Bu noktada tüm çalışanların enerji yönetimi programına ilgi ve bağlılık geliştirmeleri için gerekli farkındalığın sağlanmasına çalışılmalıdır. Diğer taraftan sanayide akıllı şebeke uygulaması enerji tüketim verilerini anlık toplayan, süreçlerle eşleştiren ve

gerektiğinde müdahale eden yeni bir otomasyon teknolojidir. İşletme bu noktada uzun vadeli sürdürülebilirliğe bir katkı olarak akıllı şebeke uygulamasını değerlendirebilir.

İşletme yeniden tesisleşme aşamasında her ne kadar enerji verimli teknolojileri benimsemiş olsa da, enerji yönetiminde esas olan süreklilik ve devamlılık ilkesi ihmal edilmiştir. Enerji yönetimi programını geliştirmek ve sürdürmek için programın koordinasyonundan sorumlu bir kişinin atanması (Enerji Yöneticisi) gereklidir. 'Özel' bir enerji yöneticisi istihdam etmenin personel maliyetine neden olabileceğinden orta ölçekli bu işletme için için üretim müdürü veya tesis yöneticisi, enerji ile ilgili faaliyetlerden sorumlu tutulabilir. Başarılı enerji yöneticileri, enerji yönetiminin kurumun finansal ve çevresel hedeflerine ulaşmasında önemli rol oynarlar.

Genel olarak elde edilen bulgular çerçevesinde, üretim süreçlerine ait enerji ile ilgili tüketim ve kayıplarını belirlenmesi ve analiz edilmesinde kullanılan FTM yöntemi ve endeks hesaplamaları gibi belirli muhasebe teknikleri, uygulamadaki anormalliklerin hızlı bir şekilde tespit edilmesine olanak sağladığı görülmektedir. Karar vericilere sunduğu bu veriler çerçevesinde enerji israflarını azaltmak, maliyetleri en aza indirerek karlılığı artırmak gibi ekonomik fırsatların yanında, enerji tüketiminden kaynaklanan çevresel sorunların azaltılmasına katkı sağlar. Böylelikle işletmeler enerji odaklı bakış açısı geliştirerek uzun dönemde rekabetçi pozisyonlarını iyileştirmeleri için etkin ve akılcı stratejiler geliştirebilirler.

Çalışmamızda yer alan literatür araştırması ile birlikte uygulamada yapılan enerji maliyet analizleri göstermiştir ki muhasebe bilgi sistemi, karar vericilerin ihtiyacı olan enerji verilerinin bütünlüğüne, karşılaştırılabilirliğine ve doğruluğuna katkı sağlayan önemli bir yönetim aracıdır. Özellikle çeşitli enerji yönetimi faaliyetlerin bir üretim işletmesinde uygulanması yoluyla verimliliğe enerji tüketimini yönetmeye yönelik öneriler sağlayarak enerji politikasına katkıda bulunmaya çalışılmıştır.

Araştırma kapsamında genel olarak uygulanması önerilen FTM sistemleri çok kullanışlı olsa da tüm şirketler tarafından kullanılması uygun olmayabilir. Yöntemin uygulama masrafları ve faaliyetlerin takibi çok pahalı olabilir. Bir şirket sistemden elde edilen bilgilerin uzun vadede sistemin uygulanması ve yönetilmesi maliyetinden daha fazla olduğu zaman bir FTM sistemini uygulamalıdır. Hızla gelişen teknolojiyle

birlikte karmaşık bir FTM sistemi uygulamak daha ekonomik hale gelmektedir. Sistem daha fazla uygulandıkça, şirketler dünya ekonomisinde daha verimli, karlı ve rekabetçi olacaktır.

Sanayilerde enerji yönetim sistemlerini uygulamak ve finanse etmek için destekleyici politikalarla birlikte ileriye yönelik düşünmek ve sürekli yatırım yapmayı gerektiren kurumsal mekanizmalar gereklidir. Bu koşullarda bazı kurumsal firmalar yatırımlarını yapmaktadır ancak büyük bir enerji sistemi dönüşümü yaratmak için daha birçok şirket yenilikçi mekanizmalar yoluyla güçlendirilmeli ve bu sistemleri yaygın şekilde uygulamalıdır.

Çalışmada ele alınan enerji analizleri sonucu performans göstergelerine, ölçütlere ve verimlilik hedeflerine odaklanan enerji yönetimine yönelik organizasyonel planlama yapılması ve uzun vadeli stratejilerin belirlenmesi tavsiye edilmektedir. Aynı zamanda enerji yönetimi ve muhasebe sistemlerinin kullanımı ile çevre bilincini ve örgüt kültürünün gelişimine de katkı sağlanması beklenmektedir.

Bu çalışmanın sonuçları, uygulama işletmesi yöneticileri ve diğer katılımcılar ile paylaşılmış ve görüşleri istenmiştir. Genel olarak elde edilen bulgular ve önerilerin “yüksek seviyede bir enerji yönetimi perspektifi sağladığı” geri bildirim alınmıştır. Diğer taraftan bu çalışmanın literatürde yapılan benzer çalışmaların sonuçları ile tutarlılık içerisinde olması enerji muhasebesinin bu alanda sağlayacağı katkıyı teyit eder niteliktedir. Çalışmamızın, enerji muhasebesi alanında bireysel enerji yöneticilerinin yanı sıra politika yapıcılara sağladığı enerji yönetimi enstrümanlarıyla gelecekteki araştırmalara bir kaynak olması beklenmektedir.

KAYNAKÇA

- A.E.Eagles ve J.Claret. (1990). Energy accounting for smaller companies. (Editör: The Watt Committee), *Evaluation of Energy Use*. London: CRC Press.
- A.Melvin, J.W.Bryant, M.H.Cadman ve P.A.Hazzard. (1990). Concepts of energy analysis and energy accounting. (Editör: Watt Committee), *Evaluation of Energy Use*. London: CRC Press.
- Abdelaziz, E. A., Saidur, R. ve Mekhilef, S. (2011). A review on energy saving strategies in industrial sector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15 (1), 150-168.
- Adams, F. Gerard, Ichino, Yasukazu ve Prazmowski, Peter A. (2000). Economic Growth and Energy Import Requirements: An Energy Balance Model of Thailand. *Journal of Policy Modeling*, 22 (2), 219-254.
- Akkoyunlu, Atilla. (2006). *Türkiye’de Enerji Kaynakları ve Çevreye Etkileri*. Paper presented at the Türkiye’de Enerji ve Kalkınma, İstanbul.
- Al-Daraiseh, Ahmad, Shah, Nazaraf ve El-Qawasmeh, Eyas (2013). An Intelligent Energy Management System for Educational Buildings. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 9 (9), 1-13.
- Al-Homoud, Mohammad S. (2000). Total Productive Energy Management. *Energy Engineering*, 97 (5), 21-38.
- Al-Shemmeri, Tarik (2011). *Energy Audits : A Workbook for Energy Management in Buildings*. Somerset, UNITED KINGDOM: Wiley.
- Aldrich, Rob, Parello, John ve Aldrich, Robert (2010). *IP-Enabled Energy Management : A Proven Strategy for Administering Energy as a Service*. Hoboken, UNITED STATES: Wiley.
- Alemdaroğlu, Nusret (2007). *Enerji sektörünün geleceği alternatif enerji kaynakları ve Türkiye’nin önündeki fırsatlar* (Vol. 1. bs). İstanbul: Hiperlink.
- Alemdaroğlu, Nusret (2008). *Enerji sektörünün geleceği alternatif enerji kaynakları ve Türkiye’nin önündeki fırsatlar*. İstanbul: Hiperlink.
- Alfred, J. Hildreth ve Seog-Chan, Oh (2013). Decisions on Energy Demand Response Option Contracts in Smart Grids Based on Activity-Based Costing and Stochastic Programming. *Energies*, Vol 6, Iss 1, Pp 425-443 (2013)(1), 425.
- Alibasic, Haris. (2013). *The Impact of Applied Sustainable Energy Management on Local Governments*, (3605554 Ph.D.), Walden University, Ann Arbor.
- Alliance. (2017). Review of Energy Accounting Tools. http://www.ase.org/sites/ase.org/files/acct_software_review.pdf, Erişim Tarihi: 25/07/2017.
- Amann, Markus, Bertok, Imrich, Borcken-Kleefeld, Jens, Cofala, Janusz, Heyes, Chris, Höglund-Isaksson, Lena, . . . Winiwarter, Wilfried (2011). Cost-effective control of air quality and greenhouse gases in Europe: Modeling and policy applications. *Environmental Modelling & Software*, 26 (12), 1489-1501.
- American Society of Heating, Refrigerating ve Air-Conditioning Engineers, Inc. (2015). Energy Use and Management. (Editör: *2015 ASHRAE Handbook - Heating, Ventilating, and Air-Conditioning Applications (I-P Edition)*). American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.

- Anderson, Soren T. ve Newell, Richard G. (2004). Information programs for technology adoption: the case of energy-efficiency audits. *Resource and Energy Economics*, 26 (1), 27-50.
- Annett, Bierer ve Uwe, Götze (2012). Energy Cost Accounting: Conventional and Flow-oriented Approaches. *Journal of Competitiveness*, 4 (2).
- Ansheng, L. (2011, 20-21 Aug. 2011). *Activity-Based Costing (ABC) and Its Application in ERP*. Paper presented at the 2011 International Conference on Intelligence Science and Information Engineering.
- ANSI. (2018). A Management System for Energy: ANSI/ MSE 2000:2008. <https://webstore.ansi.org/>, Erişim Tarihi: 31.01.2018.
- Antunes, Pedro, Carreira, Paulo ve Mira da Silva, Miguel (2014). Towards an energy management maturity model. *Energy Policy*, 73, 803-814.
- ASHRAE (2015). *ASHRAE Handbook - Heating, Ventilating, and Air-Conditioning Applications (I-P Edition)*. Erişim Tarihi:
- Aslan, Özgür, Dinçer, Mithat Zeki ve Hiperlink (2008). *Sürdürülebilir kalkınma, yenilenebilir enerji kaynakları ve hidrojen enerjisi: Türkiye değerlendirmesi* (Vol. 1. bs). İstanbul: Hiperlink.
- Aspinall, Richard J., Giampietro, Mario, Ramos-Martin, Jesus ve Bukkens, Sandra G. F. (2014). *Resource Accounting for Sustainability Assessment*. London: Routledge.
- Atabey, N. Ata, Parlakkaya, Raif ve Alagöz, Ali (2014). *Genel Muhasebe* (4. Baskı). Konya: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Attwood, George K. ve Joens, Jeffrey A. (2013). Ozone Depletion and Ozone Holes. In: Salem Press.
- Aydin, Celil ve Esen, Ömer (2018). Does the level of energy intensity matter in the effect of energy consumption on the growth of transition economies? Evidence from dynamic panel threshold analysis. *Energy Economics*, 69, 185-195.
- Aydın, Levent (2014). *Enerji Ekonomisi ve Politikaları*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Aziz, Azlina Abd., Mustapha, Nik Hashim Nik ve Ismail, Roslina (2013). Factors Affecting Energy Demand in Developing Countries: A Dynamic Panel Analysis. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 3 (Special Issue).
- Balat, Mustafa (2010). Security of energy supply in Turkey: Challenges and solutions. *Energy Conversion and Management*, 51 (10), 1998-2011.
- Bartelmus, Peter. (2004). Green Accounting and Energy. (Editör: *Encyclopedia of Energy*. Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy, 43-56.
- Bayraç, H. Naci (2015). Küresel Enerji Politikaları Ve Türkiye: Petrol Ve Doğal Gaz Kaynakları Açısından Bir Karşılaştırma. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 10 (1), 323.
- Bayraç, H. Naci, Çelikay, Ferdi ve Çildir, Melih (2018). *Küreselleşme Sürecinde Sürdürülebilir Enerji Politikaları*. Bursa: Ekin Yayınevi.
- Beggs, Clive. (2002). 1 - Energy and the environment. (Editör: *Energy: Management, Supply and Conservation*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1-21.
- Berner, Elizabeth K. (2013). Acid Rain and Acid Deposition. In: Salem Press.
- Beucker, S., Bergesen, J. D. ve Gibon, T. (2016). Building Energy Management Systems: Global Potentials and Environmental Implications of Deployment. *Journal of Industrial Ecology*, 20 (2), 223-233.

- Bhattacharyya, Subhes C. (2011). *Energy Economics Concepts, Issues, Markets and Governance*. New York: Springer-Verlag London Limited.
- Bhattacharyya, Subhes C. ve Timilsina, Govinda R. (2010). A review of energy system models. *International Journal of Energy Sector Management*, 4 (4), 494-518.
- Bielinskis, Feliksas ve Burba, Algimantas (2000). Automated Energy Accounting and Analysis System for Industries Based on Human Skill. *IFAC Proceedings Volumes*, 33 (12), 261-263.
- Biyosferikcanlılığın devamı. (2018). Asit Yağmurları.
<https://biyosferdekicanligindevami.wordpress.com/2015/05/20/asit-yagmurlari/>, Erişim Tarihi: 09.02.2018.
- Bockermann, Andreas, Meyer, Bernd, Omann, Ines ve Spangenberg, Joachim H. (2005). Modelling sustainability. *Journal of Policy Modeling*, 27 (2), 189-210.
- Bollino, Carlo Andrea ve Polinori, Paolo. (2011). Chapter 6 - Sustainability: Will There Be the Will and the Means? A2 - Sioshansi, Fereidoon P. (Editör: *Energy, Sustainability and the Environment*. Boston: Butterworth-Heinemann, 137-164.
- Borenstein, Severin (2013). A Microeconomic Framework for Evaluating Energy Efficiency Rebound And Some Implications. *The Energy Journal*, 36 (1).
- Bosnich, Michael. (2017). The Rise of The Energy Accountant. (Editör: Tony Cooper), *The Outlook for Energy and Carbon Management*. Energetics Pty. Ltd.
- Bottcher, C. ve Muller, M. (2016). Insights on the impact of energy management systems on carbon and corporate performance. An empirical analysis with data from German automotive suppliers. *Journal of Cleaner Production*, 137, 1449-1457.
- Boyles, Jesse V (1979). Energy Accounting. *Management Accounting*, 60 (8).
- Bozkurt, İbrahim ve Karataş, Muharrem (2011). Türkiye'deki Yenilenebilir Enerji Sektörünün Muhasebe Sorunları. *Mali Çözüm*.
- British Petrol. (2017). *Statistical Review of World Energy*.
<https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review-2017/bp-statistical-review-of-world-energy-2017-full-report.pdf> Erişim Tarihi: 15.01.2018.
- Brown, Georgia. (2017, 22/04/2017). British power generation achieves first ever coal-free day. *The Guardian*. Retrieved from
<https://www.theguardian.com/environment/2017/apr/21/britain-set-for-first-coal-free-day-since-the-industrial-revolution>
- Brown, Michael L. (2007). Management Systems for Energy. (Editör: Barney L. Capehart), *Encyclopedia of Energy Engineering and Technology*. Boca Raton: CRC Press
- Bush, D. Victor (2003). The Changing Role of the Energy Manager. *Strategic Planning for Energy and the Environment*, 23 (2), 31-39.
- Büyükmirza, H. Kamil (2014). *Maliyet ve Yönetim Muhasebesi* (19. Baskı). Ankara: Gazi Kitabevi.
- Cagno, E., Worrell, E., Trianni, A. ve Pugliese, G. (2013). A novel approach for barriers to industrial energy efficiency. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 19, 290-308.

- Cagno, Enrico ve Trianni, Andrea (2013). Exploring drivers for energy efficiency within small- and medium-sized enterprises: First evidences from Italian manufacturing enterprises. *Applied Energy*, 104, 276-285.
- Cagno, Enrico, Trianni, Andrea, Abeelen, Christiaan, Worrell, Ernst ve Miggiano, Federica (2015). Barriers and drivers for energy efficiency: Different perspectives from an exploratory study in the Netherlands. *Energy Conversion and Management*, 102, 26-38.
- California Energy Commission (2000). *Energy Accounting: A Key Tool in Managing Energy Costs* (2nd Ed.). California: California Energy Commission.
- Capehart, Barney L., Turner, Wayne C. ve Kennedy, William J. (2003). *Guide to Energy Management*. Lilburn: Fairmont Press, Inc.
- Capehart, Barney L., Turner, Wayne C. ve Kennedy, William J. (2012). *Guide to Energy Management* (7. Baskı). Lilburn: Fairmont Press, Inc.
- Chong, Yih Tng, Teo, Kwong Meng ve Tang, Loon Ching (2016). A lifecycle-based sustainability indicator framework for waste-to-energy systems and a proposed metric of sustainability. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 56, 797-809.
- Cooper, Robin ve Kaplan, Robert S. (1988). How Cost Accounting Distorts Product Costs. *Management Accounting*, 69 (10), 20-27.
- Cornwall, Bonnie J. ve California Energy Extension Service, Sacramento (1984). *How to Organize and Communicate Your Energy Data. A Guide to Energy Accounting*.
- Crastan, Valentin (2014). *Global Energy Demand and 2-degree Target, Report 2014*. Cham: Springer International Publishing.
- Çağıl, Gülcan (2012). *Enerji sektörü finansmanı*. İstanbul: İstanbul.
- Çakal, Ender. (2006). *Tarım Makinaları İmalatında Enerji Yönetimi Üzerine Bir Araştırma*, (Yüksek Lisans YL), Trakya Üniversitesi, Trakya.
- Dahl, Carol (2009). Energy demand and supply elasticities. *Energy Policy*, 72.
- Dahl, Carol A. (2015). *International energy markets : understanding pricing, policies, and profits* (2nd. Baskı). Oklahoma: PennWell.
- Danish, Baloch, M. A. ve Suad, S. (2018). Modeling the impact of transport energy consumption on CO2 emission in Pakistan: Evidence from ARDL approach. *Environ Sci Pollut Res Int*.
- Datar, Srikant M. ve Rajan, Madhav V. (2017). *Horngren's Cost Accounting_ A Managerial Emphasis* (16. Baskı). Hoboken: Pearson.
- Davis, Charles E. ve Davis, Elizabeth (2013). *Managerial Accounting* (2. Baskı). Hoboken: Wiley.
- Dizkırıcı, Ahmet Selçuk. (2012). *Konutlarda Enerji Verimliliğinin Ölçümü için 5-Yıldızlı Derecelendirme Sistemi Ve Ekonometrik Uygulama*, (Doktora PhD), Sakarya Üniversitesi, Sakarya.
- Dogan, Bircan. (2010). *Enerji Tüketimi-Ekonomik Büyüme İlişkisi: Türkiye Örneği (1980 - 2008)*, (Yüksek Lisans YL), Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Doğan, Saime ve Çakıcı, Cemal (2016). Faaliyet Tabanlı Yönetim. *Kırklareli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 5 (2), 13-32.
- Domac, J., Richards, K. ve Risovic, S. (2005). Socio-economic drivers in implementing bioenergy projects. *Biomass and Bioenergy*, 28 (2), 97-106.

- Donohoo-Vallett, Paul. (2016). *Accounting Methodology for Source Energy of NonCombustible Renewable Electricity Generation*. U.S. Department of Energy,
<https://www.energy.gov/sites/prod/files/2016/10/f33/Source%20Energy%20Report%20-%20Final%20-%2010.21.16.pdf> Erişim Tarihi: 25/03/2018.
- Dukert, Joseph M (2009). *Energy*. Westport: Greenwood.
- Dury, Colin (2018). *Management and Cost Accounting* (10. Baskı). Hampshire: Cengage Learning.
- Düren, Michael (2017). *Understanding the Bigger Energy Picture: DESERTEC and Beyond*. Cham: Springer International Publishing.
- E.I.A. (2013). *World Energy Outlook*. Paris: International Energy Agency,
<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2013.pdf>
 Erişim Tarihi: 27.02.2018.
- E.I.A. (2016). *International Energy Outlook*. Washington: U.S. Energy Information Administration, <https://www.eia.gov/outlooks/ieo/> Erişim Tarihi: 18.01.2017.
- E.I.A. (2017a). *International Energy Outlook 2017*. Washington: U.S. Energy Information Administration, <https://www.eia.gov/outlooks/ieo/> Erişim Tarihi: 18.01.2017.
- E.I.A. (2017b). What is hydrogen?
https://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=hydrogen_home,
 Erişim Tarihi: 27.02.2018.
- E.I.A. (2018). *Monthly Energy Review*. Washington: U.S. Energy Information Administration, <https://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/pdf/mer.pdf>
 Erişim Tarihi: 27.02.2018.
- E.T.K.B. (2016). *Faaliyet Raporu*. Ankara: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı,
http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2f1%2fDocuments%2fFaaliyet%20Raporu%2fetkb_fr_ds_225x300mm_bask%C3%B0_d.pdf Erişim Tarihi: 29.01.2018.
- Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü. (t.y.). Enerji Yönetimi Prensipleri.
http://deneysan.com/Content/images/documents/ey-04_63702254.pdf, Erişim Tarihi: 16.03.2018.
- Emblemsvåg, Jan (2003). *Life-Cycle Costing: Using Activity-Based Costing and Monte Carlo Methods to Manage Future Costs and Risks*. Hoboken: John Wiley & Sons.
- Emblemsvåg, Jan (2016). *Reengineering Capitalism: From Industrial Revolution towards Sustainable Development*. Cham: Springer International Publishing.
- Energy Conservation Center Thailand (2015). *Total Energy Management Handbook*.
- Energywise, Consortium (2012). *Practical Guide to Energy Management for Managers*. Shawbury, UNITED STATES: iSmithers Rapra Publishing.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2017). Petrol. <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Petrol>, Erişim Tarihi: 28.12.2017.
- EPA, U.S. (2018). Learn About Sustainability. <https://www.epa.gov/sustainability>,
 Erişim Tarihi: 31.01.2018.
- Ertürk, Ferruh. (2006). Türkiye'nin alternatif enerji üretim imkanları ve fırsatları. (Editör: Editörler: Atilla Sandıklı & Hasret Dikici Bilgin), *Türkiye'de Enerji ve Kalkınma Sempozyumu*. İstanbul: Tasam Yayınları, 105-118.

- ETKB. (2017). *Dünya Ve Türkiye Enerji Ve Tabii Kaynaklar Görünümü*. Ankara: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2f1%2fDocuments%2fEnerji%20ve%20Tabii%20Kaynaklar%20G%C3%B6r%C3%BCn%C3%BCm%C3%BC%2fSayi_15.pdf Erişim Tarihi: 26.02.2018.
- ETKB. (2018). Doğal Gaz. <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Dogal-Gaz>, Erişim Tarihi: 26.02.2018.
- ETKB. (t.y.). Uranyum ve Toryum. <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Uranyum-ve-Toryum>, Erişim Tarihi: 26.02.2018.
- ETSU, Harwell, Didcot, Oxfordshire ve ORA, OX11. (1999). *Energy in plastics processing – a practical guide*. London: [http://www.tangram.co.uk/TI-Energy_in_Plastics_Processing_\(GPG292\).pdf](http://www.tangram.co.uk/TI-Energy_in_Plastics_Processing_(GPG292).pdf) Erişim Tarihi:
- Evans, Joanne ve Hunt, Lester C. (2009). *International Handbook on the Economics of Energy*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited.
- Fawkes, Steven. (2016). A brief history of energy efficiency. www.vesma.com_thefivep.pdf, Erişim Tarihi: 16.01.2018.
- Fernandes, J. M., Capehart, B. L. ve Capehart, L. C. (1997). Allocation of energy costs in manufacturing using activity-based costing. *Energy Engineering*, 94 (4), 17-33.
- Fernando, Y. ve Hor, W. L. (2017). Impacts of energy management practices on energy efficiency and carbon emissions reduction: A survey of malaysian manufacturing firms. *Resources Conservation and Recycling*, 126, 62-73.
- Filho, Walter Leal ve Voudouris, Vlasios (2013). *Global Energy Policy and Security*. London: Springer.
- Fiorenzani, Stefano, Ravelli, Samuele ve Edoli, Enrico (2012). *The Handbook of Energy Trading*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- Garrison, Ray H., Noreen, Eric W. ve Brewer, Peter C. (2018). *Managerial Accounting* (16. Baskı). New York: McGraw-Hil.
- GEA (2012). *Global Energy Assessment - Toward a Sustainable Future*. Cambridge UK and New York, NY, USA and the International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria: Cambridge University Press.
- Geiszler, M., Baker, K. ve Lippitt, J. (2017). Variable Activity-Based Costing and Decision Making. *Journal of Corporate Accounting and Finance*, 28 (5), 45-52.
- Georg, Susse ve Justesen, Lise (2017). Counting to zero: accounting for a green building. *Accounting, Auditing & Accountability Journal*, 30 (5), 1065-1081.
- Ghosh, Tushar K. ve Prelas, Mark A. (2009). *Energy Resources and Systems: Volume 1: Fundamentals and Non-Renewable Resources*. Dordrecht: Springer Netherlands.
- Ginley David, S. ve Cahen, David. (2012). *Fundamentals of Materials for Energy and Environmental Sustainability*. (Editör. Cambridge University Press.
- Goldthau, Andreas (2013). *The Handbook of Global Energy Policy*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Golusin, Mirjana, Popov, Stevan ve Dodic, Sinisa (2012). *Sustainable Energy Management*. <http://proquestcombo.safaribooksonline.com/book/energy/9780124159785>, Erişim Tarihi: 25.01.2018.

- Gopalakrishnan, Bhaskaran, Ramamoorthy, Kartik, Crowe, Edward, Chaudhari, Subodh ve Latif, Hasan (2014). A structured approach for facilitating the implementation of ISO 50001 standard in the manufacturing sector. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 7, 154-165.
- Hatiboğlu, Zeyyat (2003). *Yönetim ve maliyet muhasebesi* (Vol. 2. bs). İstanbul: Lebib Yalkın Yayınları.
- Henze, Gregor P. (2001). Building Energy Management as Continuous Quality Control Process. *Journal of Architectural Engineering*, 7 (4), 97-106.
- Hoffman, Kenneth C. ve Wood, David O. (1976). Energy System Modeling and Forecasting. *Annual Review of Energy*, 1 (1), 423-453.
- Hofmann, E. ve Bosshard, J. (2017). Supply chain management and activity-based costing Current status and directions for the future. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 47 (8), 712-735.
- Hooke, James H., Landry, Byron J. ve Hart, David (2004). *Energy Management Information Systems*. Canada: Office of Energy Efficiency of Natural Resources Canada.
- Horngren, Charles t., Datar, Srikant M. ve Rajan, Madhav V. (2015). *Cost Accounting* (15. Baskı). Essex: Pearson.
- Howell, Marvin T. (2015). Drivers of Energy Reductions and Continuous Improvement & Verifying Results. (Editör: *Energy Centered Management - A Guide to Reducing Energy Consumption and Cost*. Lilburn: Fairmont Press, Inc.
- Hyman, Leonard S. (1976). Utility Accounting and Energy Policy. *Science*, 194 (4271), 1226-1228.
- IEA. (2006). *World Energy Outlook*. Paris: International Energy Agency, <http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebiste/2008-1994/WEO2006.pdf> Erişim Tarihi: 27.02.2018.
- Isadora, Micah L. Simone ve Flynn, Issitt. (2013). Greenhouse effect. In: Salem Press.
- ISO. (2016). ISO 50001 Energy management systems. In International Organization for Standardization (Ed.). Geneva: ISO Central Secretariat.
- J.K.Jacques, J.C.R.Hewgill ve M.Cadman. (1990). Measurement and planning for energy audit and energy accounting. (Editör: Watt Committee), *Evaluation of Energy Use*. CRC Press.
- Jelić, Dubravka N, Gordić, Dušan R, Babić, Milun J, Končalović, Davor N ve Šušteršič, Vanja M (2010). Review of existing energy management standards and possibilities for its introduction in Serbia. *Thermal Science*, 14 (3), 613-623.
- Johansson, M. T. ve Thollander, P. (2018). A review of barriers to and driving forces for improved energy efficiency in Swedish industry-Recommendations for successful in-house energy management. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 82, 618-628.
- Jovanović, Bojana ve Filipović, Jovan (2016). ISO 50001 standard-based energy management maturity model – proposal and validation in industry. *Journal of Cleaner Production*, 112, 2744-2755.
- Jurek, P., Bras, B., Guldborg, T., Arcy, J. D', Oh, S. C. ve Biller, S. (2012, 22-26 July 2012). *Activity-Based Costing applied to automotive manufacturing*. Paper presented at the 2012 IEEE Power and Energy Society General Meeting.

- Kaeding, Nadja. (2011). Secondary Energy. <https://userwikis.fu-berlin.de/display/energywiki/secondary+energy>, Erişim Tarihi: 27.02.2018.
- Kannan, Ramachandran ve Boie, W. (2001). Energy management practices in SME—case study of a bakery in Germany.
- Kanneganti, H., Gopalakrishnan, B., Crowe, E., Al-Shebeeb, O., Yelamanchi, T., Nimbarte, A., . . . Abolhassani, A. (2017). Specification of energy assessment methodologies to satisfy ISO 50001 energy management standard. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 23, 121-135.
- Kantenbacher, Joe. (2010). Renewable Energy. (Editör: *Sustainable Communities Design Handbook*. 65-81.
- Kaplan, Robert S. ve Andrrson, Steven R. (2007). *Time Driven Activity Based Costing*. Boston: Harvard Business School.
- Karşlı, Süleyman, Güllüce, Hüseyin ve Saraç, Hanifi. (2011). *Isıtma ve Soğutma Sistemlerinde Enerji Maliyetlerinin Karşılaştırılması*. Paper presented at the Ulusal İklimlendirme Kongresi, Antalya.
- Kavak, Kubilay. (2005). *Dünya''da ve Türkiye''de Enerji Verimliliği Enerji ve Türk Sanayinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi*, (DPT Uzmanlık Tezi Uzmanlık Tezi), DPT, Ankara.
- Kavcıoğlu, Şahap (2015). *Enerji sektöründe yatırım projelerinin değerlendirilmesi : (promethee yöntemi ile)* (Vol. 2. basım). İstanbul: İstanbul.
- Kaya, Durmuş ve Öztürk, H. Hüseyin (2014). *Sanayide Enerji Yönetimi ve Enerji Verimliliği*. Kocaeli: Umuttepe Yayınları.
- Kearney, J. (2005). Creating an energy management program. No BTUs about it. Appointing an energy manager is the first important step. *Modern healthcare*, 35 (46), S14-15.
- Khajehpour, H., Saboohi, Y. ve Tsatsaronis, G. (2017). Environmental responsibility accounting in complex energy systems. *Journal of Cleaner Production*, 166, 998-1009.
- Kılınç, Nazan Şahbaz. (2014). *Sanayi Sektöründe Enerji Talep Esnekliklerinin Tahmini: Oecd Ülkeleri Örneği*, (Doktora), Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Kim, Yong-Woo (2017). *Activity Based Costing for Construction Companies*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Kırlı, Mustafa ve Kulu, Tekmez (2016). Enerji yönetimi ve enerji muhasebesi. *Journal of Human Sciences*, 13 (3), 4891-4905.
- Klemeš, Jiri, Smith, Robin ve Kim, Jin-Kuk. (2008). 16.2 General Energy Accounting Methods. (Editör. Woodhead Publishing.
- Korpenen, Heikki ve Raiko, Risto (2014). Testing activity-based costing to large-scale combined heat and power plant using bioenergy. *International Journal of Energy Research*, 38 (3), 339-349.
- Küçüksavaş, Nihat (2006). *Yönetim Açısından maliyet muhasebesi*. İstanbul: Kare Yayınları.
- Küçüktüfekçi, Murat ve Güner, M.Fatih (2014). Zamana Dayalı Faaliyet Tabanlı Maliyetleme Sistemi Ve Faaliyet Tabanlı Maliyetleme Sistem. *Ç.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 23 (2), 211-226.
- Labandeira, Xavier, Labeaga, José M. ve López-Otero, Xiral (2017). A meta-analysis on the price elasticity of energy demand. *Energy Policy*, 102, 549-568.

- Lanen, William N., Anderson, Shannon W. ve Maher, Michael W. (2014). *Fundamentals of Cost Accounting* (4. Baskı). New York: McGraw-Hill/Irwin.
- Laskurain, Iker, Ibarloza, Ander, Larrea, Ainara ve Allur, Erlantz (2017). Contribution to Energy Management of the Main Standards for Environmental Management Systems: The Case of ISO 14001 and EMAS. *Energies (19961073)*, 10 (11), 1-21.
- Leitner, Stephan (2012). *Information Quality and Management Accounting: A Simulation Analysis of Biases in Costing Systems*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Long, Noah, Bull, Pierre ve Zigelbaum, Nick. (2011). Chapter 8 - Efficiency First: Designing Markets to Save Energy, and the Planet A2 - Sioshansi, Fereidoon P. (Editör: *Energy, Sustainability and the Environment*. Boston: Butterworth-Heinemann, 195-227.
- Lunt, Peter, Ball, Peter ve Levers, Andrew (2014). Barriers to industrial energy efficiency. *International Journal of Energy Sector Management*, 8 (3), 380-394.
- Marimon, Frederic ve Casadesús, Martí (2017). Reasons to Adopt ISO 50001 Energy Management System. *Sustainability*, 9 (10).
- Martínez, Daniel M. ve Ebenhack, Ben W. (2016). *Valuing Energy for Global Needs*. New York: Momentum Press.
- MFA. (2018a). Paris Anlaşması. <http://www.mfa.gov.tr/paris-anlasmasi.tr.mfa>, Erişim Tarihi: 03.03.2018.
- MFA. (2018b). Türkiye'nin Enerji Profili ve Stratejisi. http://www.mfa.gov.tr/turkiye_nin-enerji-stratejisi.tr.mfa, Erişim Tarihi: 13.03.2018.
- Millard, Jesse (2017). Putting Activity Based Management to Work in Our Nations Services. *Armed Forces Comptroller*, 62 (3), 24-26.
- Miller, Mark ve Alberini, Anna (2016). Sensitivity of price elasticity of demand to aggregation, unobserved heterogeneity, price trends, and price endogeneity: Evidence from U.S. Data. *Energy Policy*, 97, 235-249.
- Mutlu, Latif (2014). *Tarım ve sanayi devrimlerinden sonra enerji devrimi*. İstanbul: Hiperlink.
- Narbel, Patrick A., Hansen, Jan Petter ve Lien, Jan R. (2014). *Energy Technologies and Economics*: Springer International Publishing.
- Nelson, K. E. (1994). A Practical Guide to Energy Accounting .1. *Chemical Engineering*, 101 (9), 122-128.
- Nersesian, Roy L. (2016). *Energy Economics: Markets, History and Policy*. Abingdon: Routledge.
- Oh, S. C. ve Hildreth, A. J. (2013). Decisions on Energy Demand Response Option Contracts in Smart Grids Based on Activity-Based Costing and Stochastic Programming. *Energies (19961073)*, 6 (1), 425-443.
- Onaygil, Sermin (2015). Sanayide Verimlilik, Enerji Yönetimi ve Tasarruf. 5. *Ulusal Verimlilik Kongresi*.
- Öztürk, İbrahim ve Karbuz, Sohbet (2006). *Türkiye'nin enerji ekonomisi ve petrolün geleceği*. İstanbul: Hiperlink.

- Papadopoulou, Elena V. M. (2012). Energy Management. (Editör: Elena Papadopoulou), *Energy Management in Buildings Using Photovoltaics*. London: Springer London, 1-9.
- Parameshwaran, R. ve Kalaiselvam, S. (2014). *Thermal Energy Storage Technologies for Sustainability*.
<http://proquestcombo.safaribooksonline.com/book/energy/9780124172913>,
 Erişim Tarihi: 12.02.2018.
- Păunescu, Carmen ve Blid, Laura (2016). Effective energy planning for improving the enterprise's energy performance. *Management & Marketing*, 11 (3), 512.
- Percebois, Jacques (2007). Energy vulnerability and its management. *International Journal of Energy Sector Management*, 1 (1), 51-62.
- Petrecca, Giovanni (2014). *Energy Conversion and Management Principles and Applications* (3. Baskı). Switzerland: Springer International Publishing.
- Phan, Thanh Nguyet, Baird, Kevin ve Blair, Bill (2013). The use and success of activity-based management practices at different organisational life cycle stages. *International Journal of Production Research*, 52 (3), 787-803.
- Portney, Kent E. (2015). *Sustainability*. Cambridge, Mass., UNITED STATES: MIT Press.
- Ranky, P. G. (2012, 16-18 May 2012). *Sustainable energy management and quality process models based on ISO 50001:2011 the International Energy Management Standard*. Paper presented at the 2012 IEEE International Symposium on Sustainable Systems and Technology (ISSST).
- Roberts, F. (1978). The aims, methods and uses of energy accounting. *Applied Energy*, 4 (3), 199-217.
- Rose, Robert J. (2000). Energy Accounting: A Policy Maker's Guide. *Energy and Environmental Policy*.
- Sa, Aida, Thollander, Patrik ve Cagno, Enrico (2017). Assessing the driving factors for energy management program adoption. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 74, 538-547.
- Samawi, G. A., Mdanat, M. F. ve Arabiyat, T. S. (2017). The role of energy supply in economic growth: Evidence from the oil importing countries. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 7 (6), 193-200.
- Sathaye, Jayant ve Sanstad, Alan H. (2004). Bottom-Up Energy Modeling. In *Encyclopedia of Energy*. Berkeley: LBNL Report.
- Satman, Abdurrahman. (2006). *Dünyada Enerji Kaynakları*. Paper presented at the Türkiye'de Enerji ve Kalkınma, İstanbul.
- Schirone, Luigi ve Pellitteri, Filippo (2017). Energy Policies and Sustainable Management of Energy Sources. *Sustainability*, 9 (12), 2321.
- Schleich, Joachim ve Gruber, Edelgard (2008). Beyond case studies: Barriers to energy efficiency in commerce and the services sector. *Energy Economics*, 30 (2), 449-464.
- Schulze, Mike, Nehler, Henrik, Ottosson, Mikael ve Thollander, Patrik (2016). Energy management in industry – a systematic review of previous findings and an integrative conceptual framework. *Journal of Cleaner Production*, 112, 3692-3708.

- Selici, Tülay, Utlu, Zafer ve İlten, Nadir (2009). Enerji kullanımının çevresel etkileri ve sürdürülebilir gelişme açısından değerlendirilmesi., *Astsubay Meslek Yüksek Okulu*.
- Seydioğulları, Hatice Selcen (2013). Sürdürülebilir Kalkınma için Yenilenebilir Enerji. *Planlama*, 23 (1), 19-25.
- Shove, Elizabeth, Walker, Gordon, Tyfield, David ve Urry, John (2014). What Is Energy For? Social Practice and Energy Demand. *Theory, Culture & Society*, 31 (5), 41-58.
- Smith, Craig B. ve Parmenter, Kelly E. (2016). *Energy Management Principles*. <http://proquestcombo.safaribooksonline.com/book/energy/9780128026441>, Erişim Tarihi: 25.01.2018.
- Solmes, Leslie A. (2009). *Energy Efficiency*. Dordrecht: Springer Netherlands.
- Sperling, Daniel ve Yeh, Sonia (2012). *Energy, Transport, & the Environment: Addressing the Sustainable Mobility Paradigm*. London: Springer London.
- Statistics Austria. (2009). *Energy Accounts*. Vienna: Statistics Austria, www.statistik.at Erişim Tarihi: 21.03.2018.
- Steffen, Will, Crutzen, Paul J. ve McNeill, John R. (2007). The Anthropocene: Are Humans Now Overwhelming the Great Forces of Nature? *Ambio*, 36 (8), 614-621.
- Stegaroiu, Carina-Elena (2014). The Organisational Integration Of Energy Management. *Analele Universității Constantin Brâncuși din Târgu Jiu : Seria Economie , Vol 1, Iss 5 , Pp 39 -42 (2014)(5)*.
- Sudhakara Reddy, B. (2013). Barriers and drivers to energy efficiency – A new taxonomical approach. *Energy Conversion and Management*, 74, 403-416.
- Sullivan, Gregory P., Hunt, W. David ve Ream, Ab. (2007). Federal EnergyManagement Program (FEMP): Operations and Maintenance Best Practices Guide (O&M BPG). (Editör: Barney L. Capehart), *Encyclopedia of Energy Engineering and Technology*. Boca Raton: CRC Press.
- Sygulla, R., Bierer, A. ve Götze, U. (2011). *Material Flow Cost Accounting – Proposals for Improving the Evaluation of Monetary Effects of Resource Saving Process Designs*. Paper presented at the The 44th CIRP Conference on Manufacturing Systems, Madison, Wisconsin, USA. www.tu-chemnitz.de/wirtschaft/bwl3/DownloadAllgemeinOffen/44thCIRP_MFCA.pdf
- Szajdzicki, K. ve Szajdzicki, K. (2017, 6-9 June 2017). *Measuring & maintaining energy efficiency: SMART approach to implementing ISO 50001*. Paper presented at the 2017 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2017 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe).
- Tanaka, Kanako (2011). Review of policies and measures for energy efficiency in industry sector. *Energy Policy*, 39 (10), 6532-6550.
- Tangram. (2010). Accounting for energy efficiency. http://www.tangram.co.uk/TI-Energy-There's_no_accounting_for_energy_efficiency.html, Erişim Tarihi: 19.03.2017.
- Tardivo, Giuseppe ve Di Montezemolo, Giulia Cordero (2009). USING ACTIVITY-BASED MANAGEMENT TO ACHIEVE EXCELLENCE. *Journal of Financial Management & Analysis*, 22 (1), 67-84.

- Tester, Jefferson W., Drake, Elisabeth M., Driscoll, Michael J. ve Golay, Michael W. (2012). *Sustainable Energy : Choosing among Options*. Cambridge, Mass., UNITED STATES: MIT Press.
- The World Bank. (2018). Energy. <http://www.worldbank.org/en/topic/energy/overview>, Erişim Tarihi: 05.01.2018.
- The World Energy, Conference (1985). *Energy Balances And Energy Accounting*. London: Pergamon Press.
- Thollander, Patrik ve Palm, Jenny (2013). *Improving Energy Efficiency in Industrial Energy Systems*. London: Springer.
- Thumann. (2013). Energy Accounting and Analysis. In Handbook of Energy Audit.
- Thumann, Albert, Niehus, Terry ve Younger, William J. (2013). *Handbook of Energy Audits* (9th. Baskı). Lilburn: The Fairmont Press.
- TMMOB. (2015). *ENERJİ RAPORU 2015*. İzmir: Elektrik Mühendisleri Odası http://www.emo.org.tr/ekler/8ad629847c27f66_ek.pdf?tipi=4&turu=H&sube=7 Erişim Tarihi: 28.11.2017.
- Topallı, Nurgün. (2012). *Enerji Etkinliği ve Türkiye’de Konut Elektriği Tüketiminin Geri Tepme (Rebound Effect) Etkisi*, (Doktora PhD), Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Trambouze. (2000). Rational Use of Energy. In Petroleum Refining, Volume 4 - Materials and Equipment.
- Trianni, Andrea, Cagno, Enrico, Marchesani, Federico ve Spallina, Giovanni (2016). Classification of drivers for industrial energy efficiency and their effect on the barriers affecting the investment decision-making process. *Energy Efficiency*, 10 (1), 199-215.
- Tripp, Douglas E. (2007). Accounting: Facility Energy Use. (Editör: Barney L. Capehart), *Encyclopedia of Energy Engineering and Technology*. Boca Raton: CRC Press.
- Turner, Wayne C. (2001). *Energy Management Handbook*. Lilburn: The Fairmont Press.
- Turner, Wayne C. ve Doty, Steve (2007). *Energy Management Handbook*. Lilburn: The Fairmont Press, Inc.
- Tutar, Filiz ve Eren, Mehmet Vahit (2011). Geleceğin Enerjisi: Hidrojen Ekonomisi ve Türkiye. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 3 (6).
- Türkel, Veysel. (2016). Arz Güvenliği ve Enerji Serüveni. *Enerji Arzı Güvenliği*. <https://www.youtube.com/watch?v=XmVgGYFZar4>, Erişim Tarihi: 01.03.2018.
- Twidell, John ve Weir, Tony (2015). *Renewable Energy Resource* (3. Baskı). Abington: Routledge.
- Tyner, Wallace E. ve Herath, Nisal (2018). Energy Economics. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 40 (1), 174-186.
- Uçak, Sefer. (2010). *Sürdürülebilir Kalkınma Bağlamında Alternatif Enerji Ve Enerji Üretimi-Büyüme İlişkisi: Panel Veri Analizi*, (PhD), Sakarya Üniversitesi, Kocaeli.
- UNSD. (2018). *International Recommendations for Energy Statistics*. New York: Department of Economic and Social Affairs Statistics Division,

- <https://unstats.un.org/unsd/energy/ires/IRES-web.pdf> Erişim Tarihi: 10/04/2018.
- Unutkan, Özcan (2010). Faaliyet Tabanlı Maliyet Sistemi ve Bir Uygulama. *Mali Çözüm*(97), 87-105.
- Uslu, Kamil, Sözen, İlyas ve Çelik, A.Alkan (2007). Enerji Kaynaklarından Petrol ve Doğalgazdaki Tekel Oluşumları. *Beykent Üniversitesi, Sosyal Bilimler Dergisi / Journal of Social Sciences*, 1 (1).
- Übelacker, Erich. (2005). *Enerji: Neden ve Nasıl* (Ali Ulvi Erdoğan, Trans.). İzmir: Tudem.
- Üçüncü, Kemal. (2016). *Enerji Yönetimi Ders Notları*. Karadeniz Teknik Üniversitesi. Trabzon.
- Van Gorp, John C. (2004). Maximizing Energy Savings with Energy Management Systems. *Strategic Planning for Energy and the Environment*, 24 (3), 57-69.
- Walther, Larry M. ve Skousen, Christopher J. (2010). *Process and Activity-Based Costing*: bookboon.com.
- Wang, Qihong (2013). Study on Energy Conservation and Consumption Reduction. *Applied Mechanics and Materials*, 329.
- Wang, Zhixiong (1999). *Resources Accounting in China*. Dordrecht: Springer Netherlands.
- Warren, Carl S., Reeve, James M. ve Duchac, Jonathan E. (2016). *Financial and Managerial Accounting* (13. Baskı). Boston: Cengage Learning.
- Watt Committee (1990). *Evaluation of Energy Use*. London: CRC Press.
- Weber, Gregor (2018). *Sustainability and Energy Management: Innovative and Responsible Business Practices for Sustainable Energy Strategies of Enterprises in Relation with CSR*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Wikipedia. (2016). Kyoto Protokolü. https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:EzQ4H_fxu2kJ:https://tr.wikipedia.org/wiki/Kyoto_Protokol%25C3%25BC+%&cd=5&hl=tr&ct=clnk&gl=tr, Erişim Tarihi: 03.03.2018.
- Wikipedia. (2018). Kömür. <https://tr.wikipedia.org/wiki/Kömür>, Erişim Tarihi: 26.02.2018.
- Wilbanks, Thomas J. (2014). *Climate Change and Energy Supply and Use*. Washington: Island Press.
- World Energy Council. (2016). *World Energy Resources*. London: <https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2016/10/World-Energy-Resources-Full-report-2016.10.03.pdf> Erişim Tarihi: 22.02.2018.
- World Energy Council. (2017a). *World Energy Trilemma*. https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2017/11/World-Energy-Trilemma-2017_Full-report_WEB.pdf Erişim Tarihi: 22.02.2018.
- World Energy Council. (2017b). *World Energy Trilemma Index*. London: <https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2017/11/Energy-Trilemma-Index-2017-Report.pdf> Erişim Tarihi: 23.02.2018.
- Xiang, Y., Liu, J. Y., Yang, W. ve Huang, C. (2015). Active energy management strategies for active distribution system. *Journal of Modern Power Systems and Clean Energy*, 3 (4), 533-543.

- Xihui, Cao ve Zhenwei, Yu. (2016, 24-26 June 2016). *Applied research of activity-based costing under ERP environment*. Paper presented at the 2016 13th International Conference on Service Systems and Service Management (ICSSSM).
- Yalçın, Şenay. (2006). *Dünya'da Enerji*. Paper presented at the Türkiye'de Enerji ve Kalkınma, İstanbul.
<http://www.trnpt.org/index.php/edit%C3%B6rlerden.html>
- Yılmaz, Baki. (2001). *Muhasebe Standartlarının Oluşumu ve Uygulanma Alanı (Bir bölgesel Çalışma Konya Örneği)*, (Yüksek Lisans), Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Yılmaz, Baki (2008). Hastane İşletmelerinde Rekabet Üstünlüğü Sağlamada Faaliyet Esasına Dayalı Maliyetleme Yönteminin Rolü. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 1 (15), 301-318.
- Yin, R. K. (2013). Validity and generalization in future case study evaluations. *Evaluation*, 19 (3), 321-332.
- Yount, Lisa (2005). *Energy Supply*. New York: Facts On File, Inc.
- Zweifel, Peter, Praktijnjo, Aaron ve Erdmann, Georg (2017). *Energy Economics Theory and Applications*. Berlin: Springer International Publishing.

EKLER**Ek 1-1: 1975-2016 Arası Türkiye’de Elektrik Santrallerinin Toplam Kurulu Gücü, Brüt Üretimi, Net Elektrik Tüketimi**

Yıl Year	Toplam kurulu güç Total power installed (MW)	Brüt Üretim Gross generation	Net tüketim Net consumption (GWh)
1975	4 186,6	15 622,8	13 491,7
1976	4 364,2	18 282,8	16 078,9
1977	4 727,2	20 564,6	17 968,8
1978	4 868,7	21 726,1	18 933,8
1979	5 118,7	22 521,9	19 633,1
1980	5 118,7	23 275,4	20 398,2
1981	5 537,6	24 672,8	22 030,0
1982	6 638,6	26 551,5	23 586,8
1983	6 935,1	27 346,8	24 465,1
1984	8 461,6	30 613,5	27 635,2
1985	9 121,6	34 218,9	29 708,6
1986	10 115,2	39 694,8	32 209,7
1987	12 495,1	44 352,9	36 697,3
1988	14 520,6	48 048,8	39 721,5
1989	15 808,2	52 043,2	43 120,0
1990	16 317,6	57 543,0	46 820,0
1991	17 209,1	60 246,3	49 282,9
1992	18 716,1	67 342,2	53 984,7
1993	20 337,6	73 807,5	59 237,0
1994	20 859,8	78 321,7	61 400,9
1995	20 954,3	86 247,4	67 393,9
1996	21 249,4	94 861,7	74 156,6
1997	21 891,9	103 295,8	81 885,0
1998	23 354,0	111 022,4	87 704,6
1999	26 119,3	116 439,9	91 201,9
2000	27 264,1	124 921,6	98 295,7
2001	28 332,4	122 724,7	97 070,0
2002	31 845,8	129 399,5	102 948,0
2003	35 587,0	140 580,5	111 766,0
2004	36 824,0	150 698,3	121 141,9
2005	38 843,5	161 956,2	130 262,9
2006	40 564,8	176 299,8	143 070,5
2007	40 835,7	191 558,1	155 135,2
2008	41 817,2	198 418,0	161 947,6
2009	44 761,2	194 812,9	156 894,1
2010	49 524,1	211 207,7	172 050,6
2011	52 911,1	229 395,1	186 099,6
2012	57 059,4	239 496,8	194 923,4
2013	64 007,5	240 154,0	198 045,2
2014	69 519,8	251 962,8	207 375,1
2015	73 146,7	261 783,3	217 312,3
2016	78 497,4	274 407,7	231 203,7

Kaynak: TÜİK, Elektrik İstatistikleri, 2018, http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1029.

EK 1-2: 1970-2016 Net Elektrik Tüketiminin Sektörlere Göre Dağılımı

Yıl Year	Toplam Total (GWh)	Mesken Household	Ticaret Commercial	Resmi daire Government (%)	Sanayi Industrial	Aydınlatma Illumination	Diğer ⁽¹⁾ Other ⁽¹⁾
1970	7.308	15,9	4,8	4,1	64,2	2,6	8,4
1971	8.289	16,3	4,6	4,1	64,5	2,4	8,1
1972	9.527	16,1	4,7	3,8	65,0	2,2	8,2
1973	10.530	14,8	4,3	3,5	67,3	2,1	8,0
1974	11.359	15,2	5,1	3,8	66,7	2,0	7,2
1975	13.492	17,5	4,9	3,7	64,8	1,9	7,2
1976	16.079	17,5	4,7	3,5	65,3	1,6	7,4
1977	17.969	17,7	5,0	3,1	66,7	1,4	6,1
1978	18.934	18,9	4,9	3,2	65,5	1,5	6,0
1979	19.633	20,1	5,7	3,2	63,9	1,5	5,6
1980	20.398	21,5	5,6	3,0	63,8	1,4	4,7
1981	22.030	20,9	5,7	2,9	64,5	1,4	4,6
1982	23.587	20,9	5,8	2,5	64,4	1,3	5,1
1983	24.465	21,0	5,7	2,8	63,7	1,2	5,6
1984	27.635	19,8	5,7	2,8	65,2	1,2	5,3
1985	29.709	19,0	5,5	3,0	66,0	1,4	5,1
1986	32.210	19,0	5,2	3,2	64,8	2,1	5,7
1987	36.697	18,9	4,8	3,2	65,1	2,1	5,9
1988	39.722	20,0	5,0	3,2	63,6	2,1	6,1
1989	43.120	19,6	5,3	3,0	64,0	2,1	6,0
1990	46.820	19,6	5,5	3,1	62,4	2,6	6,8
1991	49.283	22,0	6,2	3,8	57,9	2,9	7,2
1992	53.985	21,3	6,1	3,7	58,4	3,4	7,1
1993	59.237	21,2	6,1	3,8	57,8	3,8	7,3
1994	61.401	21,9	6,0	5,4	55,6	4,1	7,0
1995	67.394	21,5	6,2	4,5	56,4	4,6	6,8
1996	74.157	22,1	7,7	4,0	54,8	4,2	7,2
1997	81.885	22,6	8,4	4,6	53,1	4,0	7,3
1998	87.705	22,8	8,8	4,9	52,6	4,2	6,7
1999	91.202	24,8	9,0	4,1	51,0	4,6	6,5
2000	98.296	24,3	9,5	4,2	49,7	4,6	7,7
2001	97.070	24,3	10,2	4,5	48,4	5,0	7,6
2002	102.948	22,9	10,6	4,4	49,0	5,0	8,1
2003	111.766	22,5	11,5	4,1	49,3	4,5	8,1
2004	121.142	22,8	12,9	3,7	49,2	3,7	7,7
2005	130.263	23,7	14,2	3,6	47,8	3,2	7,5
2006	143.071	24,1	14,2	4,2	47,5	2,8	7,2
2007	155.135	23,5	14,9	4,5	47,6	2,6	6,9
2008	161.948	24,4	14,8	4,5	46,2	2,5	7,6
2009	156.894	25,0	15,9	4,5	44,9	2,5	7,2
2010	172.051	24,1	16,1	4,1	46,1	2,2	7,4
2011	186.100	23,8	16,4	3,9	47,3	2,1	6,5
2012	194.923	23,3	16,3	4,5	47,4	2,0	6,5
2013	198.045	22,7	18,9	4,1	47,1	1,9	5,3
2014	207.375	22,3	19,2	3,9	47,2	1,9	5,5
2015	217.312	22,0	19,1	3,7	47,6	1,9	5,7
2016	231.204	22,2	18,8	3,9	46,9	1,8	6,4

Kaynak: TÜİK, Elektrik İstatistikleri, 2018, http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1029.

EK 4-1: Enerji Denetimi Anketi**Katı Yakıtle Çalışan Soba Üretimi İşletmesi****A- İşletme Faaliyetleri İle İlgili Genel Bilgiler**

1. İşletme ne zaman kurulmuştur?
2. İşletmenin faaliyeti alanı nedir?
3. İşletmenin sektördeki konumu nedir?
4. Şirketinizde çalışan sayısı kaçtır?
5. Firmanızın kaç çeşit ürünü üretiyor?
6. Kaç tane üretim hattınız var?
7. Bu ürünlerin karmaşıklık derecesi nedir? (ör., renk, sınıf, ağırlık, vb. bakımından)
8. Firmanız pazarda ne ölçüde rekabetle karşılaşır?
9. Firmanız ürettiklerinin tamamını veya bir kısmını ihraç ediyor mu?
10. Şirketinizde uygulanan maliyet muhasebesi sistemini açıklar mısınız?
11. Şirketinizdeki maliyet muhasebesi sistemlerinin gelişimini desteklemeye istekli misiniz?
12. Genel giderlerin toplam genel yüzdesi nedir?
13. Şirketinizin Enerji maliyetleri genel giderlerinizin yüzde kaçını oluşturuyor?
14. Üretim maliyetlerini ürünlere ne şekilde dağıtıyorsunuz?
15. Enerji maliyetlerini yöneten bir sisteme ihtiyaç olduğunu düşünüyor musunuz, eğer öyleyse neden?
16. FTM sistemini daha önce duydunuz mu? Bu yöntemi adapte etmeyi düşünür müsünüz?
17. Şirketinizde üretim sürecini nasıl tanımlarsınız? Eğer öyleyse, ne kadar otomatik?
18. Mevcut maliyet muhasebesi sisteminin ürünlerin maliyetleri hakkında doğru ve yeterli bilgi sağladığını düşünüyor musunuz? Öyleyse neden?
19. İş akış şemanız var mıdır?
20. Üretim süreçleri hakkında bilgi verir misiniz?
21. Fabrikanın krokisi veya alan planı mevcut mudur?

B- Enerji Denetimi ile İlgili Sorular

1. İşletme haftada kaç gün çalışıyor:
2. İşletme günde kaç saat çalışıyor:
3. Fabrikanın kullanım alanı ne kadardır?
4. İşletmenin kullandığı enerji çeşitleri nelerdir?
5. Üretim tesisi içinde kaç ayrı faaliyet alanı bulunmaktadır? (Örn. İmalat, depolama, ofis vs.)
6. Elektrik Enerjisinin kullanıldığı işlevler nelerdir? (Örn. Aydınlatma, Soğutma, Motorlar, Üretim Makineleri, Çeşitli kullanımlar)
7. Kömürün yakıtının kullanım alanları nelerdir?
8. İşletmenin 2017 yılı için tükettiği Kömür Yakıtı miktarı ve fiyatı nedir?
9. İşletme kaç farklı soba üretmektedir?
10. İşletmenin en çok enerji kullandığı maliyet merkezleri nelerdir?
11. İşletme adının bu doktora tezinde kullanılmasına izin veriyor musunuz?
12. İşletme maliyet bilgilerinin paylaşılmasına izin veriyor musunuz?
13. İşletmenizin enerji faturalarını yüksek buluyor musunuzu?
14. Maliyet Merkezleri (Ürünler yerine) neler olabilir?

C- Enerji Analizi Verileri

Elektrik Enerjisi:

a- ... yılı için Toplam Elektrik Enerjisi Maliyeti =TL

b- Yılında Tüketilen Toplam kWh = TL

kWh başına Maliyet = a / b= TL

1. Aydınlatma

Gerekli Veriler:

Faaliyet Birimleri	Lamba Türü	Watt	Sayısı	Kullanım süreleri	Verimleri
İmalat					
Depolama					
Ofis					
...					

2. Klima

Her birim için (İmalat, Depo, Ofis vs) aşağıdaki bilgileri doldurun.

- AC = Klimanın büyüklüğü
- H = Yıllık klimanın kullanım saati
- SEER = Sezonluk enerji verimliliği oranı

CONV = Dönüştürme Oranı 3412 Btu/Wh

Faaliyet Birimleri	Klimanın Büyüklüğü	Yıllık Klimanın Kullanım Saati	SEER (Sezonluk enerji verimliliği oranı)	Yaşı
İmalat				
Depolama				
...				

Hesaplama Formülü

$$\text{Tüketilen Enerji} = AC * H * 1/SEER * CONV$$

Motor ve Üretim Makineleri

3. Motorlar

- EC = Tüketilen enerji
- HP = Beygir Gücü
- EFF = Motorun tahmini verimliliği
- N = Motor sayısı

$$C = \text{Dönüşüm sabiti} = .746 \text{ kW} / \text{HP}$$

LF = Motorun normalde çalıştığı yük oranı (Eğer bilinmiyorsa %80 olarak hesaplanır)

- H = 2017 yılı boyunca ekipmanın toplam çalışma saatleri

Motor	Beygir Gücü	Motorun Tahmini Verimliliği	Motor Sayısı	Motorun Günlük Çalışma Saati	Motor Çıkış Gücü	Motor Çalışma Devri

$$EC = HP * N * 1/EFF * LF * H * C$$

$$\text{Maliyeti} = EC * .0822 \text{ TL / kWh}$$

4. Çeşitli Kullanım:

Toplam Maliyetin % 5 = ,05 * Elektrik Maliyeti

5. Üretim Makineleri:

Geriye kalan elektrik enerjisi maliyeti

Kömür Enerjisi

a- için Toplam Kömür Yakıtı Maliyeti =TL

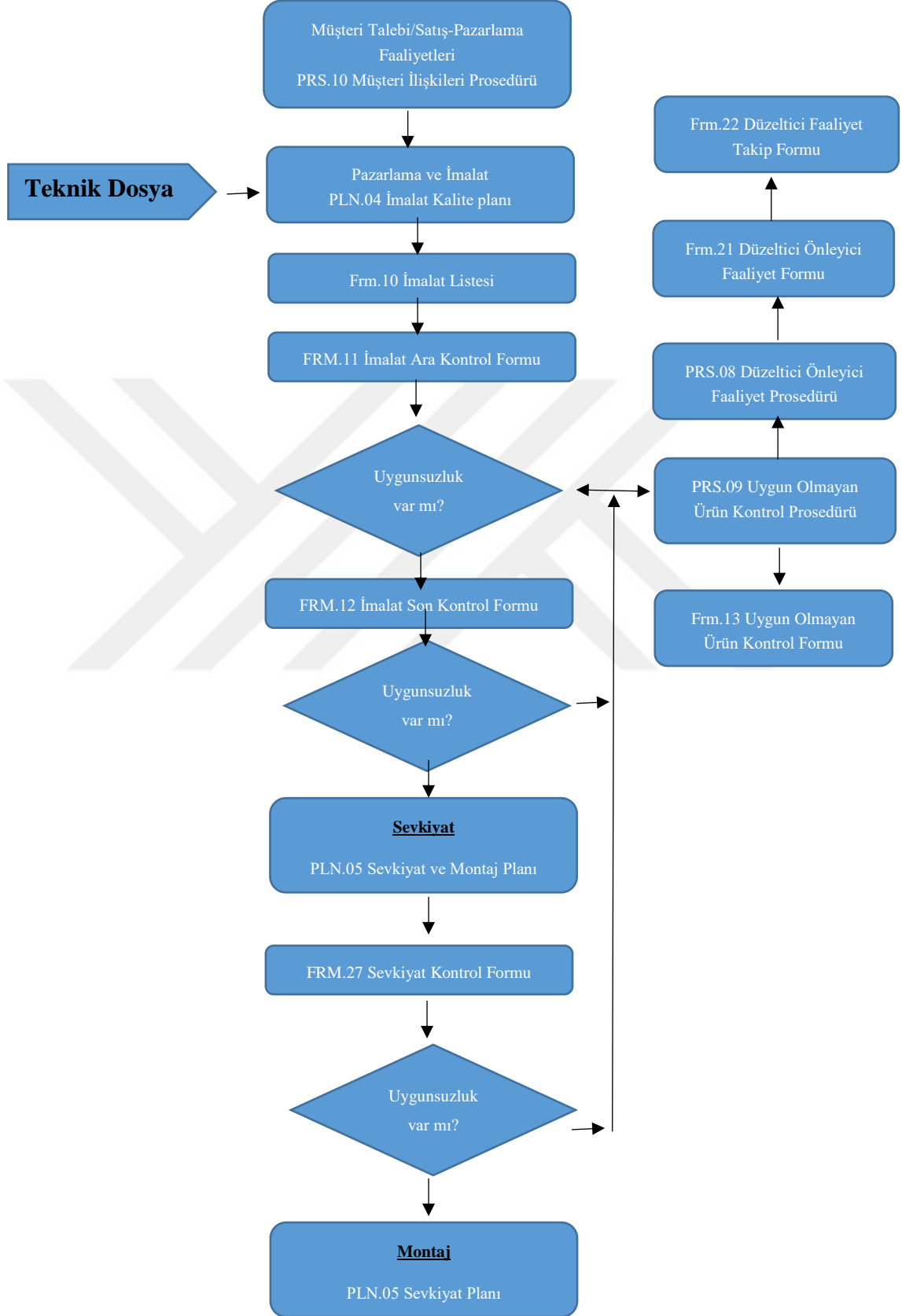
b- Yılında Tüketilen Toplam Kömür Miktarı = ton

kg başına Maliyet = a / b= TL

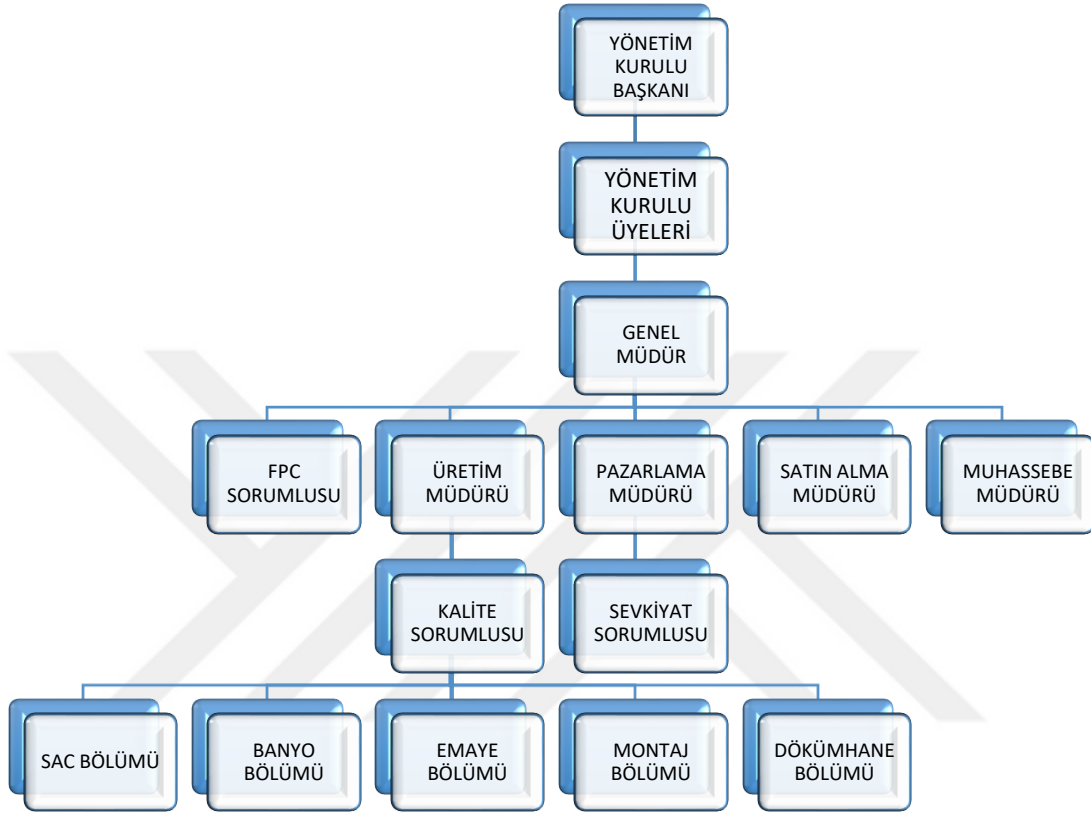
İNDEKS HESAPLAMALARI İÇİN GEREKLİ VERİLERİ

Faaliyet Birimleri	Alan Büyüklüğü (m ²)	Yıllık Kullanılan Enerji Miktarı	
		Elektrik kwh	Kömür kcal
İmalat			
Depolama			
Ofis			

Ek 4-2: İmalat Prosedürü



Ek 4-3: Organizasyon Şeması



Ek 4-4: Fabrika Planı

KALORİFER BÖLÜMÜ		EMAYE ALANI Toplam 1833,6m'	DİNLENME ALANI 458,4 m'
SAC BÖLÜM 1681 m'		MONTAJ HATTI 3973 m'	DEPOLAMA ALANI 1528 m'
YÖNETİM 305,9 m'			DÖKÜMHANE 611,6 m'

EK 4-5: Makine Listesi

Makine No	Makine Adı	Adet	Gücü kW
1.	TÜNEL FIRIN	1	360
2.	LAZER	1	54
3.	HİDROLİK PRES 225 TONLUK	1	37
4.	HİDROLİK PRES 400 TONLUK ÇİFT PİSTONLU	1	37
5.	HİDROLİK PRES 200 TONLUK ÇİFT PİSTONLU	1	30
6.	HİDROLİK PRES 200 TONLUK	1	30
7.	HİDROLİK PRES 300 TONLUK	2	30
8.	HİDROLİK PRES 300 TONLUK	1	22
9.	ABKANT	1	22
10.	ROBOT	1	21
11.	HİDROLİK PRES 120 TONLUK	1	20
12.	HİDROLİK PRES 100 TONLUK	1	15
13.	HİDROLİK PRES 120 TONLUK	1	15
14.	HİDROLİK PRES 100 TONLUK	1	15
15.	VİNÇ 15 TONLUK KÖPRÜLÜ	1	14,75
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
52.	KOVA MAKİNASI	3	1,1
53.	EKSANTRİK PRES 15 TONLUK	4	1,1
54.	BOYA KABİNİ (EMAYE)	2	1,1
55.	DEVİR DAİM MOTORU (KALORİFER KAZANI)	3	1,1
56.	TAŞLAMA	1	1,1
57.	MATKAP	1	0,75
58.	KOVA KIVIRMA MAKİNASI	2	0,75
59.	DEĞİRMEN	1	0,75
60.	BANT MOTORU	1	0,75
61.	TÜNEL FIRIN FAN MOTORU	6	0,75
62.	KALORİFER FAN MOTORU	3	0,75
63.	HAVALANDIRMA FAN MOTORU	2	0,75
64.	BACA ASPİRATÖRÜ	1	0,75
65.	SOBA DENEME BACA FAN MOTORU	1	0,75
66.	MATKAP	3	0,75
67.	YAN MATKAP	3	0,75
68.	MATKAP	2	0,37
69.	HAVALANDIRMA FANLARI (TOPLAM 33 ADET)	1	0,27



T. C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü
Özgeçmiş



Adı Soyadı:	Ömer KAVRAR
Doğum Yeri:	Ankara
Doğum Tarihi:	24/11/1981
Medeni Durumu:	Evlü
Öğrenim Durumu	
Derece:	Okulun Adı:
İlköğretim:	1988-1992 İbni Sina İlkokulu / Ankara
Ortaöğretim:	1992-1995 Yalçın Eskiyanan Orta Okulu / Ankara
Lise:	1995-1998 Kanuni Lisesi / Ankara
Lisans.	2000-2004 Karadeniz Teknik Üniversitesi / Trabzon
Yüksek Lisans.	2006-2008 Central Queensland Üniversitesi / Melburn
Becerileri:	Proje Koordinasyonu, İletişim, Finansal Denetim
İlgi Alanları:	Teknoloji, Enerji, Seyahat, Ekonomi, Spor
Halen Yaptığı İş:	Erasmus Program Koordinatörlü – Selçuk Üniversitesi – Erasmus Kurum Koordinatörlüğü
İş Deneyimi: (Doldurulması isteğe bağlı)	2003 – Stajyer – T.C. Vakıflar Bankası – Edremit Şubesi 2011 – İç Denetçi – Banvit A.Ş. 2011 – Uzman – S.Ü. Erasmus Kurum Koordinatörlüğü 2014 – İngilizce Ders Koordinatörü – S. Ü. Teknik Bilimler MYO.
Aldığı Ödüller: (Doldurulması isteğe bağlı)	
Hakkımda bilgi almak için önerebileceğim şahıslar: (Doldurulması isteğe bağlı)	
Tel:	+90 332 223 44 75
E-mail:	omer_kavrar@hotmail.com
Adres:	Erasmus+ Kurum Koordinatörlüğü, Akademi Mah. Yeni İstanbul Cad. NO:277A PK:42130 Selçuklu KONYA

İmza: