

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DOKTORA TEZİ**

**YAPISAL EŞİTLİK MODELİ'NİN İMALAT İŞLETMELERİNDE  
ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN İNCELENMESİ AMACIYLA  
KULLANILMASI**

**LEYLA ŞENOL**

**KOCAELİ 2016**

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DOKTORA TEZİ**

**YAPISAL EŞİTLİK MODELİ'NİN İMALAT İŞLETMELERİNDE**  
**ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN İNCELENMESİ AMACIYLA**  
**KULLANILMASI**

**LEYLA ŞENOL**

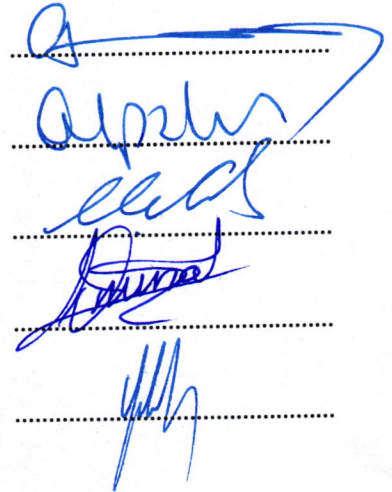
**Yrd.Doç.Dr. Gülşen AKMAN**  
**Danışman, Kocaeli Üniv.**

**Prof.Dr. Alpaslan FIĞLALI**  
**Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv.**

**Doç.Dr. Cenk ÇELİK**  
**Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv.**

**Yrd.Doç.Dr. Fatma Serab ONURSAL**  
**Jüri Üyesi, İstanbul Ticaret Üniv.**

**Yrd.Doç.Dr. Ahmet Yekta KAYMAN**  
**Jüri Üyesi, Beykent Üniv.**



**Tezin Savunulduğu Tarih: 04.11.2016**

## **ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR**

Enerji verimliliğini etkileyen dolaylı ve dolaysız etmenler incelenmesi ve kararlı enerji politikaları ile enerji verimliliğini arttırarak maliyetlerin azalması ve rekabet üstünlüğünün elde edilmesi konusunda önemli bir katkı sağlanmıştır. Bana bu konuda çalışma fırsatı veren değerli danışmanım Yrd.Doç.Dr. Gülşen AKMAN hocama teşekkür ederim. Ayrıca bu süreçte beni destekleyen Enstitü Müdürlerine, Müdür Yardımcılarına, tez izleme komite üyelerime ve başta Uzman Yusuf YAĞCI olmak üzere tüm enstitü çalışanlarına ve aileme sonsuz minnet duygularımı sunarım.

Ekim– 2016

Leyla ŞENOL

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	v
TABLolar DİZİNİ .....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	vii
ÖZET .....	viii
ABSTRACT .....	ix
GİRİŞ .....	1
1. YAPISAL EŞİTLİK MODELİ .....	4
1.1. Açıklayıcı Faktör Analizi ve DFA .....	5
1.2. Regresyon Analizi ve YEM .....	5
1.2.1. Yapısal eşitlik modelinin analiz süreci .....	5
1.2.1.1. Teorik olarak yapısal eşitlik modelinin geliştirilmesi .....	6
1.2.1.2. Nedensel ilişkilerin gösterildiği yol diyagramının çizilmesi .....	7
1.2.1.3. Yol diyagramına ait yapısal ve ölçüm modelin hazırlanması .....	8
1.3. Ölçüm Modeli (Doğrulamalı Faktör Analizi) (DFA) .....	10
1.4. Birinci Düzey DFA .....	10
1.5. İkinci Düzey DFA .....	15
1.6. Yapısal Eşitlik Modeli (Gizil Değişken Modeli) .....	17
2. DIŞA BAĞIMLILIĞIN AZALTILMASI .....	19
2.1. Enerji Politikası .....	20
2.2. Alternatif Enerji .....	21
2.3. İklim Değişikliği .....	22
2.4. Verimlilik .....	24
2.5. Etkenlik .....	24
2.6. Etkililik .....	24
2.7. Kalite .....	24
2.8. Performans .....	24
2.9. Enerji Türleri .....	24
2.9.1. Mekanik enerji .....	25
2.9.1.1. Potansiyel enerji geliştirilmesi .....	25
2.9.1.2. Kinetik enerji .....	25
2.9.4. Isı enerjisi .....	25
2.9.5. Kimyasal enerji .....	25
2.10. Enerji Kaynakları .....	25
2.10.1. Yenilenemeyen enerji kaynakları .....	26
2.10.1.1. Nükleer enerji .....	27
2.11. Yenilenebilir Enerji Kaynakları .....	28
2.11.1. Güneş enerjisi .....	28
2.11.2. Rüzgar enerjisi .....	29

2.11.3. Hidrolik enerji .....	29
3. LİTERATÜR TARAMASI .....	30
4. İMALAT İŞLETMELERİNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN YAPISAL EŞİTLİK MODELİ İLE İNCELENMESİ .....	49
4.1. Araştırmanın Konusu .....	49
4.2. Araştırmanın Amacı .....	49
4.3. Araştırmanın Önemi .....	50
4.4. Araştırmanın Problem Cümleleri .....	51
4.5. Araştırma Problemlerindeki Değişkenleri Etkileyen Faktörler .....	51
4.6. Araştırmanın Teorik Modeli .....	54
4.6.1. Etkililik .....	55
4.6.2. Enerji Tasarrufu .....	55
4.6.3. Otomasyon .....	57
4.6.4. Bilgi ve İletişim Teknolojisi .....	57
4.6.5. Eğitim .....	59
4.6.6. Yönetim .....	60
4.6.7. Denetim .....	60
4.7. Teorik Modelin ve Hipotezlerin Oluşturulması .....	60
4.7.1. Enerji verimliliği faktörü ile ilgili hipotezler .....	61
4.7.2. Yönetim faktörünün enerji verimliliği üzerindeki etkisiyle ilgili hipotezler .....	62
4.7.3. Denetim faktörünün enerji verimliliği üzerindeki etkisiyle ilgili hipotezler .....	63
4.7.4. Eğitim faktörünün enerji verimliliği üzerindeki etkisiyle ilgili hipotezler .....	64
4.7.5. Otomasyon faktörünün enerji verimliliği üzerindeki etkisiyle ilgili hipotezler .....	64
4.8. Araştırmanın Yöntemi .....	65
4.8.1. Araştırmanın Teknikleri .....	65
4.9. Ana Kitle ve Örnek Kitle .....	66
4.10. Araştırmanın Kısıtları .....	66
4.11. Veri Toplama Aracı .....	66
4.12. Anket Formundaki Ölçekler .....	67
4.12.1. Enerji verimliliği ölçeği .....	67
4.12.2. Denetim ölçeği .....	68
4.12.3. Otomasyon ölçeği .....	68
4.12.4. Eğitim ölçeği .....	68
4.12.5. Yönetim ölçeği .....	68
5. VERİLERİN ANALİZİ .....	69
5.1. Açıklayıcı Faktör Analizi .....	69
5.1.1. Birinci faktör enerji verimliliği faktörü .....	74
5.1.2. İkinci faktör denetim faktörü .....	75
5.1.3. Üçüncü faktör otomasyon faktörü .....	75
5.1.4. Dördüncü faktör eğitim faktörü .....	75
5.1.5. Beşinci faktör yönetim faktörü .....	76
5.2. Güvenilirlik Analizi .....	76
5.3. Araştırma Modelinin Analizi .....	77
5.3.1. Birinci aşama doğrulayıcı faktör analizi .....	77
5.3.2. İkinci aşama yem analizi ve hipotez testleri .....	81

5.3.3. Yem analizi .....	82
5.3.4. Hipotez testleri .....	83
6. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	85
KAYNAKLAR .....	90
EKLER .....	97
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER .....	101
ÖZGEÇMİŞ .....	102



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Yapısal Eşitlik Modelinin Aşamaları.....	6
Şekil 1.2. Yol Diyagramı Değişken Tipi Gösterimi.....	8
Şekil 1.3. Yol Diyagramı .....	9
Şekil 1.4. Üç Faktörlü Birinci Düzey Ölçüm Modeli .....	13
Şekil 1.5. İkinci Düzey Faktör Analizi Modeli .....	16
Şekil 1.6. Yapısal Eşitlik Modeli .....	17
Şekil 2.1. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması .....	26
Şekil 3.1. Araştırma İle İlgili Yapılmış Araştırmalar.....	40
Şekil 4.1. Araştırma Model Önerisi .....	55
Şekil 5.1. Yamaç Grafiği.....	72
Şekil 5.2. Teorik Modelin t Değerlerini Gösteren Ölçme Modeli .....	81
Şekil 5.3. Teorik Modelin YEM Grafiği.....	82

## TABLULAR DİZİNİ

Tablo 1.1	YEM’de Kullanılan Simgeler .....	9
Tablo 1.2.	Standart Uyum Ölçütleri .....	12
Tablo 3.1.	Araştırma İle İlgili Yapılmış Araştırmalar .....	41
Tablo 5.1.	Araştırma Değişkenlerinin Ortalamaları ve Standart Sapmaları .....	69
Tablo 5.2.	Açıklanan Varyans .....	71
Tablo 5.3.	Toplam Açıklanan Varyans .....	73
Tablo 5.4.	Döndürülmüş Bileşenler Matrisi .....	73
Tablo 5.5.	Güvenilirlik Analiz Sonuçları .....	76
Tablo 5.6.	Doğrulayıcı Faktör Analizinin Uyum Değerleri .....	78
Tablo 5.7.	Araştırma Değişkenleri Arasındaki Jorelasyon Değerleri .....	79
Tablo 5.8.	Doğrulayıcı Faktör Analizi Değerleri .....	80
Tablo 5.9.	Teorik Modelin YEM Analizinin Uyum İstatistiği Değerleri .....	83
Tablo 5.10.	Teorik Modeldeki Hipotezlerin Test Sonuçları .....	84



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

$\Delta$	: Hata-error gizil değişkende açıklanamayan varyansı
$\xi$	: Ksi (Gözlemlenemeyen dışsal değişkenler)
$\Phi$	: Phi (Dışsal örtük değişkenler arasındaki ilişki)
$\lambda$	: Lamda-x (Dışsal örtük değişkenleri gözlenen değişkenlerine bağlayan yol)
$\delta$	: Theta delta (Hata miktarları)
$\Lambda_x$	: Lambda-x (Ölçme modelinin parametreleri)
$\zeta$	: Zeta (örtük değişkenler)
$\Phi$	: phi (Dışsal gizil değişkenler arasındaki varyans-kovaryans matrisi)
$\Theta\epsilon$	: theta-epsilon (varyans-kovaryans)

### Kısaltmalar

AFA	: Açıklayıcı Faktör Analizi
AGFI	: Adjusted of Fit Index (Düzenlenmiş İyilik Uyum İndeksi)
CFI	: Comparative Fit Index (Karşılaştırmalı Uyum İndeksi)
DENN	: Denetim Faktörü
DFA	: Doğrulayıcı Faktör Analizi
EGTT	: Eğitim Faktörü
EVV	: Enerji Verimliliği Faktörü
GFI	: Goodness of Fit Index (İyilik Uyum İndeksi)
Ki-Kare	: Serbestlik Derecesi
LISREL	: LInear Structural RELations
MSA	: Measures of Sampling Adequacy
NFI	: Norm Fit Index (Normlaştırılmış Uyum İndeksi)
OTOO	: Otomasyon Faktörü
RMR	: Root Mean Square Residual
RMSEA	: Root Mean Square Error Approximation
SRMR	: Standardized Root Mean Square Residual (Uyum İyilik İndeksi)
YEM	: Yapısal Eşitlik Modeli
YONN	: Yönetim Faktörüdür

## YAPISAL EŞİTLİK MODELİ'NİN İMALAT İŞLETMELERİNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN İNCELENMESİ AMACIYLA KULLANILMASI

### ÖZET

Enerji ihtiyacı artan bir eğilim gösterirken, kaynaklar azalan bir eğilim göstermektedir. Ülkemizde enerjinin verimli kullanılmasıyla ilgili çeşitli programlar yürütülmektedir. Enerji verimliliği politikaları ve alınabilecek önlemler, 2 Mayıs 2007 tarihinde yürürlüğe konulan 5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanununa, yayınlanan birçok yönetmeliğe, tebliğ ve 2012 yılındaki Enerji Verimliliği Stratejisine dayanmaktadır. 25 Ekim 2008 tarihli enerji kaynaklarının etkin kullanılmasına yönelik yayınlanan yönetmelik, 27 Ekim 2011 tarihinde önemli değişikliklerle yenilenerek, Enerji Verimliliği Kanunu'nun uygulanması için gerekli olan süreçler belirlenmiştir. Bu bağlamda enerji verimliliği çalışmaları hız kazanmıştır. Ancak, Ülkemizdeki tüm kuruluşları ilgilendiren mevzuatlar ve Enerji Verimliliği Stratejisi konusunda yeterli bilgiye sahip olunmadığı gözlemlenebilmektedir. Farkındalığın artması ile mevzuatla beklenen enerji verimliliği artışına da katkı sağlanabileceği açıktır. Günümüzde ise enerjiye olan yoğun talep nedeniyle, pahalı bir enerji türü olan elektriğin etkin kullanılması ve tasarrufunun önemi büyüktür.

Yapılan çalışmalarda özellikle gelişmekte olan ülkelerin sanayi sektöründe, enerji tasarrufu potansiyelinin yüksek olduğu görülmektedir. Bu yüksek potansiyelin ekonomiye kazandırılması ise, enerji politikalarının kararlı bir şekilde uygulanmasıyla sağlanabileceği bir gerçektir.

Bu bağlamda enerji verimliliğini etkileyen etmenlerin, etki derecelerinin ve aralarında ilişki olup olmadığının belirlenmesi son derece önemlidir. Üretimde enerjinin verimli kullanılmasını etkileyen etmenlerin belirlenmesi konusunda araştırma yapılmasını gerekli kılmıştır. Bu bağlamda enerjinin verimli kullanılmasını etkileyen faktörlerin belirlenmesi araştırmanın konusunu oluşturmuştur. Bu çalışmada, enerji verimliliğini etkileyen etmenleri içeren teorik bir model geliştirilmiş ve bu model bilimsel olarak kabul görmüş ve doğrulanmış bir yöntem olan Yapısal Eşitlik Modellemesi ile test edilmiştir. Geliştirilen model ile ilgili veri, imalat sektöründe faaliyet gösteren işletmelerinden anket yöntemi ile toplanmış ve enerji verimliliğini etkileyen dolaylı ve dolaysız etmenler incelenmiş olup, enerji verimliliğini etkileyen etmenler belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji Politikası, Enerji Tasarrufu Potansiyeli, Enerji Verimliliği, İşletme.

## **THE USE OF STRUCTURAL EQUATION MODEL IN MANUFACTURING ENTERPRISES FOR ANALYSING ENERGY EFFICIENCY**

### **ABSTRACT**

While the need for energy shows increasing trend, sources indicate decreasing trend. Various programs have been carried out on the efficient use of energy in our country. Energy efficiency policies and measures that could be put into effect are based on the Energy Efficiency Law numbered 5627 which was constituted on 2 May, 2007, many regulations issued, notice, and Energy Efficiency Strategy of 2012. The regulation dated 25 October 2008 for the efficient use of energy sources, was renewed with important changes on 27 October 2011; therefore, the necessary processes for the implementation of the Energy Efficiency Law were determined. In this regard, energy efficiency studies have been accelerated. However, it has been observed that we do not have enough information about Energy Efficiency Strategy and the legislations that concern every institution in our country. It is clear that with the increase in awareness will contribute to the increase in energy efficiency which has been expected to be performed with legislation. Today, because of strong demand for energy, the efficient use of electricity which is an expensive kind of energy and energy saving have great importance. In the studies conducted, it has been realized that in industry sector, particularly in developing countries, energy saving is really high. Reintegrating this high potential to economy is only possible through the implementation of energy policies in a determined manner.

In this respect, the degree of influence of the factors that affect energy efficiency and determining if they have a relation between them are significant. It makes it necessary to make a research do identify the factors that affect energy efficiency in good manufacturing. In that sense, identifying the factors that affect energy efficiency becomes the subject on the study. In this study, the "Structural Equation Model" which has been scientifically accepted and verified has been used. The data regarding the model conducted, has been collected from the manufacturing businesses through the survey method. The direct and indirect effects that influence energy efficiency have been examined and, thus, the factors that have an impact on energy efficiency have been determined.

**Keywords:** Efficiency Policies, Energy Saving Potential, Energy Efficiency, Manufacturing.

## **GİRİŞ**

Enerji kullanımının giderek artması, kaynakların ise azalması enerjinin verimli kullanılması yönünde çeşitli politikaların ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Türkiye’de enerji politikası, arz güvenliğine ve artan talebin karşılanmasına yöneliktir.

Günümüzde en önemli enerji kaynakları fosil yakıtların (kömür, petrol, doğalgazın) giderek azalması ve kullanım hızının da giderek artması ve bu yakıtların çevreye verdiği zarar kullanımı yönünde daha akılcı yolların bulunmasını zorunlu hale getirmektedir.

Enerji verimliliği; enerjinin üretilmesi, ulaştırılması ve kullanılması yönündeki tüm faaliyetleri kapsamaktadır. Bu nedenle bir yandan daha az maliyetli enerji kullanımıyla, daha fazla kaynağı, enerji üretimi yönünde kullanma çalışmaları sürdürülmesi bir yandan da aynı enerji miktarıyla daha fazla iş yapılması konusunda tedbirler geliştirilmesi zorunluluk haline gelmiştir. Bu bağlamda enerji kayıplarını önlemek için yapılan çalışmalar arasında, teknolojik santraller, elektrik üretimi, dağıtımı ve iletimi konusunda kayıpların azaltılıp performansı artırma çalışmaları yer almaktadır.

Gelişmiş ülkelerde enerji verimliliği konusunda yapılan çalışmalar kapsamında, verimli enerji elde etmek için teknolojiler geliştirilmiş ve yaygınlaştırılması için büyük bütçeler ayrılmıştır. Kamu tarafından yapılan çalışmalar ise; eğitim, bilgilendirme ve yasal düzenlemeler şeklinde olmuştur. Türkiye’de enerjinin büyük bir bölümü sanayide tüketilmektedir. Ülkemizin enerji verimliliği konusunda Dünya ortalamasının altında kalması, bu konudaki çalışmaların artarak sürdürülmesi gereğini ortaya çıkarmaktadır. Ülkemizde bir birim katma değer üretebilmek için birçok ülkeye göre oldukça yüksek düzeyde enerji harcandığı görülmektedir.

Ülkemizde enerji verimliliğine yönelik, binalar ve ev aletleri ile ilgili bazı düzenlemeler yapılmış yönetmelikler çıkarılmıştır. Bu yönetmeliklerin bazıları şöyledir: Genel Aydınlatma Yönetmeliği, Enerji ile ilgili Ürünlerin Çevreye Duyarlı

Tasarımına İlişkin Yönetmelik, Enerji Kullanımında Verimliliğin Arttırılmasına Dair Yönetmelik, Küçük ve Orta Ölçekli Sanayi Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı (KOSGEB) Destekleri Yönetmeliği'dir (URL - 1)

Sanayiye yönelik ise eğitim ve bilgilendirme çalışmaları sürdürülmektedir. Ancak, sonuçlar kısa sürede alınamayacağından daha fazla düzenlemeye ve bu düzenlemelere tam olarak uyumun sağlanmasına ihtiyaç bulunmaktadır. Konunun önemini anlamaya ve enerji verimliliği konusunda önlemler almaya başlayan sanayi kuruluşları vardır ama yeterli düzeyde olduğu söylenememektedir.

Dünyadaki gelişmelere bakıldığında, enerji verimliliği alanında gelişmiş teknolojilerin uygulamaya konulduğundan bahsedilebilir. Örneğin; yeni santral teknolojileri, elektrikli ulaşım araçları, hidrojen enerjili arabalar vb. konularda tüm ülkelerin, enerji konusuyla ilgilenen birimleri aracılığıyla güvenli, çevreye duyarlı ve riski en az enerji politikaları üretmek için çaba gösterdikleri görülmektedir.

Yeni teknolojilerin gelişmesi, fiyat (petrol) istikrarsızlığına karşın, enerjinin günlük hayatta kullanım oranının artmaya devam etmesi, enerji ve elektrik sistemlerinin tasarruf, etkinlik ve performans konularıyla yakından ilgilenilmeyi zorunlu kılmıştır.

Enerji verimliliği konusunda en önemli stratejilerden biri enerji tasarrufudur. Bu nedenle enerji tasarrufu da enerji verimliliği kapsamı içinde değerlendirilmektedir.

Enerji verimliliği kısaca, üretimden tüketime kadar olan tüm aşamalarda etkinliğinin en yüksek düzeyde tutulması iken enerji tasarrufu ise üretim ve hizmet gerçekleştirmek için her aşamada enerji kullanım miktarının azaltılması olarak tanımlanabilir. Bir başka açıdan da atıkların geri kazanılması, yeni teknoloji kullanımı ile üretim miktarında ve kullanım yararlılığı konusunda bir azalma meydana gelmeden enerji kullanımını azaltmak olarak tanımlanabilir. Gelişmekte olan ülkelerde güçlü enerji verimliliği stratejileri sanayileşmiş ülkelere göre ekonomik açıdan çok daha önemlidir. Enerji yatırımları için ayrılacak kaynaklar sınırlı iken, enerji talebi büyüme eğiliminde olduğundan konunun önemini daha da arttırmaktadır. İhtiyaçlarda enerji azaltılması yoluna gidilmesi (ısı yalıtımı, motor verimliliği vb.), bir diğer önemi ise enerji tasarrufu ile otomatik olarak çevreye verilen zararın da azaltılması gerekliliğidir. Sonuç olarak enerji verimliliği

konusunda alınacak olan önlemler maliyet/etkinlik konusunda ve çevreye duyarlılık konusunda en ucuz ve en kolay yoldur.



## 1. YAPISAL EŞİTLİK MODELİ

Yapısal eşitlik modeli, bir ya da birden fazla gözlemlenebilen değişken ile gözlemlenemeyen değişken arasındaki eş-zamanlı bağımlılık ilişkisini açıklayan bir modeldir. Modelin en önemli kavramlarından biri gözlemlenemeyen değişkendir. Gözlemlenen değişken ile gözlemlenemeyen değişken arasındaki bağlılığı ve derecesini açıklayan bir ya da birden fazla regresyon eŐitliklerini içerir. Modelin uyumluluğu hakkında bilgi verir.

Nedensel ilişkilerden oluşan modellerin test edilmesinde sıklıkla kullanılan Yapısal EŞitlik Modeli (YEM), önceden belirlenen ilişkilerin toplanan veriler tarafından doğrulanıp doğrulanmadığını test eden teknikler bütünü olduğundan, araştırmaya uygun yöntem olarak kabul edilmiştir.

Modelde gösterilen değişkenler arasındaki ilişkilerin doğrulanıp doğrulanmadığı, toplanan verilerin yapısal eşitlik modeli analizi ile ortaya konmuŐtur.

YEM, faktör analizi, korelasyon analizi ve regresyon analizlerinden oluşan bir tekniktir ancak faktör analizi ve regresyon analizine göre üstün yönleri vardır.

Bu teknik faktör analizinin ve regresyon analizinin (yol analizi) bir bileŐimi gibi görülmektedir. YEM, gözlemlenemeyen değişkenlerle kuramsal yapılar arasındaki ilişkiler regresyon veya değişkenler arasındaki yol katsayılarıyla gösterilir. Bir dayalı bir ok araştırmacı bu modeli LISREL model olarak kabul eder. LISREL, LInear Structural RELations'un kısaltması olup, ilk kez Jöroskog tarafından kullanılmıŐ, yaygın bir yapısal eşitlik modelidir (URL-4 Hox, Bechger, z.t:2016).

Doğrulayıcı Faktör Analizi (DFA) (Confirmatory Factor Analysis) ve Yapısal EŞitlik Modeli Analizi(YEM) (Linear Structural Relations), İstatistik paket programı LİSREL kullanılacaktır. Bunun nedeni ise, bağımlı ve bağımsız değişkenlerinin ölçüm hatalarını belirlemek, neden-sonuç iliŐkisiyle eş-zamanlı bağımlılıkları da belirleyen bir model olmasıdır.

## **1.1. Açıklayıcı Faktör Analizi ve DFA**

Klasik faktör analizinde her bir maddenin her faktördeki (gözlemlenemeyen değişken) yük miktarı ortaya konulur. Doğrulayıcı faktör analizinde (DFA) her bir maddenin hangi maddenin (gözlemlenemeyen değişken) ögesi olacağı önceden belirlenerek model oluşturulur. Daha sonra her bir maddenin ilgili faktördeki (gözlemlenemeyen değişken) yükü hesaplanır (Talidil, 1992).

## **1.2. Regresyon Analizi ve YEM**

Gözlenen değişkenlerle ilgili yol (path) diyagramı, klasik regresyon analizi ile de yapılabilir ancak bu teknikte her bir analiz ilişkisi için ayrı bir regresyon analizine ihtiyaç duyulurken, YEM ile yapılan analizlerde, değişkenler arasında belirlenen tüm ilişkiler tek bir analizle ortaya konmakta olup ölçmeden kaynaklanan hatalar devre dışında bırakılmaktadır (Talidil, 1992).

Çoklu regresyon analizinde her bir bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerine doğrudan etkisi söz konusudur. Ancak, bağımlı değişken ile bağımsız değişken ya da değişkenler arasındaki doğrudan ilişkilerin yanı sıra dolaylı ilişkilerin varlığı da söz konusu olabilir. Bu durumlar için klasik regresyon analizi ve korelasyon analizi yetersiz kalmaktadır (Balcı, 2000).

İşte bu yetersiz durumlar, YEM veya Yol Analizi adı verilen istatistiksel tekniğin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Yol Analizinde, değişkenler arasındaki nedensel ilişkilerin önemi ve büyüklüğü tahmin edilmektedir. Çoklu regresyon analizinde yer alan varsayımlar, bir bağımlı değişken tüm bağımsız değişkenler üzerinden analiz edilirken, Yol Analizinde tüm bağımlı değişkenler her bir bağımsız değişken üzerinden analiz edilmektedir.

### **1.2.1. Yapısal eşitlik modelinin analiz süreci**

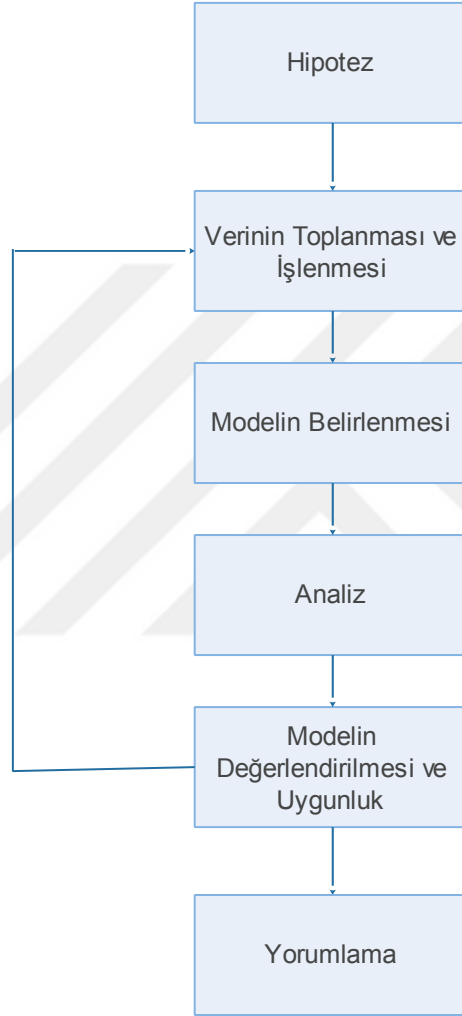
Yapısal eşitlik modelinin analizi, parametrelerin tahmini ve modelin uyumluluğunun belirlenmesi süreci aşağıdaki aşamalardan oluşmaktadır.

Yapısal Eşitlik modelinin Aşamaları:

1. Teorik Modelin Geliştirilmesi,



2. Nedensel ilişkilerin gösterildiği yol diyagramının çizilmesi,
3. Yol diyagramına ait yapısal ve ölçüm modellerinin hazırlanması,
4. Önerilen modelin tahmin edilmesi,
5. Yapısal modelin uygunluk ölçülerinin hesaplanması,
6. Sonuçların yorumlanması.



Şekil 1.1. Yapısal Eşitlik Modelinin Aşamaları

#### 1.2.1.1. Teorik olarak yapısal eşitlik modelinin geliştirilmesi

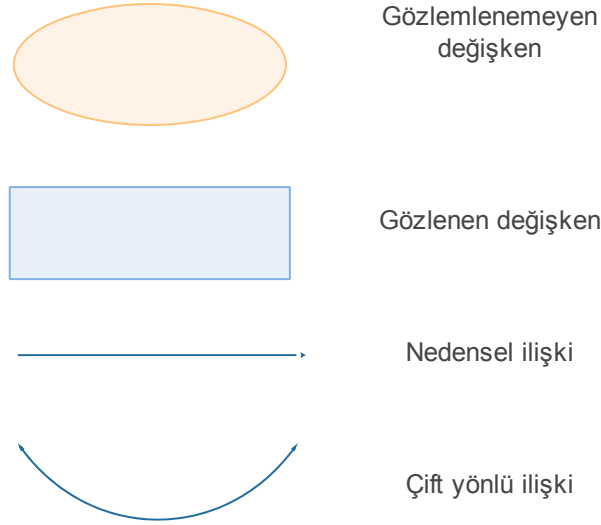
YEM değişkenler arasındaki ilişkilerden oluşan modellerin test edilmesinde kullanılmakta olup en önemli özelliği bütünüyle teoriye dayalı bir model olmasıdır. YEM’de gözlemlenemeyen değişkenler ve gözlenen değişkenler olmak üzere iki tür değişken vardır. YEM’de gösterge olarak ifade edilir. Bu ifade araştırma yapanın doğrudan ölçtüğü yada gözlediği değişkeni gösterir. Yapısal Eşitlik Modelinde iki tür

gözlemlenemeyen değişken vardır. Bunlar içsel ve dışsal gözlemlenemeyen değişkenlerdir. Bir gözlemlenemeyen değişken en az iki gösterge tarafından tanımlanır. Modelde gözlemlenemeyen değişkenler arasındaki veya gözlenen değişkenlerle gözlemlenemeyen değişkenler arasındaki ilişkiyi açıklamak için oluşturulur. Geliştirilen model için nedensel ilişkileri gösteren yol grafiği çizilir.

### 1.2.1.2. Nedensel ilişkilerin gösterildiği yol diyagramının çizilmesi

Yapısal modelinde, değişkenler arasındaki ilişkilerin geometrik şekillerle sunulmasını sağlayan grafik gösterime yol diyagramı (path diagram) denilmektedir. Modelde bulunan değişkenler iki farklı grupta toplanırlar. Birinci tip değişkenler; Gözlemlenemeyen değişkenler doğrudan ölçülemeyen gizli değişkenlerdir (latent variable) . Bu değişkenler, modelin yol diyagramı çizilirken daire veya elips şeklinde geometrik olarak temsil edilirler. İkinci tip değişkenler ise gözlenen (belirleyici – indikatör) değişkenlerdir (manifest variable). Bu değişkenler, gözlemlenemeyen değişkenlerin birinci değişken olarak belirlenmesine yardımcı olan veya gözlemlenemeyen değişkenlerin ölçeklenmesine katkıda bulunan gözlenen değişkenlerdir. Bu değişkenler yol diyagramında dikdörtgenlerle gösterilir. Dış değişkene bağımsız değişken, (exogenous variable) İç değişkene, bağımlı değişken, (endogenous variable) denir. İki değişken arasındaki ilişki hakkında bu iki değişken yeterli bilgi vermez. Bu iki değişken arasındaki ilişki aşağıdaki durumların birinden kaynaklanır;

- Bir değişkenin diğerine direk etkisi,
- Bir değişken diğerini etkilerken, diğer değişken ise üçüncü bir değişkeni etkiler, dolayısıyla birinci değişkenin ikinci değişken aracılığıyla üçüncü değişken üzerinde dolaylı etki oluşturur. Yani, X değişkeni hem Y'yi hem de Z'yi etkiler.
- Yapısal modelinDiğer bir durum ise; Her bir değişken diğerinin nedenidir. Yani X değişkeni Y'yi etkilerken Y de X'i etkiler.



Şekil 1.2. Yol Diyagramı Değişken Tipi Gösterimi (Eroğlu, 2003)

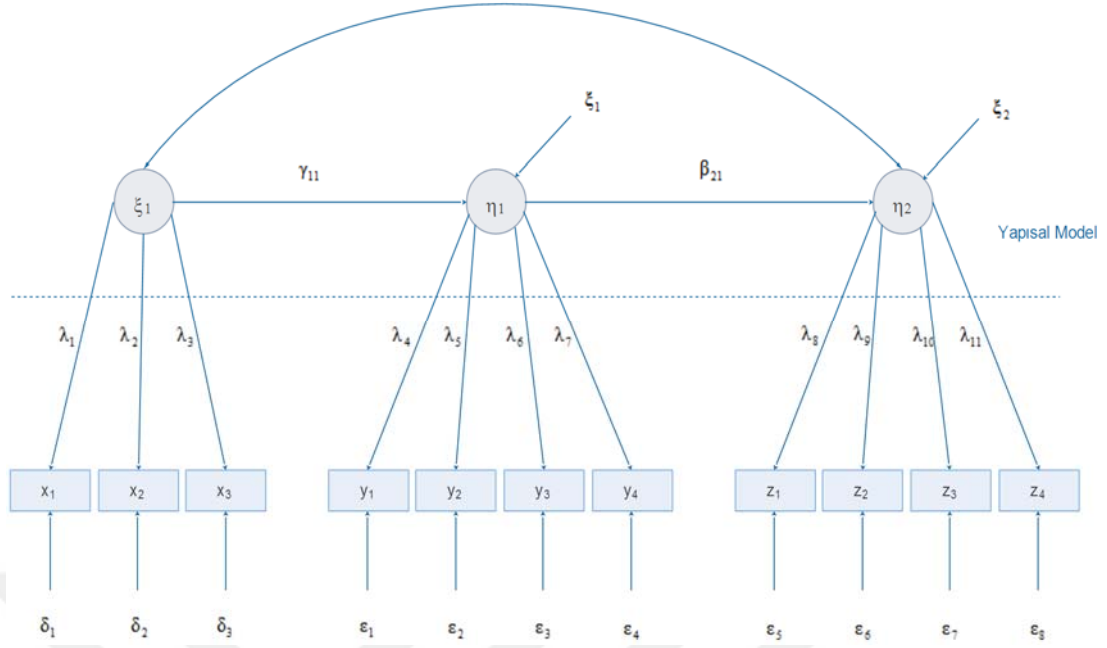
Yapısal Eşitlik Modeli (YEM), ölçüm modeli (DFA) ve LISERAL bölümlerini oluşturmaktadır. Gözlemlenemeyen değişkenlerin, gözlemlenen değişkenlere nasıl bağlı olduğu ölçüm modeli ile gösterilir. Gözlenemeyen değişkenler arasındaki neden-sonuç ilişkilerini ise yapısal eşitlik modeli ortaya koyar.

Yapısal eşitlik Modelinin kullanıldığı bir başka araştırmada incelenen konu, müşteri memnuniyeti ve bağlılıktır. Çalışmada Tayvan'daki bir işletmede büyüme, gelişme ve kar sağlama kapsamında tren yolcularının bu treni tercih etmelerinde etkili olan faktörler ve etkileri incelenmiştir. Bu çalışmada yöneticilerin etkili pazarlama stratejileri geliştirmelerinde sürekli kalite, müşteri ilişkilerini etkili biçimde yönetme ve gelecekte müşterilerin bağlılık ve güvenini kazanma konuları amaçlanmıştır (Aydın, 2010).

### 1.2.1.3. Yol diyagramına ait yapısal ve ölçüm modelin hazırlanması

YEM, ilgili gözlemlenemeyen değişkenler arasındaki ilişkiyi gösteren yapısal model olup gözlemlenemeyen değişkenler ve onları açıklayan gözlenen değişkenler arasındaki ilişkileri gösteren ölçüm modelinden oluşur (Büyüköztürk, Çokluk, Bökeoğlu, Şekercioğlu, 2010).

YEM'de ölçüm modeli ve yapısal model yol (path) diyagramı ile gösterilir (Şekil 2.3).



Şekil 1.3. Yol Diyagramı (URL-4, z.t, 2015).

Tablo 1.1. YEM’de Kullanılan Simgeler

$\eta$	Eta	Gözlemlenemeyen bağımlı (içsel) değişken
$\xi$	Ksi	Gözlemlenemeyen bağımsız (dışsal) değişken
$\zeta$	Zeta	Gözlemlenemeyen bağımlı değişkendeki hata
$\beta$	Beta	Gözlemlenemeyen bağımlı değişkenler arasındaki ilişkiyi gösteren katsayı
$\gamma$	Gama	Gözlemlenemeyen bağımsız değişkenlerle gözlemlenemeyen bağımlı değişkenler arasındaki ilişkiyi gösteren katsayı
$\epsilon$	Epsilon	Bağımlı gözlenen değişkendeki hata
$\delta$	Delta	Bağımsız gözlenen değişkendeki hata
$\lambda_x$	Lamda x	Bağımsız gözlenen değişkenin Gözlemlenemeyen bağımsız Değişken ile ilişkin katsayısı
$\lambda_y$	Lamda y	Bağımlı gözlenen değişkenin Gözlemlenemeyen bağımlı Değişken ile ilişkin katsayısı

### **1.3. Ölçüm Modeli (Doğrulayıcı Faktör Analizi) (DFA)**

Açıklayıcı faktör analizinin aksine, doğrulayıcı faktör analizi ölçülmek istenen gözlemlenemeyen değişkenin tanımıyla başlar. Bu özlü bir teoriye ve/veya ön bilgiye dayanır. Sonra bu gözlemlenemeyen değişkenleri ölçmek için gözlenen değişkenler oluşturulur. gözlemlenemeyen değişkenlerle bu gözlemlenemeyen değişkenlerin gözlenen değişkenleri arasındaki ilişkilere “ölçüm modeli” denir ve DFA yardımıyla yapısal eşitlik modeline dahil edilir. Her bir gözlenen değişken ancak bir gözlemlenemeyen değişkenin açıklayıcısı durumunda olabilir (Aydın, 2010).

Ölçüm modelleri, dış (exogenous) ve iç (endogenous) değişkenler olmak üzere iki şekilde modellendirilir. Ölçüm modelinde gözlemlenemeyen değişkenler ile gözlenen değişkenler arasındaki ilişki irdelenir. Model bir bütün olarak test edilmeden önce mutlaka ölçüm modellerinin doğrulayıcı faktör analiziyle kontrol edilmesi gerekir (Aydın, 2010).

DFA iki düzeyli bir analizdir; 1. Birinci düzey DFA, 2. İkinci düzey DFA.

### **1.4. Birinci Düzey DFA**

Birinci düzey DFA’da YEM modelindeki her bir gözlenen değişkenin (maddenin) kendi gözlemlenemeyen değişkenini ne kadar iyi temsil ettiği t-değerlerinin hesaplanmasıyla belirlenir. Tüm t-değerlerinin (parametre değerlerinin) anlamlı olması, söz konusu modelin kabul edilebilmesi için gerekli fakat yeterli değildir. Modelin bir bütün olarak kabul edilebilmesi için t-değerlerinden başka Uyum İyiliği İstatistiklerine (Goodnes-of Fit Statistics) bakılır.

T-değerleri

gözlemlenemeyen değişkenler ile gözlenen değişkenler arasındaki regresyon ilişki katsayılarının t değerleri 0,05 önem düzeyinde ( $t > 1,96$ ) anlamlı kabul edilir. Gözlenen değişkenlerden en yüksek katsayıya sahip olan, örtük değişkenle en yüksek ilişkiye sahip değerdir.

Uyum İyiliği İstatistikleri (Goodnes-of-Fit Statistics)

YEM modellerinin uygunluk değerlendirilmesinde Uyum İyiliği İstatistikleri (Goodnes of Fit Indices) kullanılır. Bu istatistikler her bir modelin veriler tarafından kabul edilebilir bir düzeyde desteklenip desteklenmediğinin belirlenmesini sağlar. Ancak uyum iyiliği değerlerinin anlamlı çıkması, modelin bir bütün olarak kabul edilebileceği anlamına gelmez. Bu nedenle, ister yapısal ister ölçüm modeli olsun, model sağlam bir temel üzerine kurulmalı, gözlemlenemeyen yapılar için çok önemli olabilecek değişkenler veya bunların ilişkileri ihmal edilmemelidir. Önemli olan, konuyla ilgili literatürün çok iyi okunması ve modelin buna göre kurulmasıdır (Şimşek, 2007a).

YEM modellerinin uygunluk değerlendirilmesinde birçok uyum iyiliği indeksleri kullanılmaktadır (Şimşek, 2007b).

1. Ki-kare ( $\chi^2$ ) uyum istatistiği: İlk kullanılan uyum istatistiği olup, bir modelin kabul edilebilir olması için  $\chi^2$  değerinin anlamlı çıkmaması istenir.  $\chi^2$  istatistiği, ana kitle kovaryans matrisi ile örnek kitle kovaryans matrisinin birbiriyle uyumuna bakar ve söz konusu değer anlamlı çıkması iki kovaryans matrisinin birbirinden farklı olduğunu gösterir (Tabachnick and Fidel, 2001). Halbuki YEM çalışmalarında istenilen, iki kovaryans matrisi arasında yani teorik beklentilerle veriler arasında bir farklılığın olmamasıdır. Bu durumda  $\chi^2$  değerinin anlamlı olmamasını bekleriz. Buradan YEM'de  $H_0$  ve  $H_1$  hipotezlerinin geleneksel analizlerdekinin tam tersine ifade edildiği anlaşılmaktadır. Ancak uygulamada  $\chi^2$  değerinin anlamlı çıktığı görülür, çünkü bu değer örnek kitle büyüklüğüne çok duyarlıdır. Özellikle küçük örnek kitlelerde söz konusu değer daha kolay bir şekilde anlamsız çıktığı bilinmektedir. Buna karşılık çok büyük örnek kitlelerde bu değer neredeyse hep anlamlı çıkar. Bu nedenle, bunun yerine bir başka hesaplama,  $\chi^2$  değerinin serbestlik derecesine bölünmesiyle yapılır ve bu oranın 2 veya altında olması modelin iyi bir model olduğunu, 5 veya daha altında bir model olması ise modelin kabul edilebilir bir uyum iyiliğine sahip olduğunu gösterir.

2. Hata Kareler Ortalamasının Karekökü-Root Mean Square Error Approximation RMSEA Ana kütledeki yaklaşık uyumun bir ölçüsüdür. Yaklaşık ortalamaların karekökü anlamına gelir. Sıfır ve bir arasında değer alır.

3. Root Mean Square Residual (RMR): Bu değer sifira yaklařtıķca test edilen modelin daha iyi uyum iyiliği gosterdiği anlaşılır. Standardize edilmiş şekline Standardized Root Mean Square Residual SRMR uyum iyilik indeksi denir.

4. Normlaştırılmış Uyum İndeksi-Norm Fit Index (NFI)

5. Karşılaştırmalı Uyum İndeksi-Comparative Fit Index (CFI): Değişkenler arasında hiçbir ilişkinin olmadığını varsayarak kurulan modelin yokluk modelinden (null) farkını verir. Değişkenler arasında ilişkinin olmadığını öngören modeldir. Değeri 0 - 1 arasında değişir.

6. İyilik Uyum İndeksi-Goodnes of Fit Index (GFI): Uyum iyiliği indeksi anlamına gelir. Modelin örnekledeki kovaryans matrisini ne oranda ölçtüğünü gösterir. GFI değeri 0 ile 1 arasında değişir. GFI 'nın 0.90 'ı aşması iyi bir model göstergesi olarak değerlendirilir.

7. Düzenlenmiş İyilik Uyum İndeksi-Adjusted of Fit Index (AGFI) GFI testinin yüksek örnek hacmindeki eksikliğini gidermek amacıyla kullanılan bir indekstir. Değeri 0-1 arasında değişir ve 0,90'ın üzerinde olması gerekir.

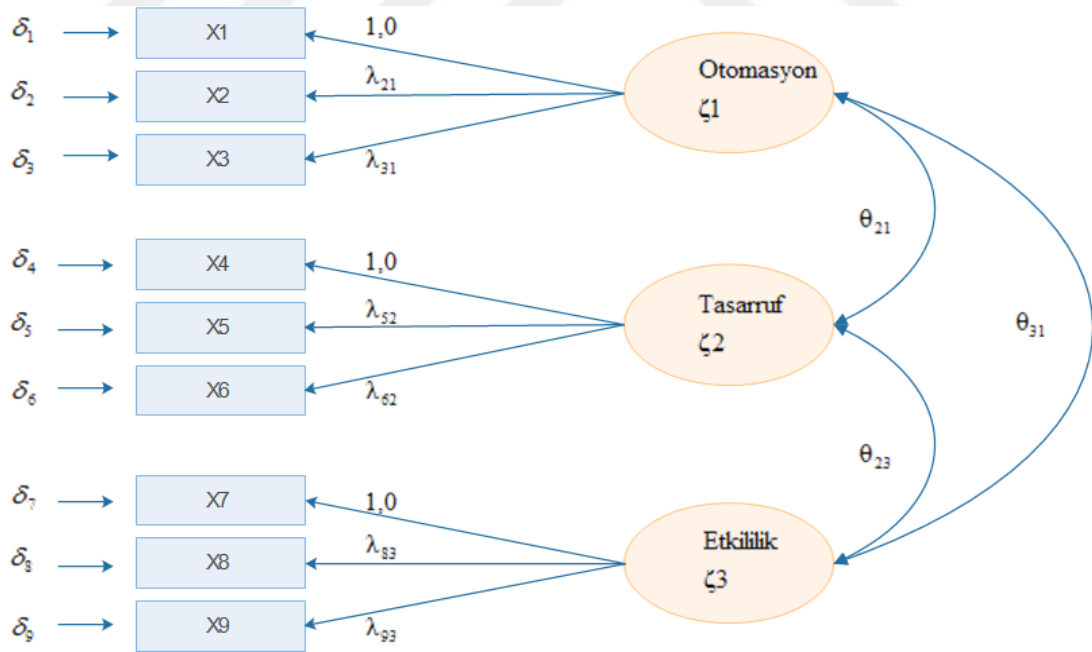
Bu uyum iyiliği istatistiklerinden hangisinin kullanılacağına dair literatürde tam bir uzlaşma sağlanamamıştır (şimşek, 2007c).

Tablo 1.2. Standart Uyum Ölçütleri [72]

Uyum Ölçütleri	İyi Uyum	Kabul Edilebilir Uyum
P değeri	$0,05 \leq p \leq 0,10$	$0,01 \leq p \leq 0,05$
Ki-Kare/Serbestlik Derecesi	1-2	3-5
RMSEA	$0 < RMSEA < 0,05$	$0,05 < RMSEA < 0,10$
RMR	$0 \leq RMR \leq 0,05$	$0,05 \leq RMR \leq 0,010$
SRMR	$0 \leq SRMR \leq 0,05$	$0,05 \leq SRMR \leq 0,10$
NFI	$0,95 \leq NFI \leq 1$	$0,90 \leq NFI \leq 0,95$
CFI	$0,97 \leq CFI \leq 1$	$0,95 \leq CFI \leq 0,97$
GFI	$0,95 \leq GFI \leq 1$	$0,90 \leq GFI \leq 0,95$

Verimlilik ile ilgili bir gözlemlenemeyen değişken olduğunu varsayalım. Bu değişken teorik olarak; Enerji Verimliliği, Tasarruf, Politika, Etkililik olarak tanımlanmış olsun. Bir sonraki adım, her bir değişken için en az iki maddeden oluşan ölçme araçlarını belirlemek olacaktır. Araştırmacı tarafından Açıklayıcı Faktör Analizi (AFA) ile veya teorik olarak belirlenmiş bu değişkenlerden bir model oluşturulabilir.

Ölçme modeli, t-değerleri ve uyum iyiliği istatistikleri tarafından kabul edilmesi, gözlenen değişkenlerin, gözlemlenemeyen değişkenleri açıklıyor olması anlamına gelir. Kabul edilmemesi durumunda model üzerinde önerilen modifikasyonlar yapılmalı, o da yetersiz olursa model yeniden kurulmalıdır. Bir modelin uyum istatistikleriyle kabul edilemez olduğu görülürse, bunun nedeni ya kaynakları ölçerken yapılan hatalar ya da modeldeki ilişki örüntülerinin doğru kurulmamasıdır. Ancak gerçek nedenin YEM çalışmaları ile belirlenmesi imkânsızdır. Ancak YEM'in özel bir uygulaması olan Çoklu nitelik-Çoklu yöntem (Multitrait-Multimethod) çalışmalarıyla belirlenebilir (Şimşek, 2007d).



Şekil 1.4. Üç Faktörlü Birinci Düzey Ölçme Modeli (Korkmaz, 2012).

Modeldeki oval şekiller gözlemlenemeyen değişkenleri, dikdörtgen şekiller ise gözlenen değişkenleri, tek yönlü oklar gözlemlenemeyen değişkenlerle gözlenen değişkenler arasındaki ilişkiyi, “δ” simgesi her bir gözlemlenemeyen değişkende



açıklanamayan varyansı (hata-error) gösterir. Bu öge her bir gözlenen değişkende, söz konusu ölçme modeli ile açıklanamayan bir özellik (hata) olduğunun göstergesidir. YEM çalışmalarının üstün yanlarından en önemlilerinden birisi, ölçülmeye çalışılan yapılardaki hatanın elimine edilmesine imkan vermesidir. Böylece değişkenler arasındaki ilişki araştırılırken belirlenen ilişki katsayıları, yani standardize edilmiş yol (path) katsayıları hatadan arınmış bir şekilde bulunmuş olur. Bu da güvenilir sonuçlar elde edilmesini sağlar. Eğik ve iki yönlü oklar gözlemlenemeyen değişkenler arasındaki ilişkiyi gösterir fakat bu oklar tek yönlü oklar gibi neden sonuç ilişkisini değil, korelasyon veya kovaryans (birlikte değişim) ilişkisini gösterir (Şimşek, 2007e).

Doğrulayıcı faktör analizinde de gözlemlenemeyen değişkenlerle yol analizinde de tüm gözlemlenemeyen dışsal değişkenler “Ksi” ( $\xi$ ) olarak adlandırılır. Buradaki tüm örtük değişkenler, başka değişken tarafından yordanamamakta, tersine kendi gözlenen değişkenlerini yordamaktadır. Dışsal örtük değişkenler arasındaki ilişki ise “Phi” ( $\Phi$ ) olarak adlandırılır. Dışsal örtük değişkenleri gözlenen değişkenlerine bağlayan yollar ise “Lamda-x” ( $\lambda$ ) simgeleri ile ifade edilir gösterilir. Burada her bir gözlemlenemeyen değişkenin ilk gözlenen değişkeni ile ilişkisi “1” değerine sabitlenmiştir. Başka bir anlatımla bu ilişkiye bir sınırlama (constaint) getirilmiştir. Bu gösterimde hata miktarları ise “Theta delta” ( $\delta$ ) simgesi ile gösterilmektedir.

Ölçme modeline ilişkin eşitlik şöyle gösterilir:  $X = \lambda x \zeta + \delta$

Bu ölçme modelinin parametreleri  $\lambda x$  (Lambda-x), örtük değişkenler ( $\zeta$ ), ölçme hataları ( $\delta$ ) şeklindedir. Bunlar sırasıyla şu parametreleri temsil etmektedir:

$\lambda x =$  Dışsal gözlemlenemeyen değişkenleri gözlenen değişkenlere bağlayan regresyon matrisi

$\Phi =$  Dışsal gözlemlenemeyen değişkenler arasındaki varyans-kovaryans matrisi (phi)

$\Theta\delta =$  Dışsal gözlemlenemeyen değişkene ilişkin hatalar arasındaki varyans-kovaryans matrisi (theta-delta)

Şekil 3.4.'deki birinci düzey faktör analizi modeliyle ilgili analizin arka planındaki istatistiksel eşitlikler şunlardır.

$$X_1=1,00 \xi_1+\delta_1 \quad X_4=1,00 \xi_2+\delta_4 \quad X_7=1,00 \xi_3+\delta_7$$

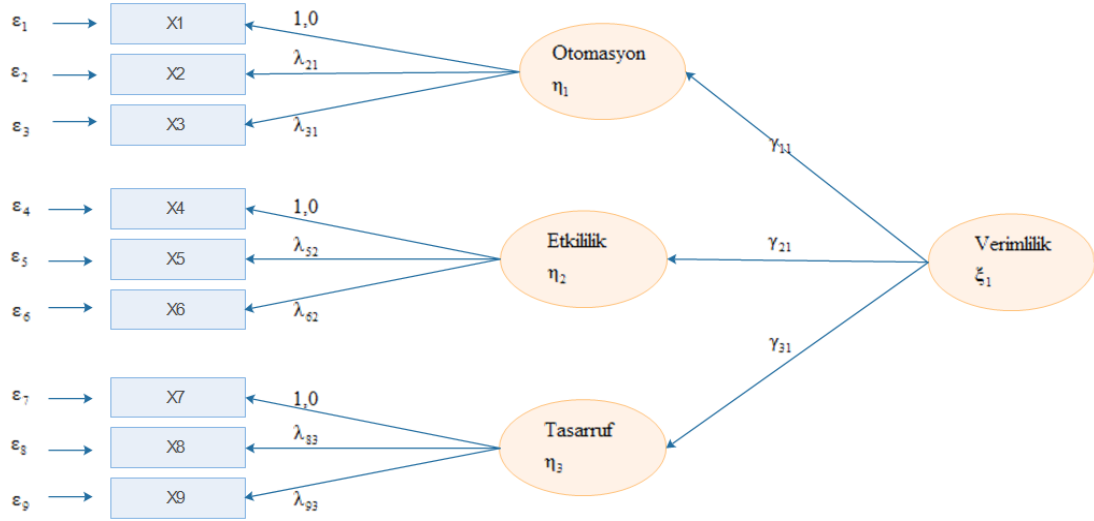
$$X_2=\lambda_{21} \xi_1+\delta_2 \quad X_5=\lambda_{52} \xi_2+\delta_5 \quad X_8=\lambda_{83} \xi_3+\delta_8$$

$$X_3=\lambda_{31} \xi_1+\delta_3 \quad X_6=\lambda_{62} \xi_2+\delta_6 \quad X_9=\lambda_{93} \xi_3+\delta_9$$

### 1.5. İkinci Düzey DFA

Birinci düzey faktör analizinde Yönetim, Denetim, Eğitim gözlemlenemeyen değişkenler, gözlenen değişkenlerle doğrulanır, fakat verimlilik gibi bir değişken Enerji Verimliliğini oluşturan bir değişken olup bu değişkenlerden daha soyuttur. Birinci düzey faktörlere doğrudan etkisi olan ikinci düzey faktörün tanımlanması amacıyla kurulan doğrulayıcı faktör analizleri modellerinde yapılar arasındaki hiyerarşik ilişkilerle ilgili varsayımların gösterilmesi olanaklıdır. Birinci düzey faktörlerin her biri, göstergesi olmayan bir ikinci düzey faktörün (Verimlilik) doğrudan etkisine sahiptir. Bu analizde standart bir doğrulayıcı faktör analizi modelinin aksine, faktörler arasındaki ilişkiler analiz edilmez. Böyle bir durumda, birinci düzeydeki faktörler Yönetim, Denetim, Eğitim içsel, ikinci düzey faktör Enerji Verimliliği dışsal değişken olarak tanımlanır (Şekil 1.5.)

İkinci düzey faktör analizi modellerinde, ikinci düzeyi tanımlayabilmek için en az üç birinci düzey faktör gerekir. Aksi halde, ikinci düzeyden birinci düzeye olan doğrudan etki yetersiz bir biçimde tanımlanmış olabilir. Bunun yanı sıra her birinci düzey faktörün en az iki göstergesi olmalıdır (Büyüköztürk, Çokluk, Bökeoğlu, Şekercioğlu, 2010).



Şekil 1.5. İkinci Düzey Faktör Analizi Modeli (Aydın, 2010).

İkinci düzey (üst düzey) DFA’de birinci düzey değişkenler, üst düzey gözlemlenemeyen değişken tarafından açıklandığı varsayılan birer gözlemlenemeyen değişken konumuna gelir. Burada Enerji Verimliliğinin, Yönetim, Denetim, Eğitimi açıkladığı varsayılmaktadır. Enerji verimliliğini ( $\eta_1$ ), bu kez içsel değişken olarak verimlilik dışsal değişken ( $\xi$ ) tarafından yordanan konumdadır. Dışsal değişkenlerle içsel değişkenler arasındaki ilişkiyi gösteren değerler ( $\gamma$ ), bu ögeler arasındaki regresyon matrisi olan Gamma matrisinin ( $\Gamma$ ) birer ögesidir. ( $\epsilon$ ) öğeleri ise içsel değişkenlerin gözlenen değişkenlerinde açıklanamayan varyansı (hatayı) gösterir ve “theta-epsilon” ( $\Theta\epsilon$ ) olarak adlandırılan varyans-kovaryans matrisinin birer ögesidir. Son öge ise içsel gözlemlenemeyen değişkenlerle açıklanamayan varyansı gösteren “Zeta” ( $\zeta$ ) değeridir. Bu ilişkilerden yola çıkarak oluşturulan ikinci-düzye analize ilişkin Eşitlik (1.1), birinci düzey değişkenlere ilişkin Eşitlik (1.2) ve tüm modele ilişkin Eşitlik (1.3) şöyledir (Şimşek, 2007f).

$$\eta = \Gamma\xi + \delta + \zeta \quad (1.1)$$

$$Y = \Lambda y + \eta + \epsilon \quad (1.2)$$

$$Y = \Lambda y (\Gamma\xi + \zeta) + \epsilon \quad (1.3)$$

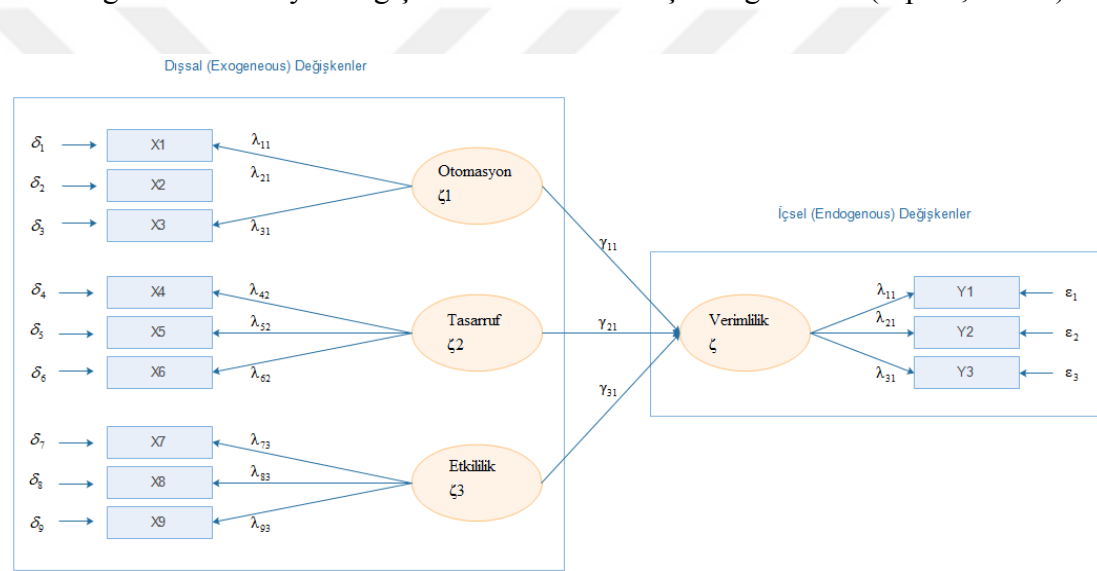
Şekil 1.5.’deki ikinci düzey faktör analizi modeliyle ilgili analiz arka planındaki istatistiksel eşitlikler şunlardır (Korkmaz, 2012).

$$\eta_1 = \gamma_{11} \xi_1 + \zeta_1 \quad \eta_2 = \gamma_{21} \xi_1 + \zeta_2 \quad \eta_3 = \gamma_{31} \xi_1 + \zeta_3$$

$$\begin{aligned}
X_1 &= 1,00 \eta_1 + \varepsilon_1 & X_4 &= 1,00 \eta_2 + \varepsilon_4 & X_7 &= 1,00 \eta_3 + \varepsilon_7 \\
X_2 &= \lambda_{21} \eta_1 + \varepsilon_2 & X_5 &= \lambda_{52} \eta_2 + \varepsilon_5 & X_8 &= \lambda_{83} \eta_3 + \varepsilon_8 \\
X_3 &= \lambda_{31} \eta_1 + \varepsilon_3 & X_6 &= \lambda_{62} \eta_2 + \varepsilon_6 & X_9 &= \lambda_{93} \eta_3 + \varepsilon_9
\end{aligned}$$

### 1.6. Yapısal Eşitlik Modeli (Gözlemlenemeyen Değişken Modeli)

Yapısal eşitlik modeli, bağımlı ve bağımsız gözlemlenemeyen değişkenler arasındaki ilişkileri özetleyen yapısal eşitliklerin oluşturduğu bir modeldir. Modeldeki tüm eşitlikler, gözlemlenemeyen değişkenler için yapılan yapısal eşitliklerden oluşur ve sadece gözlemlenemeyen değişkenler arasındaki ilişkiler gösterilir (Sipahi, 2010a).



Şekil 1.6. Yapısal Eşitlik Modeli (Büyüköztürk, Çokluk, Bökeoğlu ve Şekercioğlu, 2010).

Yapısal modele ilişkin varsayımlar şu şekildedir (Jöroskog ve Sörbom, 2007).

- Bağımlı ve bağımsız değişkenlerin ve modelin hatasının beklenen değeri sıfırdır.
- Hatalar ve bağımsız gözlemlenemeyen değişkenler arasında bağımlılık yoktur.
- Parametre tahmininin yapılabilmesi için modele ilişkin kovaryans matrisinin tekil olmaması gerekir.

Yapısal modelin matematiksel gösterimi aşağıda verilmiştir (Jöroskog ve Sörbom, 2007).

$$X_1 = \lambda_{11} \xi_1 + \delta_1 \quad X_4 = \lambda_{42} \xi_2 + \delta_4 \quad X_7 = \lambda_{73} \xi_3 + \delta_7$$

$$X_2 = \lambda_{21} \xi_1 + \delta_2 \quad X_5 = \lambda_{52} \xi_2 + \delta_5 \quad X_8 = \lambda_{83} \xi_3 + \delta_8$$

$$X_3 = \lambda_{31} \xi_1 + \delta_3 \quad X_6 = \lambda_{62} \xi_2 + \delta_6 \quad X_9 = \lambda_{93} \xi_3 + \delta_9$$

$$\eta = \lambda_{11} \xi_1 + \lambda_{21} \xi_2 + \lambda_{31} \xi_3 + \xi$$



## 2. ENERJİ VERİMLİLİĞİ

Enerji, üretimin en önemli girdilerinden biri, günlük yaşamın da vazgeçilmezlerindedir. Dünyada enerji talebi artan bir eğilim gösterirken doğal kaynaklar hızla tükenme tehlikesiyle karşı karşıyadır. Bilginoğlu ve Dumrul Türk Ekonomisinin Enerji Bağımlılığı konusunda yaptıkları çalışmada, Türk ekonomisinin dışa bağımlılığı azaltmak için enerji yoğunluğunu azaltıp enerji verimliliğinin artırılmasının gereği ve önemi vurgulanmıştır. Çalışmada enerji bağımlılığını en çok etkileyen bağımsız değişkenin enerji yoğunluğu (yüksek enerji yoğunluğu) değişkeninin olduğu belirtilmiştir (Bilginoğlu ve Dumrul, 2012).

Son on yılda, dünyada doğalgaz ve elektrik talebinin Çin'den sonra en fazla arttığı ülke konumunda bulunan Türkiye'nin önümüzdeki dönemlerde de enerji talebinde artışın devam edeceği söylenebilir. Başta petrol ve doğalgaz olmak üzere artan enerji talebi dışa bağımlılığı da arttırmaktadır. Ülkemizin enerji stratejisine göre, ülkemizin toplam enerji talebinin yaklaşık %26'sı yerli kaynaklardan karşılanırken, kalan kısmı farklı ithal kaynaklarından karşılanmaktadır (URL-7a).

Ülkemizin çok boyutlu enerji stratejisinin amaçları arasında,

- Farklı kaynak ülke ve güzergah,
- Yenilenebilir enerjinin kullanımı artırılırken, nükleer enerjiden de faydalanılması,
- Enerji verimliliği çalışmalarının yapılması,
- Avrupa enerji güvenliğine katkı sağlamak bulunmaktadır (URL-7b).

Ülkemizin elektrik, doğalgaz ve petrol alanında giderek artan talebinin karşılanması için yatırım yapılması ihtiyacı ortaya çıkmakta olup bu alanlarda yatırım yapılması da bir zorunluluk haline gelmektedir. Bu yatırımların genellikle özel sektör tarafından yapılması hedeflenmektedir. Bunun için yatırım ortamı iyileştirilip, uygun ortamın sağlanması konusunda imkanlar yaratılmaya çalışılmaktadır (URL-7c).

Türkiye'de enerjinin dışa bağımlılığının azaltılması, öz kaynakların kullanım oranının artırılması ve iklim değişikliğiyle mücadele hedefler arasındadır. Bu hedef

doğrultusunda, ulusal enerji arzı kapsamında yenilenebilir enerji kaynaklarının oranını arttırma, enerji çeşitliliği arasına nükleer enerjiyi de ilave etme çalışmaları sürdürülmektedir. Yenilenebilir enerji alanında önemli bir potansiyele sahip olan Türkiye jeotermal enerjide dünyada 7., Avrupa'da 1. sırada yer almaktadır. Bunun yanı sıra, hidroelektrik kaynakları, güneş ve rüzgar enerjisinin de geliştirilmesi önemsenmektedir. 2023 yılına kadar toplam enerji talebinin %30'nun yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanması hedefler arasındadır (URL-7d).

Türkiye, yenilenebilir enerji kaynaklarına verdiği önemi, 26.01.2009 tarihinde Bonn'da gerçekleştirilen konferansta (Bonn, 2009) imzalanan anlaşmayla IRENA (Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı) kurucu üyeleri arasında yer alarak göstermiştir. Ülkemizde ayrıca öz enerji kaynakları arasına nükleer enerjinin de ilave edilmesi için çalışmalar sürdürülmektedir. Bu bağlamda Rusya ile Akkuyu'da bir nükleer güç santrali kurulmasına yönelik hükümetler arası anlaşma 12.05.2010 tarihinde imzalanmıştır. İkinci nükleer santralinin Sinop'da kurulması planlanmakta, üçüncü nükleer santralinin de kurulması ön görülmektedir (URL-7e).

## **2.1. Enerji Politikası**

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın enerji tasarrufu ve verimliliği ile ilgili stratejik hedef ve enerji politikaları; enerji arz güvenliğinin sağlanması, dışa bağımlılık risklerinin azaltılması, çevrenin korunması ve iklim değişikliğine karşı mücadelenin etkinliğinin arttırılmasının sağlanmasıdır. En önemli stratejik hedefler arasında enerji verimliliği çalışmaları ile Türkiye'nin enerji yoğunluğunun, 2011 yılına göre (milli gelir başına tüketilen enerjinin) 2023 yılına kadar en az %20 azaltılmasıdır (URL-1b).

Enerji verimliliği politikaları kapsamında en önemli politika, ekonomik büyümenin yanı sıra sosyal olarak kalkınma hedeflerinin sürdürülebilirliği ile doğrudan ilişkili olması ve toplam sera gazı salınımlarının azaltılmasında kullanılacak olan politikadır. Önemi nedeniyle de titizlikle üzerinde durulması gereken alanların başında gelmektedir.

Çevreye saygılı enerji kullanımını amaçlayarak enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılması amacıyla Enerji Verimliliği Kanunu ve ilgili

Yönetmelikleri kapsamında aşağıdaki konularda çalışmalar sürdürülmekte olduğu Web sayfasında yer almaktadır.

- “Eğitimler (enerji yöneticisi eğitimleri, etüt proje eğitimleri ve uluslararası eğitimler)
- Etütler (sanayi tesisleri, ticari ve hizmet binaları, kamu binaları, meskenler)
- Yetkilendirmeler (Enerji Verimliliği Danışmanlık Şirketleri, Üniversiteler ve Meslek Odaları)
- Ölçme, İzleme ve Değerlendirme, Denetim
- Enerji Verimliliği Destekleri (Verimlilik Arttırıcı Proje (VAP) ve Gönüllü Anlaşmalar)
- Tanıtım ve Bilinçlendirme
- Enerji Verimliliği Forum ve Fuarı
- Ulusal ve Uluslararası Projeler Geliştirme
- Verimlilikle ilgili Faaliyetlerin Planlaması ve Koordinasyonu
- Verimlilik, Sera Gazı Salınımı ve İzleme ile ilgili Etkinlik ve Eğitim Çalışmaları

faaliyetleri Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü'nün asli görev ve sorumlulukları arasında yer almaktadır (URL-7b).

Güner ve Albostan “Türkiye'nin Enerji Politikası” isimli çalışmasında, Türkiye’de uygulanmakta olan genel enerji politikaları incelenmiş ve vurgulanan eksikler için önerilerde bulunulmuştur. Bu öneriler, yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının payının artırılması, yerli enerji (biyoenerji) kaynaklarından vergi alınmaması, nükleer enerji santrallerinin bir an önce kurulması ve teknik eleman açığının kapatılması için eğitim politikalarının oluşturulması gerektiği belirtilmiştir (URL-8).

## **2.2. Alternatif Enerji**

Dünya enerji üretiminde öncelikli kaynaklar arasında; petrol, doğal gaz ve kömür gibi yenilenemeyen enerji kaynakları bulunmaktadır. Doğal gazın çevreyi daha az kirletmesi nedeniyle enerji üretimindeki payı artmaktadır. Her dönem önem ve öncelik verilen enerji kaynağı değişmiştir. Zaman içinde kömürün yerini petrol



almış, daha sonrada doğal gaz önem kazanmıştır. Önümüzdeki dönemlerde ise alternatif enerji kaynakları önem kazanacaktır (URL-9a).

Fosil enerji kaynaklarının doğaya ve insana olan olumsuz etkileri bilinmektedir. Uzun yıllardır artan oranda kullanılan fosil enerji kullanımı enerji ile çevre arasında sorunların oluşmasına neden olmuştur. Bu çevresel etkilerden bazıları; küresel ısınma, insan sağlığına verdiği zararlar, güvenlik sorunu, ağır metaller, atık sorunu, radyasyon, afet tehlikesidir. Fosil yakıtların artan miktarlarda kullanılmasının ardından, karbondioksit gazı başta olmak üzere, sera gazlarının artmasına bağlı olarak küresel ısınmadan bahsedilebilir. Dünyadaki sıcaklığın dengesi açısından önemli etkisi olan sera gazı etkisinin sanayileşme ile fosil yakıtların aşırı kullanılması sonrası sera gazı oranı artmış ve zararlı etkilerinden bahsedilir olunmuştur. Yenilenebilir enerji kaynakları ise fosil enerji kaynaklarıyla karşılaştırıldığında daha az zararı olan; hidrolik, jeotermal, güneş, biyokütle ve deniz enerjileridir.

Yenilenebilir enerji, doğadan elde edilen ve sürekliliği olan enerjilerdir. Fosil enerji kaynaklarına alternatif enerji kaynaklarıdır. Zaman içinde tükenme tehlikesi bulunmamaktadır. Ülkemizde en çok kullanılan yenilenebilir enerji türü biyo kütle enerji ve hidrolik enerjidir (Serteller, 2006a).

Ülkemiz fosil enerji kaynakları açısından çok zengin olmadığı gibi kaynakların elde edilmesi ve işlenmesi açısından çok zengin bir ülke değildir. Bu nedenle hem hızla artan enerji ihtiyacını karşılamakta güçlük çekmekte hem de enerji ihtiyacını karşılamak için enerji ithal etmek zorunda kalmaktadır. Son yıllarda nükleer enerji alternatif enerji olarak ülkemizde kabul görmeye başlamıştır. Yapılan çalışmalar ile nükleer santrallerinin güvenilir ve çevre dostu olmasının kanıtlanması, uzun vadede yakıt maliyetinin düşük olması birim elektrik üretimi maliyetini düşürecek olması ve dışa bağımlılığı aza indirecek olması kabul görme sürecinde etkili olmuştur (Serteller, 2006b).

### **2.3. İklim Değişikliği**

Sanayileşme ile birlikte zararlı atıkların suyu ve havayı kirletmesi sonucunda meydana gelen iklim değişikliği küresel olarak karşılaşılan en büyük sorunlardan

biridir. Yaklaşık olarak 1980'li yıllarda başlayarak, iklim üzerinde meydana gelen olumsuz etkilerin azaltılması için uluslararası kuruluşlar tarafından çalışmalar yapılmıştır. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) iklim değişikliği sorununa karşı küresel tepkinin temelini oluşturmak üzere 1992 yılında kabul edilmiştir. Sözleşme 21 Mart 1994 tarihinde yürürlüğe girmiştir. 194 tarafı bulunan sözleşme, neredeyse evrensel bir katılıma ulaşmıştır. Sözleşmenin nihai amacı, atmosferdeki sera gazı birikimlerini, iklim sistemi üzerindeki tehlikeli insan kaynaklı etkiyi önleyecek bir düzeyde tutmaktır. Sözleşme, iklim sisteminin bütünlüğü başta endüstri ve diğer sektörlerden kaynaklı karbondioksit ve öteki sera gazı salımlarından etkilenebilecek, ortak bir varlık olduğunu kabul etmektedir (URL-10)

1997 yılında Kyoto Protokolü (KP) hazırlanmıştır. Protokolün kapsamında, insan kaynaklı sera gazı emisyonlarını sınırlandırmaya ve azaltmaya yönelik yasal düzenlemeler bulunurken diğer bir yandan da uluslararası emisyon ticareti, teknoloji ve sermaye hareketleri konusunda yararlı olmaya çalışmak bulunmaktadır. Kyoto Protokolü 16.02.2005 tarihinde uygulamaya girmiştir. 1992 yılında Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansında (RİO Dünya Zirvesi) Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Sözleşmesi (BMİDÇS) imzaya açılmıştır. Sözleşmede amaç, atmosferdeki sera gazını, iklim üzerinde meydana gelen insanlardan kaynaklı etkiyi önleyecek bir oranda durmasını sağlamaktır.

Dünya sera gazı emisyonlarının %70'inden fazlasını oluşturan enerji sektörüdür. Ülkemizde Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nda "Enerji Sektöründe Sera Gazı Emisyonu Azaltma" faaliyetleri Enerji ve Çevre Yönetimi Dairesi Başkanlığı tarafından koordine edilmektedir (URL-3b).

Türkeş'in "Küresel İklimin Korunması, İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Türkiye" isimli çalışmasında, sera gazı salımlarının en aza indirilmesi için üretim ve tüketimde önemli değişikliklere gidilmesinin gerektiğine, özellikle de gelişmiş ülkelerin Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) ve Kyoto Protokolü (KP)'nün yükümlülüklerini acilen yerine getirmesi gerektiğinin önemi vurgulanmıştır (Türkeş, 2001).

## **2.4. Verimlilik**

Verimlilik kısaca, üretimde kullanılan hammaddenin malzemeye oranıdır. Ayrıca performansın somut bir göstergesi olarak da tanımlanabilir (Artar, 1992).

Literatürde geçen verimlilik formülü şöyledir: 
$$\text{Verimlilik} = \frac{\text{Etkililik}}{\text{Etkenlik}}$$

Yani amaçlara ne derece ulaşıldığı (etkililik) nın, kaynakların ne derece etken (etkenlik) kullanıldığına oranıdır.

## **2.5. Etkenlik**

İstenilen çıktının elde edilmesi için kullanılan enerji, hammadde, malzeme, işçilik vb. kaynakların ne derecede etken kullanıldığını anlatan bir ifadedir (Artar, 1992a).

## **2.6. Etkililik**

Hangi etkenlikteki kaynakların, tüketildiği orana göre, hangi çıktının elde edilebileceğinin bir ifadesidir (Artar, 1992b).

## **2.7. Kalite**

“Bir ürün ya da hizmetin tüketicinin istek ve ihtiyaçlarını karşılama derecesidir” şeklinde tanımlanabilir (Artar, 1992c).

## **2.8. Performans**

Bir işi yapan kişinin ya da işletmenin, amaçlanan hedefe doğru nereye kadar ulaşabildiğinin veya neyi sağlayabildiğinin rakamla ya da anlatım olarak ifadesidir (Artar, 1992d).

## **2.9. Enerji Türleri**

İş yapabilme yeteneği olarak da tanımlanabilen enerji, mekanik enerji (Potansiyel enerji, kinetik enerji), Isı enerjisi ve Kimyasal enerji başlığı altında sınıflandırılabilir.

### **2.9.1. Mekanik enerji**

İş yapabilen hareket enerjisidir. Hareket (kinetik) enerjisi iş yapılabildiği zaman mekanik enerjiye dönüşür. Elde edilen enerji ile iş de yapılabilir elektrik de üretilebilir. Potansiyel enerji ve kinetik enerji olmak üzere iki çeşittir (Kaya, 2014).

#### **2.9.1.1. Potansiyel enerji**

Bir nesnenin konumu dolayısıyla diğer nesnelere bağlı olan enerjidir. Yüksekliği olan veya gerilmiş bulunan tüm nesnelere bulunan enerji türüdür. Maddelerin fiziksel konumları sebebiyle depolandığı kabul edilen enerji olup, her an iş yapabilecek yetenektedir. Yükseklik ve esneklik olmak üzere iki şekilde değerlendirilir.

#### **2.9.1.2. Kinetik enerji**

Nesnelerin hareketinin sebep olduğu enerji türüdür. Dolayısıyla hızı olan nesnelerin sahip olduğu enerjidir.

### **2.9.2. Isı enerjisi**

Isı maddelerdeki atomların tamamı kinetik enerjidir. Isı enerjisi, ısıtılarak maddelerdeki atomların çarpışmalarının arttırılması ile elde edilir. Mekaniksel bir işe dönüştürülebileceği gibi mekaniksel bir işten de elde edilebilir. Kömür, linyit, doğalgaz, petrol gibi yakıtların yakılmasıyla ısı enerjisi elde edilir.

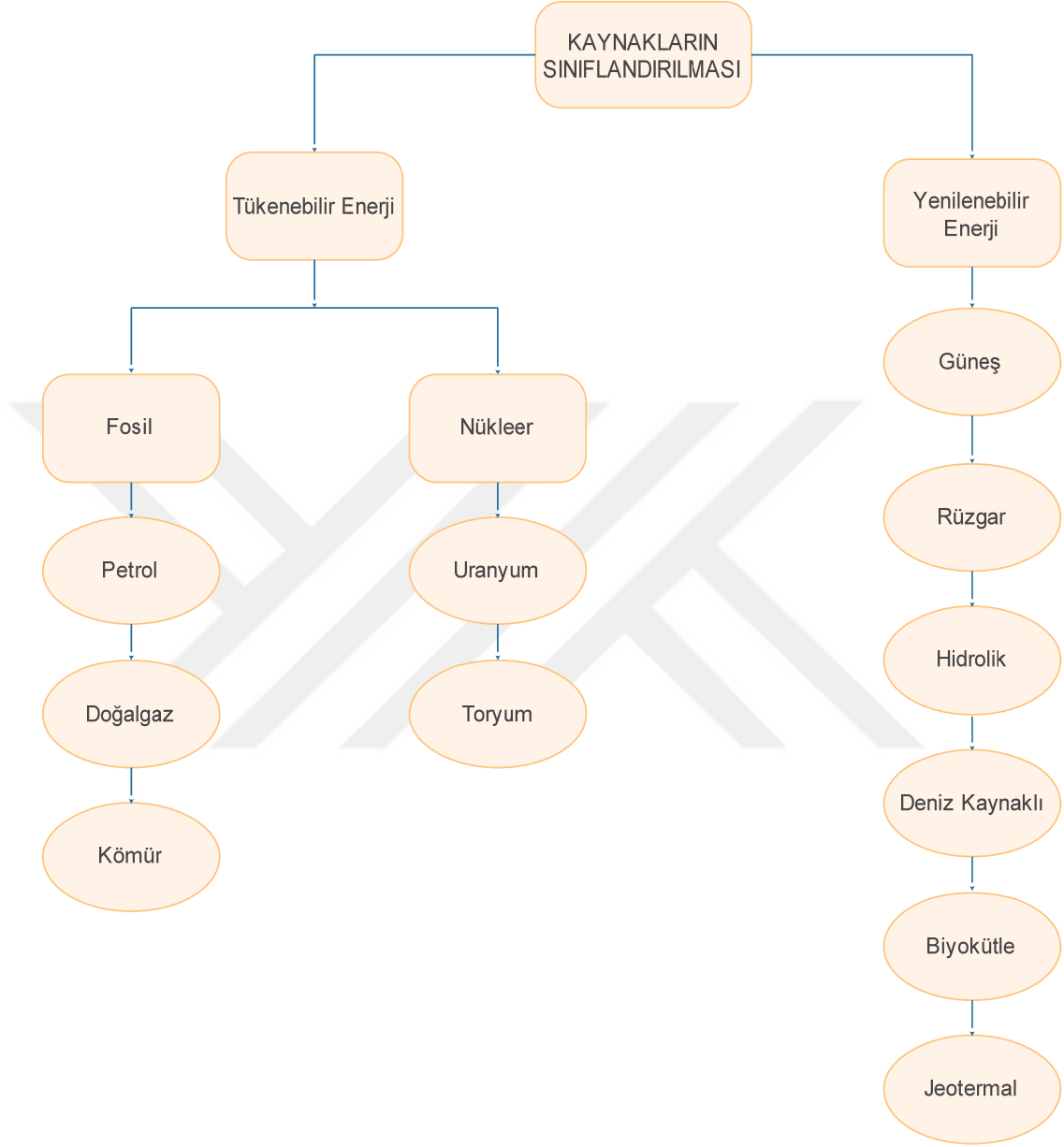
### **2.9.3. Kimyasal enerji**

Maddelerdeki atomlar arasındaki bağların neden olduğu bir enerji türüdür. Kimyasal tepkime yoluyla ortaya çıkar. Kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren nesnelere pil ve akülerdir. Isı, ışık ve mekanik enerjisine dönüştürülebilir.

## **2.10. Enerji Kaynakları**

Dünyada kullanılan enerji, çeşitli kaynaklar kullanarak elde edilebilir. Kısaca enerji kaynağı, herhangi bir teknik ile enerji üretilmesini sağlayan kaynaklardır. Dünyadaki enerji kaynakları elde edilmişlerine göre genel olarak, yenilenebilir (hidrolik enerji, rüzgar enerjisi ve güneş enerjisi) yenilenemeyen (fosil yakıtlar ve nükleer enerji)

enerji kaynakları olmak üzere iki başlık adı altında toplanabilir. Enerji kaynaklarının sınıflandırılması Şekil 2.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması

### 2.10.1. Yenilenemeyen enerji kaynakları

Yenilenemeyen enerji kaynağı, petrol, doğalgaz, kömür vb. kaynağından çıktığı gibi kullanılan enerji türüdür. Ölmüş olan organizmalar oksijensiz koşullarda binlerce yıl beklemeden sonra oluşur. Fosil enerji adı da verilen enerji kaynakları, günümüz dünyasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Fosil enerji kaynaklarının kullanımı, bütün insanları ve doğayı olumsuz etkilemektedir. En etkili alanı ise enerji kullanım

alanıdır. Endüstri devriminden itibaren kullanılan ve artarak kullanılmaya devam edilen fosil yakıt kullanımı, kaynakların tükenmesi ve enerji ile çevre sorunları tehlikesiyle karşı karşıya getirmektedir. Artan fosil enerji tüketimi ile birlikte, asit kirleticiler, güvenlik, küresel ısınma ve ağır metaller gibi birçok zararlı çevresel etki ile karşı karşıya kalınmaktadır (Kaya, 2014).

Yenilenmeyen enerji kaynakları yer altında bulunur ve sabit enerji kaynağı olarak da adlandırılabilir. Nükleer yakıtlar, kömür, petrol ve doğal gaz gibi fosil yakıtlar örnek olarak verilebilir. Bu kaynakların dış bir etken aracılığıyla harekete geçirilmeleri durumunda enerji üretebilmesi söz konusudur. Ancak, yüksek miktarda CO<sub>2</sub> salımı söz konusudur. Bu bakımdan “Sonlu Kaynaklar” ya da “Tükenebilir Kaynaklar” olarak adlandırılırlar (Özil, Şişbot, Özpınar ve Olgun, 2012).

#### **2.10.1.1. Nükleer enerji**

Atom çekirdeklerinin parçalanması sonucunda ortaya çıkan enerjinin fisyon ve füzyon tepkimeleriyle elde edilen enerjiye nükleer enerji denilmektedir. Nükleer reaktörler nükleer enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren sistemlerdir. Füzyon sonucu açığa çıkan nükleer enerji, nükleer yakıt ve diğer malzemeler içerisinde ısı enerjisine daha sonra kinetik enerjiye ve sonrada jeneratör sisteminde elektrik enerjisine dönüşmektedir.

Tartışmaların yoğunlukla üzerinde bulunduğu güç santralleri arasında bulunan nükleer santraller, sera gazları salımı nedeniyle çevreye verilen zararları önlemek için iyi bir çözüm olduğu öne sürülürken, yaşanan kazalar sebebiyle güvenilir olmadığı yönünde kanaat oluşmaktadır. Ancak, Kyoto Protokolü ve Kopenhag zirvesiyle CO<sub>2</sub> salınımına getirilen sınırlar nükleer santrallerine verilen önemi arttırmıştır. Mart 2015 itibariyle 31 ülkede 440 nükleer santral bulunmakta olup, 15 ülkede ise 68 adet nükleer santral yapım aşamasındadır (URL-12).

Başta Avrupa ülkeleri olmak üzere ABD’de nükleer santraller için müracaatların arttığı gözlemlenmektedir. Dünya genelinde yenilenebilir enerji kaynaklarıyla birlikte nükleer enerji yatırımlarında artış olduğu görülmektedir.

Türkiye’de ise, gereklilik ve ilerleyen teknolojisi de göz önünde bulundurularak önlem olarak nükleer santrallerin kurulması yönünde çalışmalar bulunmakta olup bu bağlamda Akkuyu ve Sinop’da nükleer santrallerinin kurulması çalışmaları sürdürülmektedir.

## **2.11. Yenilenebilir Enerji Kaynakları**

Çevre ve insan sağlığı açısından fosil enerji kaynaklarına göre daha az zararlı olan rüzgar, güneş, deniz ve jeotermal gibi doğal çevreden sürekli olarak elde edilebilen enerji türüdür. Yenilenebilir enerji, sürdürülebilir ve doğal kaynaklardan elde edilen enerji olarak da tanımlanabilir. Fosil kaynaklar gibi zaman içinde tükenme tehlikesi bulunmamaktadır. Bu nedenle, kömür, doğalgaz ve petrol gibi yenilenemeyen enerjilere alternatif enerjilerdir. Günümüzde ülkemizde kullanılan yenilenebilir enerji olarak, en çok klasik biokütle ve hidrolik enerji kullanılmaktadır. Jeotermal enerji sınırlı bir şekilde kullanılmaktadır. Güneş enerjisi düşük, rüzgar enerjisi kullanımı ise giderek artmaktadır. Yenilenebilir enerji kullanımının artması geliştirilecek olan teknolojilere bağlıdır (Kaya ve Öztürk, 2014).

Yenilenebilir enerji kaynağı; sürdürülebilir, temiz ve tükenmez enerji kaynağı olarak açıklanabilir. Yenilenebilir enerji kaynağının özellikleri arasında, herhangi bir işleme tabi tutulmadan enerji üretiminde kullanılabilmesi, çevreye saygılı olması, enerji üretiminde CO<sub>2</sub> salımı bulunmaması, sürdürülebilir olması gibi özellikler sayılabilir. Hidrolik santraller bol bulunan su kaynakları ile çalıştıkları halde, çevreye verdikleri zarardan dolayı yenilenebilir enerji kaynakları arasında sayılmaz.

Sektörel atıklar ve katı belediye atıkları, temiz enerji ve CO<sub>2</sub> salımı oluşturma kuralına az da olsa ters düşse de, üretim ve tüketim olduğu sürece yani insanoğlu var olduğu sürece yenilenebilecek ve tükenmeyecek olacağından yenilenebilir kaynaklar arasında sayılabilirler (Özil, Şişbot, Özpınar ve Olgun, 2012).

### **2.11.1. Güneş enerjisi**

Güneş enerjisinin en belirgin özelliği bol ve sınırsız olmasıdır. Temiz ve masrafsız olması da, giderek artan oranda ısı enerjisi ve elektrik enerjisi olarak kullanılmasına olanak vermektedir. Elektrik enerjisi elde etmek için, güneş panelleri ve fotovoltaik

piller kullanılmaktadır. Güneş enerjisiyle çalışan otomobiller de yapılmıştır ancak güçleri sınırlı olduğundan kullanımda hali hazırda verimsiz olduğu görülmektedir. Ayrıca yemek pişirme amaçlı kullanılan güneş ocakları da son derece kullanışlı araçlardır. Güneş ocaklarının bir yararı da, kırsal bölgelerde orman tahribatını önlemeye olan katkısıdır.

Güneş enerjisinden elde edilen sıcak suya örnek; Fransa ile İspanya arasındaki Pirene dağları üzerinde kurulu olan güneş kolektörlerinden 320 derece sıcaklık sağlanması gösterilebilir. Diğer bir örnek ise, evlerin çatılarına yerleştirilen güneş panelleriyle elde edilen sıcak sudur ve yaygın olarak kullanılmaktadır. Güneş enerjisinden yararlanan ülkelerin başında ise, Avustralya, Japonya, İsrail ve ABD gelmektedir. İsrail her yıl güneş enerjisinden 300 bin ton petrole eşdeğer enerji sağlamaktadır.

Güneş enerjisine gereken önem verildiği takdirde yılda çok büyük oranlarda fosil yakıt tasarrufu sağlamanın mümkün olacağı görülmektedir (URL-9b).

### **2.11.2. Rüzgar enerjisi**

Eskiden yel değirmenleri aracılığıyla günümüzde ise modern türbinler vasıtasıyla elektrik elde edilmektedir. İlk olarak 1890 yılında Danimarkalılar tarafından yel değirmenleriyle elektrik elde edilmeye başlanılmıştır. Temiz ve yenilenebilir enerji kaynağı olan rüzgar enerjisinden elektrik elde eden ülkelerin başında sırasıyla, dünya rüzgar enerjisi üretiminin %27'sini tek başına sahip olan Almanya gelmektedir. İkinci sırada %25'i ile ABD ve %14.7'si ile Danimarka üçüncü sırada yer almaktadır.

Danimarka yaklaşık 4000 rüzgar türbini ile bir yılda elde edilen rüzgar enerjisinin iki milyar yüz milyon ton petrole eşdeğer olduğu görülmektedir (URL-9c).

### **2.11.3. Hidrolik enerji**

Hidrolik enerjinin kaynağı sudur. Türbinler ve jeneratörler aracılığıyla akan suyun kinetik enerjisi elektrik enerjisine dönüştürülür. Dünyada elektrik üretiminin %17'si hidroelektrik enerjisi tarafında karşılanmaktadır. Çevreyi kirletmezler ancak, baraj yapılacak alanın sular ile kaplanmasıyla çevrede bazı değişiklikler meydana getirmektedir (URL-9d).



### 3. LİTERATÜR TARAMASI

Ertuğrul'un çalışmasında, 3 Mart 2001 tarihinde Elektrik Piyasası Kanunuyla birlikte enerji piyasasında girilen, yeniden yapılanma sürecinin enerji verimliliği üzerine etkisinin 1975 - 2007 dönemini analiz etmeye çalışılmıştır. 2001 yılında başlatılan yeniden yapılandırma sürecinin enerji verimliliği üzerinde pozitif yönde etkisi olduğu sonucuna varılmıştır (Ertuğrul, 2010).

İncecik'in, Türkiye'nin Enerji Politikalarının Tarihsel Değişim Süreci ve Enerjide Verimlilik isimli tez çalışmasında, Elektriğin Ülkemize ilk girdiği yıllardan başlayarak giderek artan oranda kullanılan enerjinin etkin kullanılmasına yönelik çalışmalara ve yürürlüğe konulan yasaların Türkiye'ye getireceklerini ele almıştır. Sonuç olarak, yürürlükte olan enerji politikalarının yetersizliğine değinilerek yapılması gereken uygulamalar vurgulanmaya çalışılmıştır (İncecik, 2008).

Karakurt'un çalışmasında, bir deri işletmesinde kullanılan buhar sistemi incelenmiş ve yapılacak uygulamalarla meydana gelecek olan enerji tasarrufu üzerinde durulmuştur. Sonuç olarak, bir deri fabrikasında gerçek değerler ele alınarak, geleneksel enerji tasarrufu yöntemleri uygulanarak yapılacak enerji tasarrufları belirtilmiş ve mevcut sistemle karşılaştırılmıştır (Karakurt, 2006).

Yılmaz'ın, "Türkiye'de Sektörel Enerji Tüketimini Etkileyen Faktörler ve Alternatif Enerji Politikaları" isimli tez çalışmasında, Türkiye'de birincil enerji tüketiminin üretimde meydana gelen değişikliklerden aynı oranda etkilendiği ve artan üretimin doğru orantılı olarak birincil enerji tüketimini de arttırdığı, sanayi sektörü için de durumun aynı olduğu, artan üretimin enerji tüketimini arttırdığı belirtilmiştir. Sonuç olarak, Türkiye'de uygulanacak enerji politikalarının birinci önceliğinin, enerji arz güvenliği ve enerji maliyetlerini azaltacak önlemlerin alınması olduğu, çevreci ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması gerektiği vurgulanmıştır (Yılmaz, 2012).

Milcık'ın çalışmasında, Avrupa Birliği'nin Enerji Politikası ve Türkiye: Enerji Güvenliği ve Çevrenin Korunması konusuna, Avrupa Birliği'nin enerji güvenliği ve AB'nin enerji politikasının çevresel boyutta ele alıp kapsamlı bir bakış açısı getirmiştir. Bunun yanında AB'nin çevreci enerji politikasının Türkiye enerji politikasına olabilecek olumlu etkileri de göz önünde bulundurulmuştur. Öncelikle konu teorik olarak anlatılmış ve enerjinin uluslararası ilişkilerde rolü tartışılmıştır. Diğer bölümde ise AB enerji güvenliği ve bu bağlamda Türkiye'nin rolü vurgulanmıştır. Rusya'ya, AB'nin en büyük enerji tedarikçisi olarak dikkat edilmiştir. Türkiye'nin ise stratejik coğrafi konumu üzerinde durulmuş ve Ülkemizden geçen uluslararası boru hatları ele alınmıştır. Bir başka bölümünde ise AB'nin enerji politikasının çevresel açıdan analiz edilmiştir (Milcık, 2012).

Yılmaz'ın çalışmasında, sanayi kuruluşlarında TS EN 16001 enerji yönetim sistemi uygulamalarına yer verilmiştir. TS EN 16001 enerji yönetim sistemini uygulayan kuruluşlarda birim bazında enerji, maliyetlerinde azalmalar olduğu belirlenmiştir. Bu yönetim sisteminin uygulanmasıyla enerji açısından ilgili mevzuatlara da uygun hareket edildiği görülmüştür. Enerji yönetim sistemi, enerji politikası, programları, işletme denetimi, önleyici ve düzeltici faaliyetler vasıtasıyla iyileştiği vurgulanmıştır. Sonuç olarak, TS EN 16001 enerji yönetim sistemi, enerjinin daha verimli kullanılmasına olanak vererek sürekli iyileştirme süreci açısından faydalı olmuş ve enerji verimliliğinin gözlemlenmesinin sağlandığı belirtilmiştir (Yılmaz, 2011).

Oluklulu'nun yüksek lisans tez çalışmasında, Gelişmiş olan ülkelerde yatırım için özel sektör teşvik edilerek, özel sektörün katılımıyla devlet kontrolünü de içeren liberal piyasaların oluşturulmaya çalışıldığı belirtilmiştir. Yeni yatırımların yanında, mevcut yatırımların verimliliğinin arttırıldığı enerji verimliliği projelerinin tasarlanarak uygulanmaya koyulduğu ancak, gelişmekte olan ülkelerde özel sektör için, gerekli olan istikrar ortamı olmadığından sorunlar yaşanılarak enerji krizlerinin yaşandığı belirtilmiştir. Özel sektörün enerji alanında yatırım yapmasına yönelik geliştirilen modellerin en yaygın olanları yap-işlet-devret, yap-işlet ve 153 otoprodüksiyon modelleri olduğu ortaya konulmuştur. Bu çalışmada ise Ülkemizdeki uygulamalar analiz edilmiş yaşanan sorunlar tespit edilmiştir. Sorunların en büyüğü ise uzun bürokratik işlemler ve belirsizlikler olmuştur. Ayrıca, özelleştirme için modeller geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden başlıcaları ise blok satış, işletme hakkı

devri ve kiralama yöntemidir. Sonuçta piyasa modeli geliştirilip, gerekli mevzuatla desteklenerek Ülkemizde başarılı bir enerji piyasası oluşturulabileceği, ihtiyaç olan enerjinin sağlıklı ve istikrarlı bir şekilde karşılanacağı belirtilmiştir (Oluklulu, 2003).

Polat'ın, Türkiye'deki Kobilere Düşük Maliyetli Enerji Verimliliği Yönetim Sistemi isimli yüksek lisans tezinde, Türkiye'deki enerji verimliliği artışının, enerji tedarikinin, yenilenebilirliğinin, çevrenin korunmasının ve iklim değişikliğinin azaltılmasında yardımcı olacağını belirtmiştir. Tezde incelenen, enerji denetimleriyle elde edilecek, KOBİ'lerin mevcut enerji verimliliği fırsatlarıdır. Kapsamında Türkiye'deki beş KOBİ'nin, bazı teknikler, araçlar ve teknoloji kullanılarak enerji verimliliği analizi ve geliştirilmesi bulunmaktadır. Öncelikle enerji verimliliği anketi ve enerji kontrolü ile mevcut sistem analiz edilmiş daha sonra elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir ( Polat, 2013).

Özgür'ün çalışmasında, çalışma şekli ve enerji etkinliğinin ölçümünde kullanılması uygun veri zarflama analizi metotlarına yer vermiştir. Bunun yanında enerji ve çevre ile ilgili veri zarflama analizi kullanılarak yapılmış çalışmaları incelemiştir. Kullanılan metotlar ve iş süreçleri hakkında bilgilere yer vermiştir. Enerji etkinliği analizini ise İstanbul Sanayi Odası İmalat sanayi 2009 yılı ilk 500 ve ikinci 500 raporunda adı geçen firmalar arasında örnekleme ile seçilen işletmeler için yapmıştır. Sonunda da elde edilen sonuçları kullanarak değerlendirilmiş ve enerji etkinliği ölçümü konularında öneriler sunulmuştur (Özgür, 2011).

Süreklî'nin yüksek lisans tez çalışmasında, lastik endüstrisinde enerji yönetimi konusu incelemiştir. Artan hava kirliliğinin önlemek için Enerji tüketiminin mümkün olan en az düzeyde kullanılması, enerji tüketimi içinde önemli bir paya sahip olan sanayi sektöründe enerji verimliliğinin arttırılması, rekabet için, çevre için ve enerji güvenliği için gerekliliği vurgulanmıştır. Ancak artan enerji ihtiyacının karşılanmasının, akıllı bir enerji yönetimi programları ile mümkün olabileceği belirtilmiştir. Çalışmada sanayide Enerji tasarrufu için bilinçli bir enerji yönetim programı uygulanması gerektiği belirtilmiştir. Bu programın ise, kaliteden ödün vermeden, güvenlik ve çevresel koşullara dikkat edilerek ve üretimi azaltmadan daha az enerji kullanımına yönelik olması gerektiği belirtilip bu yönde enerji yönetimiyle ilgili yöntem ve uygulamalar değerlendirilmiştir. Enerji tüketiminin minimize

edilmesine yönelik çalışmalar bir lastik fabrikasında yapılmıştır. Öncelikle enerji tüketiminin mevcut durumu ortaya konmuş, iş süreçlerindeki atık ısının yeniden kazanılmasına yönelik iyileştirme önerisi ve bu önerinin ekonomik olarak değerlendirilmesiyle çalışma sonlandırılmıştır. Sonuç olarak, %15 enerji tasarrufu meydana gelmiş ve yaklaşık %20'lik tasarruf olanağı olduğu belirlenmiştir (Sürekli, 1999).

Yörük'ün çalışmasında, elde edilen sonuçlara göre birincil enerjinin daha etkin kullanıldığı trijenerasyon sistemlerinin ülkemizde de karlı bir şekilde kullanılabilmesi vurgusu yapılmıştır. Yeni oluşturulacak çalışmalarda ve mevcut konvansiyonel sistemlerde de uygulanabilecek üretim sistemi olduğunun göz önünde bulundurulması gerektiği belirtilmiştir (Yörük, 2011).

Bilgi'nin dönem projesinde, pişirme fırınları bulunan bir tesis için kojenerasyon sistemi seçimi yapılmış ve bu yapılırken göz önünde bulundurulmuş iki etkenden birincisi tesisin yıllık toplam üretim ve tüketim ısı-elektrik enerjisi, ikincisi ise kalsinasyon fırın sıcaklığının türbin çıkış sıcaklığı olarak kullanılması olmuştur. Sonuç olarak, Kojenerasyon tesisinin çalışma koşulları belirtilmiş, sistem verimi ise %89 elde edilmiştir. Kojenerasyon ile mevcut tesiste %28,96 enerji maliyetleri azaltılmış, buna karşı yapılması gereken yatırım miktarı belirtilmiştir (Bilgi, 2012).

Karali'nin doktora tez çalışmasında, küresel ısınmaya neden olan kömür, petrol, doğal gaz gibi yakıtların yanması sonucunda atmosfere dağılan karbondioksit gazının temel nedenlerden biri olduğundan hareketle, araştırmacıların bu etkileri azaltmak amacıyla Karbondioksit salımının azaltılması, enerji kaynaklarının güvenceye alınması, alternatif enerji kaynaklarına yönelindiği ve enerji verimliliğinin artırılmasına dikkat çektiklerini bununla birlikte enerji maliyetlerinin kabul edilebilir düzeyde tutulmasının önemi vurgulanmıştır. Bu kapsamda çalışmada, enerji sektörünün bütün ilişkilerini gösterebilecek yeni geniş ölçekli bir enerji modelleme sistemi tasarlanmıştır. Modelin, anlaşılması kolay, sade ve değiştirilmeye olanak sağlayan genel amaçlı optimizasyon modeli olduğu belirtilmiştir. Senaryo analiz çalışmasıyla, alternatif enerji arzı, emisyonlar enerji bedeli gibi dinamiklerin üzerindeki etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır (Karali, 2012).

Koç'un yüksek lisans tez çalışmasında, yıkayıcıların su tüketiminin ve enerji tasarrufu sağlanırken çalışma performansının iyileştirilmesi hedeflenmiştir. Bu bağlamda yıkayıcının enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik çalışmalar araştırılmıştır. Yıkama performansından ödün vermeden, bir yıkama için ihtiyaç duyulan en az enerji tüketimi hesaplanmıştır. Modelleme çalışması için, enerjinin maliyet tablosu yapılarak simülasyon ile gerçeği karşılaştırılmıştır. Bunun yanı sıra kayıpların önlenmesi için yalıtım ile ilgili çalışmalar modellenmiştir. Son olarak ta ortalama yıkama sıcaklığı ile maksimum ve minimum yıkama sıcaklıklarına göre yıkama performansı modellenmesine yer verilmiştir (Koç, 2009).

Turhan'ın çalışmasında, karışık yakıtlı buhar üretim kazanında enerji verimliliği analizi yapılmıştır. Çalışma kapsamında, kazanın işletme koşullarında çalıştığı esnada sıcaklık, hız, basınç ve yanma gazı ölçüm verileri kullanılarak enerji ve kütle dengesi kurulmuştur. Elde edilen verilerle yapılan hesaplamalar sonucunda kazan verimi, suya verilen ısı, hava fazlalık katsayısının azaltılmasıyla elde edilen enerji tasarrufu, sızıntı hava kayıplarının önlenmesi sonucunda elde edilen tasarruf miktarının önemi ortaya konulmuştur (Turhan, 2012).

Adıgüzel'in tez çalışmasında, bina elektrik tüketimi profili hazırlanıp HVAC (Heating, Ventilating and Air Conditioning) sisteminde yapılması gereken iyileştirme ortaya konulmuş, ekonomik ömrü uzun, bakımı kolay ve karlı ürünler önerilmiştir. Ayrıca enerji tasarrufundan sağlanan emisyon azalımı değerleri belirtilmiş olup, tabiata verdiği zararın boyutları vurgulanmıştır (Adıgüzel, 2011).

Yaman'ın çalışmasında, Bir üniversite binasının enerji performansı iş etüdü uygulanarak belirlenmiştir. Elde edilen verilerle ve simülasyon sonuçları karşılaştırılmış, kullanılan hesaplamaların önem derecesi sınanmış, ısıtma sistemi ve bina kabuğunu kapsayan ve binanın enerji verimliliğinin artırıcı önlemler önerilmiştir (Yaman, 2012).

Arıkan'nın çalışmasında, metal eşya üreten bir işletmede enerji tasarrufu ile ilgili örnek bir uygulama yapılmıştır. İlk önce işletmeye ait bütün enerji verileri analiz edilerek yeni uygulamaya konulan enerji verimliliği yasası ve yönetmeliği doğrultusunda proje çalışması yapılmıştır. Enerji yoğun ve hiç durmadan çalışan fırın için iki değişik çalışma yapılmıştır. Kazanın verimi ölçülmüş, atık gazdan sıcak su

elde etmek için tasarım yapılmıştır. Bunun yanı sıra elektrik tasarrufu için de öneri yapılarak elde edilecek kar hesaplanmıştır (Arıkan, 2010).

Eser'in tez çalışmasında, Aydınlatmada kullanılan enerjinin verimli olması için doğal ve doğal olmayan aydınlatma sistemlerinin birlikte kullanılması vurgulanmıştır. Aydınlatmaya etki eden faktörler ise göz ardı edilmemesi ve iyi bir analiz yapılması gerektiği belirtilmiştir. Eğer aydınlatma doğru bir şekilde yapılırsa yüksek tasarrufun mümkün olabileceği belirtilmiştir. Bu bağlamda çalışmada, aydınlatmaya etkileyen faktörler analiz edilmiş ve bazı faktörlerin aydınlatmayla olan ilişkisi otomasyonla simule edilerek elde edilen sonuçlar incelenmiştir (Eser, 2013).

Bulgan'ın çalışmasında, öncelikle kurutma makinesinin ısı ve elektrik enerjisinin kullanımı ve kurutucularla enerji tüketiminin ilişkisi açısından konunun geçmişi araştırılmıştır. Daha sonra bir makine örnek olarak seçilmiş, en sık kullanılan program ile kurutma makinesi sisteminin ayrıntılı olarak güç profili ortaya konulmuştur. Çeşitli parametrelerle enerji tüketimine etkileri analiz edilmiştir. Sonuç olarak, enerjinin daha verimli kullanılmasına yönelik öneriler ve seri üretime geçilecek olan makinenin sahip olması gereken özellikler belirtilmiştir (Bulgan, 2014).

Yılmaz'ın yüksek lisans tez çalışmasında, boyutlandırma hesabı yapılan ekonomizörden hareketle, ramöz atık hava ısı geri kazanımı yoluyla elde edilecek yakıt tasarrufları ve getirisinin işletme, bölge ve ülke açısından çok önemli kazançlar sağlayacağı vurgulanmıştır (Yılmaz, 2010).

Feyzioğlu'nun çalışmasında, enerji verimliliği için, elektrikli su ısıtıcılarının en uygun tasarımı, seçimi ve denetimi incelenmiştir. Bir bölmeli elektrikli su ısıtıcı ile iki bölmeli su ısıtıcı aynı koşullarda karşılaştırıldığında iki bölmeli su ısıtıcının daha fazla sıcak su sağlayarak enerji tüketiminde tasarruf sağlandığı ortaya konulmuştur. Ayrıca büyüyen tank hacmiyle enerji tüketiminin de arttığı analiz edilmiştir (Feyzioğlu, 2012).

Niesing, Grobler'in "Enerji Verimliliği İçin İş Esasları – Sürdürülebilir Enerji Tasarrufu Sağlamak İçin Geri Dönüştürülebilir Enerji ile Birlikte Enerji yönetimi Esaslarının Kullanılması" konulu çalışmalarında, yerel bir firmanın enerji tüketimini

büyük bir ölçüde nasıl azaltıldığı gösterilmiştir. Enerji verimliliği yönetimi ile enerji tüketimin azaltıldığı ve amacın sürdürülebilir ve geri dönüştürülebilir bir enerji tesisatı kurulması olduğu gösterilmiştir (Niesing ve Grobler, 2013).

Huan, Zhu, Shen'in "Enerji için Yeni Değerlendirme Sistemi- Sürdürülebilir Enerji tüketimi ve Sürdürülebilir Enerji verimliliğine Dayanan Tasarruf" konulu çalışmalarında, son yıllardaki enerji tasarrufu ve enerji verimliliğinin değerlendirilmesine dayanan çalışmaların analiz edilmiş, aynı zamanda bu çalışmada uygulamadaki verimlilik incelenmiş olup;

- Hedef enerji konsepti,
- Çalışan enerji tüketimi konsepti,
- Daha önceki enerji tüketimi konsepti,
- Sürdürülebilir enerji tüketimi konsepti konularına ve arasındaki ilişkilere açıklık getirilmiştir (Huan, Zhu ve Shen, 2012).

Yuhui, Yanke'nin "Enerji Tasarrufu ve Verimliliği Sistemine Dayalı Kiralık Evler Yapmanın Stratejileri" konulu çalışmalarında amaç, mevcut yerleri yeniden imar etmek, yapılanmada enerji verimliliği ve etkinliği sorununu çözmek ve böylece sosyal enerji verimliliği, ekonomik-çevresel enerji verimliliği arasında uyumu sağlamaktır (Yuhui ve Yanke, 2011).

Lu, Zhan ve Fu'nun "Poyank Gölü Eko-Ekonomik Bölgesinin Enerjisinin Ekonomik ve Çevresel Verimliliği" konulu çalışmalarında, bölgenin ekonomik ve çevresel faktörleri ele alınarak, enerjinin ekonomik ve çevresel verimliliğini değerlendirmek için bir model oluşturulmuştur. Enerji verimliliğini, etkinliğinin en yüksekten en düşüğe doğru bir sıralama yapılmıştır. Enerjinin ekonomik ve çevresel verimliliğinin modelinde birçok girdi ve tek bir çıktı modeli yerine enerji verimliliği uygulanan modelin daha etkili olduğu vurgulanmıştır (Lu, Zhan ve Fu, 2011).

Ruiz, Asensio ve Velasco'nun "Yeşil Enerji Kullanarak Birleşik Veri Merkezlerindeki Enerji Maliyetini Minimuma İndirmek" konulu yapılan çalışmalarında, her merkezde üretilen yeşil enerjinin miktarını ölçmek için bir model sunulmuştur. Belirli zaman periyodunda ve beklenen iklim koşulları altında enerji maliyetini düşürmedeki sorun, rasgele programlama teknikler ise karşılaştırılmıştır. Bir merkezdeki iş yükü düzenli bir şekilde dağıtılarak inceleme yapılmıştır. Sonuçta,

önerilen modelin doğru olduğu sonucuna varılmıştır. Rastgele yaklaşım yönteminin kullanılabilirliği belirtilmiştir (Ruiz, Asensio ve Velasco, 2014).

Seabrifht, Suzanne, Smith'in "Enerji Verimliliği Yatırımlarını Etkileyen Piyasa Koşulları" isimli çalışmalarında, enerji verimliliği yatırımı yapmak için uygun piyasa koşulları ile ilgili birkaç yol olduğu vurgulanmış, piyasa odaklı enerji sektörü geliştirmenin, enerji fiyatlarında da gerçeği yansıtmasını sağlayacağı belirtilmiştir (Seabrifht, Suzanne ve Smith, 1996).

Du, Cai ve Jia'nın "Klima Sistemlerinin Enerji Verimliliğinin Değerlendirilmesi" isimli çalışmalarında, klima sistemlerinin enerji verimliliği incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda enerji verimliliği konusunda en etkin sistemin, özellikle klima çalışırken sistemin enerji verimliliği ve tüketimi konusunda kendi kendine karar veren sistem olduğu belirtilmiştir. Klimanın enerji tasarrufu modunda çalışması gerektiği vurgulanmıştır (Du, Cai ve Jia, 2010).

Paulo, Gomes'in "Sağlık Sektöründe Enerji Verimliliğini Sağlamak İçin Enerji Hizmetlerinin bir Araç Olması" konulu çalışmalarında, sağlık sektöründeki enerji tasarrufu uygulamasının sonuçlarını göstermektedir. Yapılan anket sonuçlarına göre çoğu durumda hastanelerde ve sağlık merkezlerinde enerji verimliliğini arttırmak için bir ilgi ve istek olduğu belirtilmektedir. Ancak, günlük hayatta birçok kurumda bu anlayıştan uzak olduğu vurgulanmaktadır. Enerji verimliliği bilincinin yayılmasında bazı etkili örgüt engelleri olduğu belirtilmektedir. Enerji bedelinin hiç sorgulanmadan ödenmesinin zorunluluk şeklinde görüldüğü, enerji verimliliği hakkındaki bilgi ve uzmanlığında bir maliyet gerektirdiği ve potansiyel birikime rağmen enerji verimliliğine para yatırmanın ekstra bir maliyet gerektireceğini şirket yöneticileri tarafından düşünülmemekte olduğu sonucuna varılmıştır. Enerji verimliliğini isteyen bir potansiyel anlayışın olduğu da sonucuna varılmıştır (Paulo ve Gomes, 2009).

Günümüz işletmelerinin başarısına en büyük katkıyı enerji tasarruflu üretilen ürünler yapmaktadır. Pazarlama bakış açısının yanı sıra enerji verimliliği de çok önemli bir rol oynamaktadır. Kreliner, Kunis ve Rünge'in "Enerji Duyarlı Üretim Süreçlerini Modelleme" konulu çalışmalarında enerjiye duyarlı üretim sürecine bir model tanıtılmaktadır. Güç aktarım mekanizması bileşenlerinin üretimine odaklanan veri



modeli de tanıtılmıştır. Üreticilerin mevcut sıkıntısının enerji verimliliğinin üretim süreçlerindeki uyumu probleminden dolayı, üretim süreçlerinin enerji talebine göre modellenmenin önemine yer verilmiştir. Bu çalışmada, üretim süreçlerindeki enerji ve kaynak akışını sağlayan veri modeli ile birlikte zincir tanımlama modeli önerilmiştir (Kreliner, Kunis ve Rünge, 2011).

Sankara'nın "Ürün Odaklı Üretim Sisteminin Ekserji Analizi ile Sürdürülebilir Enerji temelli Yönteminin Kullanılması" konulu çalışmasında, savunulan yaklaşım ekserji analizi olmakla birlikte enerji verimliliği için potansiyelin olduğu belirtilerek aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

- Düşük dereceli seviyelerdeki derece değişimleri azaltılması gerektiği,
- Yüksek dereceli seviyelerdeki enerji israfının azaltılması gerektiği,
- Su ile soğutma ve hava püskürtmeli süreçlerin, bu istemdeki enerji verimsizliğini sağlayan en etkili kaynaklar olduğu,
- Yerleşik olmayan enerji akışının kullanılmasının problemin asıl kaynağı gibi görülmekte olduğu, bunun nedeninin de, düşük enerji kullanımı ve yüksek entropi (düzensiz) kullanımı olduğu belirtilmiştir (Sankara, 2005)

Lee, Ko, Kim, Yeam'in "PCB Başlıklı Devre Kartının üretim süreçlerindeki kullanılan enerji kaynaklarının Etkili Yönetim Sisteminin Geliştirilmesi" konulu çalışmalarında, enerji kaynakları olan su, elektrik, buhar gaz gözlemlenmeli ve diğer geleneksel işletme kaynakları gibi ele alınarak yönetilmesi gerektiği belirtilmiştir. Bu çalışmada amaç, üretim süreçlerinde kullanılan enerji kaynaklarının yönetimini gözlemlemek için Enerji Kaynak Yönetimi (ERM) Sistemi geliştirmek aynı zamanda da bu süreçler için, enerji verimliliği analizini yapmaktır. Saatte kullanılan enerji miktarı ERM Sistemi ile ölçülmüş (çalışma süresi ve hızı) taşıma kaybının çalışma hızı veya zamanı enerji verimliliği açısından çok önemli olduğu ortaya konulmuştur. Çalışmanın sonucunda %33 elektrik enerji tüketimi tasarrufu sağlanmış gelecekte de ERM Sisteminin değişik üretim süreçlerinde kullanılarak daha fazla tasarruf sağlanmasına olanak sağlanacağı ortaya konulmuştur (Lee, Ko, Kim ve Yeam, 2013).

Zhang, Chen, Gong'un "Enerji Yönetim ve Denetimi ile Enerji Tüketimi Nasıl Düşürülür?" Konulu çalışmalarının amacı Çin'deki enerji tüketimini azaltmak için

detaylı bir çalışma yapmak olmuştur. Temel amaç enerji denetim ve enerji yönetimindeki problemin tespit edilmesidir. Jilin Eyaletindeki aşırı enerji tüketimi nedeniyle böyle bir çalışma yapılmış, problemin nedeni bulunmaya çalışılmıştır. Bu durum çalışmasıyla, işletmelerin enerji denetimine pek de gönüllü olmadıkları, bütün istatistiksel verilerin sahte olduğu ve şirketlerin enerji yönetim sistemlerinin mükemmel olmadığı, enerji dönüşümünün ve enerji tüketim etkinliğinin az olduğu şirketlerin genellikle enerjiyi boşa harcadıkları ortaya çıkarılmıştır. Enerji tüketimini etkileyen problemlerin azaltılması göz önüne alınarak çözüm önerileri geliştirilmiştir. Enerji tüketim yönetimi ve denetimini güçlendirmek ve gereksiz enerji atığını azaltmak için aşağıdaki öneriler sunulmuştur.

1. Şirket algısını değiştirmek için, enerji muhafaza otoriteleri tanıtımı daha fazla yapılmalıdır.
2. Enerji muhafaza otoriteleri enerji denetim kursları başlatmalı,
3. Hükümet ile işletmeler arasında enerji bilgi-paylaşım platformu oluşturulmalı,
4. Hükümet ajanlarının, işletmeler tarafından görevlendirilen enerji denetim raporlarını hazırlayanların niteliklerinin bu işe uygun olup olmadığını denetlemesinin gerekli olduğu,
5. Hükümet, şirketlerin enerji yönetim sistemleri için kriterler oluşturmasını ve mantıksal enerji tüketim kıyaslaması yapmasını sağlamalı,
6. Hükümet, şirketlerin enerji tüketimlerinin etkili olması için teşvik etmeli,
7. Hükümet, enerji tasarruflu ürünlerin kullanılmasına büyük önem vermeli ve özendirici politikalara yeşil ışık yakmalıdır (Zhang, Chen ve Gong, 2011).

Lassing ve Riesner'in "Küçük ve Orta Boy İşletmelerde Enerji verimliliğinin Kıyaslanması" konulu çalışmasında, Alman Hükümetinin 2020 ve 2050 yılları için enerji etkinliği amaçlarını gerçekleştirmelerine yönelik iyi bir enerji kıyaslaması yapılmıştır. Endüstri sektöründe alanlarına göre istatistiksel enerji tüketim verileri kümelenmiştir. Bu yaklaşımla aynı zamanda küçük ya da orta boy tek bir işletmede ekonomik açıdan enerji verimliliğinin gözlemlenmesini ve zaman içinde gelişimini sağlamak için olanak sunulmuştur. İlk olarak, iki değişik endüstriyel sektördeki kümelenmiş enerji verimliliği göstergesi tanıtılmış ve daha sonra NACE kod sisteminin dört seviyesine bağlı olarak değişik endüstriyel sektörler için gözlemlene

sistemi geliştirmenin m¼mk¼n olduğu vurgulanmıştır. 782 sistem gözlenmiş ve bu gözlem, titiz nicel bazlı sisteme dayalı uygulamalı bir sistem olduğu belirtilmiştir. Çalışmanın sonucunda diğer yaklaşımlara göre birçok avantajı olduğunun altı çizilmiştir. En önemli avantajının da uygulanmasının ve hesaplanmasının basit ve ucuz olmasıdır. Bir diğer avantajı ise iş süreçlerini incelemeye gerek kalmadan Almanya'daki şirketlerde ve diğer ÷lkelerdeki şirketlerde uygulanabilir olduğudur (Lassing ve Riesner, 2012).

Narasimha ve Nagesha'nin, "K¼çük ve Orta Boy İşletmelerdeki S¼rd¼r¼lebilir Gelişimdeki Enerji Verimliliği" konulu çalışmalarında, araştırmaya konu olan işletmelerde enerji yoğun kullanılmaktadır. Bu işletmeler kırsal bölgelerde istihdama ve ekonomik gelişmeye katkı sağlamaktadır. Ancak, enerjinin verimsiz kullanılmakta ve çevreye saygılı enerji kullanılmamaktadır. Enerjiyi etkili kullanmak bu işletmelerde s¼rd¼r¼lebilir üretim için son derecede önemli olmaktadır. Tesad¼fi örnekleme yöntemi ile seçilen 50 işletmeden toplanan verilere bakılarak enerji girişinin önemi vurgulanmıştır. Bu bağlamda enerji tüketimi dokusu ve çevreye olan zararlı etkiler incelenmiştir. Enerjinin girdi olarak önemi üretim fonksiyonu analizi aracılığıyla gösterilmiştir. Sonuç olarak ise enerji girişi ve çıkışında çevreye duyarlı enerjinin önemi vurgulanmıştır (Narasimha ve Nagesha, 2013).

Peng ve Xu'un "S¼rd¼r¼lebilir Üretim İçin Enerji Tüketiminin Değerlendirilmesi" konulu çalışmasında, s¼rd¼r¼lebilir üretim sağlamak için en önemli konulardan birinin enerji verimliliği konusu olduğu belirtilmiştir. Bunun için ilk adım olarak üretim sisteminin enerji tüketiminin anlaşılması ve irdelenmesi için etkili bir yaklaşım geliştirilmesi gereği vurgulanmıştır. Bu çalışmada, enerji tüketiminin gösterilmesi için var olan yöntemler üç seviyede incelenmiştir. Bu seviyeler; makine seviyesi, üretim seviyesi ve fabrika seviyesidir. Yapılan araştırmalar, özellikle makine seviyesindeki enerji tüketimine odaklanmıştır. Bu yüzden var olan enerji modelleri sınırlı bir alanda kullanılabilir. Çalışmada enerji tüketimini değerlendirmek için özellikli teknoloji tanıtılmıştır. Çünkü özellik, ürün tasarım süreci ve sonraki uygulamalar arasında enerji verisini transfer eden uygun bir araç olarak gör¼lm¼řtür. Bu yaklaşım özellik odaklı tasarım, süreç planlaması analizi ve özellik odaklı imalatı kapsamaktadır. Böylece s¼rd¼r¼lebilir üretim daha akıllı bir tutumla geliştirilebilir. Özellik odaklı yaklaşımın avantajı ve dezavantajları incelenmiş ve var olan işlem

odaklı yaklaşımlarla karşılaştırılmıştır. Özellik odaklı yaklaşımdaki gerekli olan veriler özetlenmiş ve anlatılmıştır. Ayrıca enerji değerlendirme tablosu güvenilirlik seviyesi bazında önerilmiştir. Kullanıcılara enerji değerlendirme sonuçlarını yorumlama konusunda yardımcı olması için tablo sunulmuştur (Peng ve Xu, 2014).

Sanayileşmiş ülkelerde enerjinin yoğun olarak kullanıldığı bir gerçektir. Özellikle de endüstriyel aktivitelerden üretim süreçlerinde kullanılan enerji en yüksek oranda kullanılmıştır. Küresel enerji krizi nedeniyle üretimdeki enerji tüketimini azaltmak araştırma önceliklerinin başında gelmektedir. Lee, Pang ve Gan'ın "Üretim Seviyelerindeki Enerji Tasarrufunu ve Enerji Gözetimini Sağlayan Teknolojiler ile Endüstriyel Durum Çalışması" konulu araştırmalarında, var olan teknolojiler gözden geçirilmiştir. Üretim tesislerindeki enerji verimliliğini direkt olarak arttıran var olan teknolojiler gözden geçirilmiş ve gelecekteki araştırma olasılıkları belirlenmiştir. Enerji tasarrufu teknolojilerini inceleyen dört seviye bulunmaktadır. 1. Sistemler, 2. Süreç, 3. Donanım, 4. Tesistir. Çalışmada atık enerji gözlemlenerek toplam enerji tüketimine %63'e kadar katkı sağladığı gözlenmiştir (Lee, Pang ve Gan, 2012).

Çalışmaların özeti Tablo 3.1'de görülmektedir.

Tablo 3.1. Araştırma İle İlgili Yapılmış Araştırmalar

Sıra	Araştırma Sonuçları	Araştırma Konuları	Araştırmacılar
1	3 Mart 2001 tarihinde Elektrik Piyasası Kanunuyla birlikte enerji piyasasında girilen, yeniden yapılanma sürecinin enerji verimliliği üzerine etkisinin 1975 - 2007 dönemini analiz etmeye çalışılmıştır. 2001 yılında başlatılan yeniden yapılandırma sürecinin enerji verimliliği üzerinde pozitif yönde etkisi olduğu sonucuna varılmıştır	Türkiye'de Enerji Sektöründeki Yapısal Reformların Enerji Verimliliği Üzerine Etkileri	H. Murat Ertuğrul (2012) <sup>1</sup>
2	Elektriğin Ülkemize ilk girdiği yıllardan başlayarak giderek artan oranda kullanılan enerjinin etkin kullanılmasına yönelik çalışmalara ve yürürlüğe konulan yasaların Türkiye'ye getireceklerini ele almıştır. Sonuç olarak, yürürlükte olan enerji politikalarının yetersizliğine değinilerek yapılması gereken uygulamalar vurgulanmaya çalışılmıştır	Türkiye'nin Enerji Politikalarının Tarihsel Değişim Süreci ve Enerjide Verimlilik	Emre İncecik (2008)

Tablo 3.1.(Devam) Araştırma İle İlgili Yapılmış Araştırmalar

Sıra	Araştırma Sonuçları	Araştırma Konuları	Araştırmacılar
3	Bir deri işletmesinde kullanılan buhar sistemi incelenmiş ve yapılacak uygulamalarla meydana gelecek olan enerji tasarrufu üzerinde durulmuştur. Sonuç olarak, bir deri fabrikasında gerçek değerler ele alınarak, geleneksel enerji tasarrufu yöntemleri uygulanarak yapılacak enerji tasarrufları belirtilmiş ve mevcut sistemle karşılaştırılmıştır	Deri Endüstrisinde Enerji Tasarrufu Uygulaması	Mustafa Deniz Karakurt (2006)
4	Yatırım yapmadan da sadece, işletim sisteminin değiştirilmesiyle önemli oranlarda kazançlar sağlanacağı vurgulanmış, yatırım gereken enerji tasarrufu yöntemleri için ise gerekli olan çalışmalar için maliyet analizi hesaplanarak gösterilmiştir.	Bir İlaç Üretimi Tesisinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi	Gökhan Bayraktar (2004)
5	Türkiye’de birincil enerji tüketiminin üretimde meydana gelen değişikliklerden aynı oranda etkilendiği ve artan üretimin doğru orantılı olarak birincil enerji tüketimini de arttırdığı, sanayi sektörü için de durumun aynı olduğu, artan üretimin enerji tüketimini arttırdığı belirtilmiştir. Sonuç olarak, Türkiye’de uygulanacak enerji politikalarının birinci önceliğinin, enerji arz güvenliği ve enerji maliyetlerini azaltacak önlemlerin alınması olduğu, çevreci ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması gerektiği vurgulanmıştır	Türkiye’de Sektörel Enerji Tüketimini Etkileyen Faktörler ve Alternatif Enerji Politikaları	Alper Yılmaz (2012)
6	Avrupa Birliği’nin Enerji Politikası ve Türkiye: Enerji Güvenliği ve Çevrenin Korunması konusuna, Avrupa Birliği’nin enerji güvenliği ve AB’nin enerji politikasının çevresel boyutta ele alıp kapsamlı bir bakış açısı getirmiştir	Avrupa Birliği’nin Enerji Politikası ve Türkiye: Enerji Güvenliği ve Çevrenin Korunması	Vladimir Milcik (2012)
7	TS EN 16001 enerji yönetim sistemi, enerjinin daha verimli kullanılmasına olanak vererek sürekli iyileştirme süreci açısından faydalı olmuş ve enerji verimliliğinin gözlemlenmesinin sağlandığı belirtilmiştir	Enerji Yönetim sisteminin Örnek Bir İşletmede Uygulanması	Yılmaz Erarslan (2011)
8	Yüksek miktarda enerji kullanılan bir tesiste kalite ve performansı düşürmeden enerji kullanımını azaltmak için projelerin tasarlanmasına ve uygulanmasına yer verilmiştir	Enerji Yoğun Bir Tesiste Enerji Verimliliği Proje Tasarımı ve Uygulama Çalışması	Murat Özkök (2010)
9	Piyasa modeli geliştirilip, gerekli mevzuatla desteklenerek Ülkemizde başarılı bir enerji piyasası oluşturulabileceği, ihtiyaç olan enerjinin sağlıklı ve istikrarlı bir şekilde karşılanacağı belirtilmiştir	Enerji Yatırımlarının Finansmanı, Türkiye Uygulaması, Sorunlar, Çözüm Önerileri	Egemen Oluklulu (2003)

Tablo 3.1.(Devam) Araştırma İle İlgili Yapılmış Araştırmalar

Sıra	Araştırma Sonuçları	Araştırma Konuları	Araştırmacılar
10	Sonuç olarak, enerji kavramsal olarak açıklanmış, kaynakları, kullanımı, çevresel etkileri, finansal sonuçları açıklanmış ve uygulama ile de sonuçlar gösterilmiştir	İşletmelerde Enerji Verimliliği Çalışmalarının İncelenmesi ve Hizmet Sektöründe Bir Araştırma	Cemil Özel, (2010)
11	Enerji denetimleriyle elde edilecek, KOBİ'lerin mevcut enerji verimliliği fırsatlarıdır. Öncelikle enerji verimliliği anketi ve enerji kontrolü ile mevcut sistem analiz edilmiş daha sonra elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir	Türkiye'deki Kobilerde Düşük Maliyetli Enerji Verimliliği Yönetim sistemi	Ebubekir Polat (2013)
12	Projelendirilen çalışmaların fabrika için büyük bütçeler gerektirmediği ancak, yıllık toplam enerji kazancında ise kısa vadede yüksek kazançlar olduğu ortaya konulmuştur	Enerji Yoğunluklu Bir Fabrikanın Enerji Verimliliği Özelinde İncelenmesi	Ersoy Acar, (2012)
13	Otomotiv sektöründe elektrik enerjisinde yapılabilecek tasarruf olanakları belirtilmiştir. Analiz edilen örnek tesiste toplam enerji tüketiminin %48'ini elektrik enerjisi oluşturduğundan tasarruf yapılacak olan ikinci alan olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak tesisin yıllık elektrik enerjisi tüketiminde önemli bir tasarruf sağlanmıştır	Otomotiv Sanayinde Enerji Verimliliği ve Enerji Tasarruf Olanaklarının Belirlenmesi	Ömer Emre Uylukçuoğlu (2009)
14	Enerji etkinliği analizini ise İstanbul Sanayi Odası İmalat sanayi 2009 yılı ilk 500 ve ikinci 500 raporunda adı geçen firmalar arasında örnekleme ile seçilen işletmeler için yapmıştır. Sonunda da elde edilen sonuçları kullanarak değerlendirilmiş ve enerji etkinliği ölçümü konularında öneriler sunulmuştur	Enerji Etkinliğinin Ölçümünde Veri Zarflama Analizi Modellerinin Kullanımı	Mert Özgür, (2011)
15	Öncelikle enerji tüketiminin mevcut durumu ortaya konmuş, iş süreçlerindeki atık ısının yeniden kazanılmasına yönelik iyileştirme önerisi ve bu önerinin ekonomik olarak değerlendirilmesiyle çalışma sonlandırılmıştır. Sonuç olarak, %15 enerji tasarrufu meydana gelmiş ve yaklaşık %20'lik tasarruf olanağı olduğu belirlenmiştir	Lastik Endüstrisinde Enerji Yönetimi	Deniz Sürekli (1999)
16	Enerji tasarrufu ve enerji verimliliğinin önemi üzerinde durmuş, aydınlatmayla ilgili enerji tasarrufunun yapacağı katkılar belirtilmiştir. Ayrıca, iyi bir aydınlatma tasarımında üzerinde durulması gereken konunun aydınlatma elemanlarının seçimi ve tavan yüksekliğine bağlı tasarlanan aydınlatma konularında bilgi verilmiştir.	Endüstri Tesislerinde Enerji Verimli Aydınlatma Teknikleri ve Örnek Çalışma	Mehmet Reha Gökmen (2010)
17	Birincil enerjinin daha etkin kullanıldığı trijenerasyon sistemlerinin ülkemizde de karlı bir şekilde kullanılabilmesi vurgusu yapılmıştır	Bir İş Merkezinde Enerjinin Etkin Kullanımının İncelenmesi	Nejla Yörük, (2011)

Tablo 3.1.(Devam) Araştırma İle İlgili Yapılmış Araştırmalar

Sıra	Araştırma Sonuçları	Araştırma Konuları	Araştırmacılar
18	Kojenerasyon tesisinin çalışma koşulları belirtilmiş, sistem verimi ise %89 elde edilmiştir. Kojenerasyon ile mevcut tesiste %28,96 enerji maliyetleri azaltılmış, buna karşı yapılması gereken yatırım miktarı belirtilmiştir	Kojenerasyon ve Trijenerasyon Uygulamalarında Kapasite Seçimi	Mustafa Bilgi, (2012)
19	Enerji sektörünün bütün ilişkilerini gösterebilecek yeni geniş ölçekli bir enerji modelleme sistemi tasarlanmıştır. Senaryo analiz çalışmasıyla, alternatif enerji arzı, emisyonlar enerji bedeli gibi dinamiklerin üzerindeki etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır	Geniş Ölçekli Bir Enerji Modeli Tasarımı ve Geliştirilmesi	Nihan Karalı (2012)
20	Enerjinin önemi belirtilerek gıda sektöründe enerji verimliliğine yönelik olarak termodinamik kanun verimliliği incelemiş, örnek olarak ele aldığı şeker fabrikasında enerji verimliliği ve enerji yönetimi konusunda çalışılmıştır. Fabrikanın genelinde iş süreçlerinin enerji ve ekserji analizi yapılmıştır. Sonuçlara göre iş süreçlerinde iyileştirme sağlanabilmesi için farklı senaryo analizleri yapılmıştır. Termodinamik analiz sonuçlarına göre fabrikanın karının artırılacağı sonucuna varılmıştır	Gıda Sektöründe Enerji Verimliliği Ve Enerji Yönetimi: Şeker Fabrikası Örneği	Tolga Taner, (2013)
21	Yıkayıcıların su tüketiminin ve enerji tasarrufu sağlanırken çalışma performansının iyileştirilmesi hedeflenmiştir. Yıkama performansından ödün vermeden, bir yıkama için ihtiyaç duyulan en az enerji tüketimi hesaplanmıştır. Modelleme çalışması için, enerjinin maliyet tablosu yapılarak simülasyon ile gerçeği karşılaştırılmıştır	Yıkayıcılarda enerji Tüketiminin incelenmesi ve Modelleme Çalışmaları	Yusuf Koç (2009)
22	Elde edilen verilerle yapılan hesaplanmalar sonucunda kazan verimi, suya verilen ısı, hava fazlalık katsayısının azaltılmasıyla elde edilen enerji tasarrufu, sızıntı hava kayıplarının önlenmesi sonucunda elde edilen tasarruf miktarının önemi ortaya konulmuştur	Endüstriyel bir buhar kazanında Enerji Verimliliği ve Çevresel Etkileri	Fatma Turhan (2012)
23	Bina elektrik tüketimi profili hazırlanıp HVAC (Heating, Ventilating and Air Conditioning) sisteminde yapılması gereken iyileştirme ortaya konulmuş, ekonomik ömrü uzun, bakımı kolay ve karlı ürünler önerilmiştir	Enerjinin Verimli ve Etkin Kullanımına Yönelik Verimlilik Arttırıcı Proje Geliştirilmesi ve Bir İş Merkezine Uygulanması	Can Adıgüzel (2011)
24	Bir üniversite binasının enerji performansı iş etüdü uygulanarak belirlenmiştir. Elde edilen verilerle ve simülasyon sonuçları karşılaştırılmış, kullanılan hesaplamaların önem derecesi sınanmış, ısıtma sistemi ve bina kabuğunu kapsayan ve binanın enerji verimliliğinin arttırıcı önlemler önerilmiştir	Bir Üniversite Binasının Enerji Verimliliği : İYTE İdari Binanın Enerji Performansının Belirlenmesi	Mustafa Can Yaman,(2012)

Tablo 3.1.(Devam) Araştırma İle İlgili Yapılmış Araştırmalar

Sıra	Araştırma Sonuçları	Araştırma Konuları	Araştırmacılar
25	Çay işletmelerinde kullanılan enerjinin daha verimli kullanılmasının sağlanması öncelikli hedef olmuştur. Bu bağlamda hedeflenen maliyetlerin düşürülmesi bu sayede işletmenin rekabet gücünün artmasına katkı sağlamaktadır. Böylece işletmenin enerji tasarrufu için daha çok kaynak ayırması teşvik edilmesi sağlanmıştır	Türkiye Çay Sektörünün Mevcut Durumu ve Bir Çay Fabrikasında Enerji Verimliliği Analizi	Furkan Korkmaz (2012)
26	Isıtma sisteminde enerji tasarrufu konusunda, bina ve kazan tesisatının değerlendirilebileceğinden, borulara yapılacak olan izolasyon ile tesisattaki kayıpların en aza indirilebileceğinden, radyatör peteklerinin yerleştirileceği yerin de dikkat edilmesi gereken konulardan biri olduğundan ve duvar yalıtımı ile ısı kaybının önemli oranda azaltılabileceği sonucuna varılmıştır	Sanayide Enerji Verimliliği ve Uygulaması	Naime Demirtaş (2002)
27	İlk önce işletmeye ait bütün enerji verileri analiz edilerek yeni uygulamaya konulan enerji verimliliği yasası ve yönetmeliği doğrultusunda proje çalışması yapılmıştır. Enerji yoğun ve hiç durmadan çalışan fırın için iki değişik çalışma yapılmıştır. Kazanın verimi ölçülmüş, atık gazdan sıcak su elde etmek için tasarım yapılmıştır. Bunun yanı sıra elektrik tasarrufu için de öneri yapılarak elde edilecek kar hesaplanmıştır	Metal Eşya Sektöründe Faaliyet Gösteren Bir Firmada Enerji Tasarrufuna Yönelik Durum Çalışması	Ahmet Erıkan (2010)
28	Eğer aydınlatma doğru bir şekilde yapılırsa yüksek tasarrufun mümkün olabileceği belirtilmiştir. Bu bağlamda çalışmada, aydınlatmaya etkileyen faktörler analiz edilmiş ve bazı faktörlerin aydınlatmayla olan ilişkisi otomasyonla simule edilerek elde edilen sonuçlar incelenmiştir	Aydınlatma Sistemlerinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi	Onur Eser (2013)
29	Çeşitli parametrelerle enerji tüketimine etkileri analiz edilmiştir. Sonuç olarak, enerjinin daha verimli kullanılmasına yönelik öneriler ve seri üretime geçilecek olan makinenin sahip olması gereken özellikleri belirtilmiştir	Bir Isı Pompalı Çamaşır Kurutma Makinesinin Enerji Performansının İncelenmesi	Utku Bulgan (2014)
30	Boyutlandırma hesabı yapılan ekonomizörden hareketle, ramöz atık hava ısı geri kazanımı yoluyla elde edilecek yakıt tasarrufları ve getirisinin işletme, bölge ve ülke açısından çok önemli kazançlar sağlayacağı vurgulanmıştır.	Tekstil Kurutma Makinelerinin Enerji Verimliliğinin Artırılması	Sedat Yılmaz (2010)
31	Enerji verimliliği için, elektrikli su ısıtıcılarının en uygun tasarımı, seçimi ve denetimi incelenmiştir. Bir bölmeli elektrikli su ısıtıcı ile iki bölmeli su ısıtıcı aynı koşullarda karşılaştırıldığında iki bölmeli su ısıtıcının daha fazla sıcak su sağlayarak enerji tüketiminde tasarruf sağlandığı ortaya konulmuştur. Ayrıca büyüyen tank hacmiyle enerji tüketiminin de arttığı analiz edilmiştir	Elektrikli Su Isıtıcılar İçin Enerji tasarrufu Amacıyla Kontrol Stratejileri Geliştirilmesi ve Uygulanması	Ahmet Feyzioğlu (2012)



Tablo 3.1.(Devam) Araştırma İle İlgili Yapılmış Araştırmalar

Sıra	Araştırma Sonuçları	Araştırma Konuları	Araştırmacılar
32	Yerel bir firmanın enerji tüketimini büyük bir ölçüde nasıl azaltıldığı gösterilmiştir. Enerji verimliliği yönetimi ile enerji tüketimin azaltıldığı ve amacın sürdürülebilir ve geri dönüştürülebilir bir enerji tesisatı kurulması olduğu gösterilmiştir	Sürdürülebilir Enerji Tasarrufu Sağlamak İçin Geri Dönüştürülebilir Enerji ile Birlikte Enerji yönetimi Esaslarının Kullanılması	G Niesing and LJ Grobler (2013)
33	son yıllardaki enerji tasarrufu ve enerji verimliliğinin değerlendirilmesine dayanan çalışmaların analiz edilmiş, aynı zamanda bu çalışmada uygulamadaki verimlilik incelenmiş olup; - Hedef enerji konsepti, - Çalışan enerji tüketimi konsepti, - Daha önceki enerji tüketimi konsepti, - Sürdürülebilir enerji tüketimi konsepti konularına ve arasındaki ilişkilere açıklık getirilmiştir	Enerji için Yeni Değerlendirme Sistemi- Sürdürülebilir Enerji tüketimi ve Sürdürülebilir Enerji verimliliğine Dayanan Tasarruf	Kaixiang Huan, Yongqiang Zhu, Huiqi Shen (2012)
34	Mevcut yerleri yeniden imar etmek, yapılanmada enerji verimliliği ve etkinliği sorununu çözmek ve böylece sosyal enerji verimliliği, ekonomik-çevresel enerji verimliliği arasında uyumu sağlamaktır	Enerji Tasarrufu ve Verimliliği Sistemine Dayalı Kiralık Evler Yapmanın Stratejileri	Xu Yuhui, Lv Yanke (2011)
35	Bölgenin ekonomik ve çevresel faktörleri ele alınarak, enerjinin ekonomik ve çevresel verimliliğini değerlendirmek için bir model oluşturulmuştur. Enerji verimliliğini, etkinliğinin en yüksekte en düşüğe doğru bir sıralama yapılmıştır. Enerjinin ekonomik ve çevresel verimliliğinin modelinde birçok girdi ve tek bir çıktı modeli yerine enerji verimliliği uygulanan modelin daha etkili olduğu vurgulanmıştır	Poyank Gölü Eko-Ekonomik Bölgesinin Enerjisinin Ekonomik ve Çevresel Verimliliği	Yifen Lu, Liqun Zhan, ChunFu (2011)
36	Belirli zaman periyodunda ve beklenen iklim koşulları altında enerji maliyetini düşürmedeki sorun, rasgele programlama teknikleri ile karşılaştırılmıştır. Bir merkezdeki iş yükü düzenli bir şekilde dağıtılarak inceleme yapılmıştır. Sonuç olarak, önerilen modelin doğru olduğu sonucuna varılmıştır. Rastgele yaklaşım yönteminin kullanılabilirliği belirtilmiştir	Yeşil Enerji Kullanarak Birleşik Veri Merkezlerindeki Enerji Maliyetini Minimuma İndirmek	M. Ruiz, A. Asensio, L. Velasco (2014)
37	Enerji verimliliği yatırımı yapmak için uygun piyasa koşulları ile ilgili birkaç yol olduğu vurgulanan çalışmada, piyasa odaklı enerji sektörü geliştirilmenin, enerji fiyatlarında da gerçeği yansıtmasını sağlayacağı belirtilmiştir	Enerji Verimliliği Yatırımlarını Etkileyen Piyasa Koşulları	Jeff Seabright, Suzanne Goldstein Smith Market (1996)
38	Enerji verimliliği konusunda en etkin sistemin, özellikle klima çalışırken sistemin enerji verimliliği ve tüketimi konusunda kendi kendine karar veren sistem olduğu belirtilmiştir	Klima Sistemlerinin Enerji Verimliliğinin Değerlendirilmesi	Xiaotong Du, Wenjian Cai, Lei Jia (2010)

Tablo 3.1. (Devam) Araştırma İle İlgili Yapılmış Araştırmalar

Sıra	Araştırma Sonuçları	Araştırma Konuları	Araştırmacılar
39	Yapılan anket sonuçlarına göre çoğu durumda hastanelerde ve sağlık merkezlerinde enerji verimliliğini arttırmak için bir ilgi ve istek olduğu belirtilmektedir. Ancak, günlük hayatta birçok kurumda bu anlayıştan uzak olduğu vurgulanmaktadır. Enerji verimliliği bilincinin yayılmasında bazı etkili örgüt engelleri olduğu belirtilmektedir	Sağlık Sektöründe Enerji Verimliliğini sağlamak İçin Enerji Hizmetlerinin bir Araç Olması	F Paulo, A Gomes (2009)
40	Üreticilerin mevcut sıkıntısının enerji verimliliğinin üretim süreçlerindeki uyumu problemlerinden dolayı, üretim süreçlerinin enerji talebine göre modellenen önemine yer verilmiştir. Bu çalışmada, üretim süreçlerindeki enerji ve kaynak akışını sağlayan veri modeli ile birlikte zincir tanımlama modeli önerilmiştir.	Enerji Duyarlı Üretim Süreçlerini Modelleme	Björn Kreliner, Raphael Kunis, Gudula Rünger (2011)
41	Yerleşik olmayan enerji akışının kullanılmasının problemin asıl kaynağı gibi görülmekte olduğu, bunun nedeninin de, düşük enerji kullanımı ve yüksek entropi (düzensiz) kullanımı olduğu belirtilmiştir	Ürün Odaklı Üretim Sisteminin Ekserji Analizi ile Sürdürülebilir Enerji temelli Yönteminin Kullanılması	Jayasankar Sankara (2005)
42	Bu çalışmada amaç, üretim süreçlerinde kullanılan enerji kaynaklarının yönetimini gözlemlemek için Enerji Kaynak Yönetimi (ERM) Sistemi geliştirmek aynı zamanda da bu süreçler için, enerji verimliliği analizini yapmaktır. Çalışmanın sonucunda %33 elektrik enerji tüketimi tasarrufu sağlanmış gelecekte de ERM Sisteminin değişik üretim süreçlerinde kullanılarak daha fazla tasarruf sağlanmasına olanak sağlanacağı ortaya konulmuştur.	PCB Başlıklı Devre Kartının üretim süreçlerindeki kullanılan enerji kaynaklarının Etkili Yönetim Sisteminin Geliştirilmesi	Gyu-Bong Lee, Min-Jae Ko, Young-Shin Kim, Dong-Whan Yeam (2013)
43	Enerji tüketimini etkileyen problemlerin azaltılması göz önüne alınarak çözüm önerileri geliştirilmiştir	Enerji Yönetim ve Denetimi ile Enerji Tüketimi Nasıl Düşürülür?	Jian Zhang, Yuchen Zhang, Song Chen, Sizhuo Gong (2011)
44	küçük ya da orta boy tek bir işletmede ekonomik açıdan enerji verimliliğinin gözlemlenmesini ve zaman içinde gelişimini sağlamak için olanak sunulmuştur. diğer yaklaşımlara göre birçok avantajı olduğunun altı çizilmiştir. En önemli avantajının da uygulanmasının ve hesaplanmasının basit ve ucuz olmasıdır. Bir diğer avantajı ise iş süreçlerini incelemeye gerek kalmadan Almanya'daki şirketlerde ve diğer ülkelerdeki şirketlerde uygulanabilir olduğudur	Küçük ve Orta Boy İşletmelerde Enerji verimliliğinin Kıyaslanması	Jörg Lassig, Wilhelm Riesner (2012)

Tablo 3.1. (Devam) Araştırma İle İlgili Yapılmış Araştırmalar

Sıra	Araştırma Sonuçları	Araştırma Konuları	Araştırmacılar
45	Tesadüfî örnekleme yöntemi ile seçilen 50 işletmeden toplanan verilere bakılarak enerji girişinin önemi vurgulanmıştır. Bu bağlamda enerji tüketimi dokusu ve çevreye olan zararlı etkiler incelenmiştir. Enerjinin girdi olarak önemi üretim fonksiyonu analizi aracılığıyla gösterilmiştir. Sonuç olarak ise enerji girişi ve çıkışında çevreye duyarlı enerjinin önemi vurgulanmıştır	Küçük ve Orta Boy İşletmelerdeki Sürdürülebilir Gelişimdeki Enerji Verimliliği	C. Narasimha, N. Nagesha (2012)
46	Sürdürülebilir üretim sağlamak için en önemli konulardan birinin enerji verimliliği konusu olduğu belirtilmiştir. Bunun için ilk adım olarak üretim sisteminin enerji tüketiminin anlaşılması ve irdelenmesi için etkili bir yaklaşım geliştirilmesi gereği vurgulanmıştır.	Sürdürülebilir Üretim İçin Enerji Tüketiminin Değerlendirilmesi	Tao Peng, Xun Xu (2014)
47	Enerji tasarrufu teknolojilerini inceleyen dört seviye bulunmaktadır. 1. Sistemler, 2. Süreç, 3. Donanım, 4. Tesistir. Çalışmada atık enerji gözlemlenerek toplam enerji tüketimine %63'e kadar katkı sağladığı gözlenmiştir	Üretim Seviyelerindeki Enerji tasarrufunu ve Enerji gözetimini Sağlayan Teknolojiler ile Endüstriyel Durum Çalışması	Cao Vinh Le, Chee Khiang Pang, Oon Peen Gan (2011)

## 4. YAPISAL EŞİTLİK MODELİ'NİN İMALAT İŞLETMELERİNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN İNCELENMESİ AMACIYLA KULLANILMASI

### 4.1. Araştırmanın Konusu

Verimlilik, işin doğru bir şekilde, doğru zamanda ve doğru kişilerle yapılmasıdır. Yani kısaca,  $Verimlilik = \frac{Etkililik}{Etkenlik}$  'tir. Amaçlara ne derece ulaşıldığının (etkililik), kaynakların ne derece etken kullanıldığına oranıdır. Bir işletmede amaçlara ve hedeflere ulaşılmasında, kullanılan üretim (hammadde, sermaye, işgücü, enerji vb.) faktörleri arasında en önemli faktörlerden biri de enerjidir. Bundan dolayı enerji verimliliğinin artırılması son derece önemlidir.

Ülkemizde % 75'i yurt dışından gelen enerjinin;, % 33'ü sanayiye, % 24'ü binalara, % 16'sı ulaşımda kullanılmaktadır. Bilinen fosil enerji kaynakları azalmakta, alternatif kaynaklar ise henüz ya yeterli düzeyde değil ya da ekonomik elde edilmemekte, talebin artması fiyatları arttırmakta, yerli kaynaklar ithale olan bağımlılığı önleyememekte ve ekolojik denge bozulmaktadır. Bu bağlamda tasarruf edebilecek enerji, bedeli diğerlerinden çok daha ucuz olan ve öncelikle başvurulması gereken bir enerji kaynağı olmaktadır (Karagöl, 2013).

Enerji verimliliği konusunda yapılan araştırmalar, üretimde enerji verimliliği potansiyelinin iş süreçlerinde olduğunu göstermiştir. İmalat işletmelerinde enerji verimliliği konusunda yapılacak olan çalışmanın önemli olduğu görülmüş ve bu bağlamda araştırmanın konusu; "Yapısal Eşitlik Modeli'nin İmalat İşletmelerinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi Amacıyla Kullanılması" olarak belirlenmiştir.

### 4.2. Araştırmanın Amacı

Yapılan çalışmalarla, imalat işletmeleri üretim süreçlerinde önemli ölçüde enerji verimliliği potansiyeli olduğu belirlenmiştir. Bu noktadan hareketle üretimde enerjinin verimli kullanılmasını etkileyen faktörlerin belirlenmesi konusunda araştırma yapılması kaçınılmazdır. Bu bağlamda enerjinin verimli kullanılmasını

etkileyen faktörlerin belirlenmesi araştırmanın konusunu oluşturmuştur. Bu çalışma ile, sanayide başarılı verimlilik politikalarının uygulanmasına, işletme ve ülke ekonomisine katkı sağlamak amaçlanmıştır.

Üretim alanında enerjinin verimli kullanımıyla sağlanacak olan maliyet düşüşünün önemi büyüktür. Sanayide çeşitli alanlarda enerjinin temel bir girdi olduğu göz önünde bulundurulduğunda, enerji verimliliği konusunda araştırma yapmanın sağlayacağı katkının da büyüklüğü ortaya çıkmaktadır. Enerjinin yoğun kullanıldığı sektör olan imalat sektöründe, kalite standartları göz ardı edilmeden verimliliğin artırılmasına yönelik enerjinin daha verimli kullanılması kaçınılmazdır. Bu nedenle imalat sektöründe enerji verimliliğini etkileyen faktörlerin belirlenmesi araştırılmaya değer bir konudur.

### **4.3. Araştırmanın Önemi**

Üretim miktarı ve kaliteden ödün vermeden hizmet veya ürün başına enerji tüketiminin azaltılması yoluyla enerji verimliliği sağlanabileceği bilinen bir konudur. Enerjinin kullanıldığı üretim süreçleri ile işletmelerin ısıtma, soğutma, aydınlatma vb. gereksinimler için ihtiyaç duyulan enerjinin etkin kullanılması, ekonomik olması ve çevreye duyarlı olması mümkündür. Bu çalışmada, imalat işletmelerinde kullanılan enerjinin verimliliğinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla imalat sektöründeki işletmelerde kullanılan enerjinin verimliliği ve etkinliğinin değerlendirilmesi hedeflenmektedir. Yapılan çalışmalar, imalat sektöründeki işletmelerin iş süreçlerinde çok önemli bir ölçüde verimlilik potansiyeli olduğunu göstermiştir. Bu noktadan hareketle üretimde tüketilen enerjinin daha fazla nasıl verimli kullanılabilirliği ile ilgili araştırma yapılması bir gerekliliktir. Araştırmanın başlangıç noktası sanayide başarılı verimlilik politikaları kullanılarak işletme ve ülke ekonomisine sağlanacak olan katkı ve imalat işletmelerine az enerji ile çok iş yapabilme yeteneğinin kazandırılmasının sağlayacağı katkının önemidir (Çolak, 2005).

Elde edilen sonuçlara göre yapılacak olan öneriler enerji verimliliğine katkı sağlayacak bu sayede işletmelerde maliyetler azalacak ve rekabet üstünlüğü elde edilecektir. Ayrıca çevreye saygılı enerji konusunda da eksikliklerin giderilmesi için yol gösterici olacaktır.

Özellikle üretim alanında verimli enerji kullanımıyla sağlanacak olan maliyet düşüşünün önemi büyüktür. Sanayide çeşitli alanlarda enerjinin temel bir girdi olduğu göz önünde bulundurulduğunda enerji verimliliği konusunda araştırma yapmanın sağlayacağı katkı bir gerçektir. Bu nedenle İmalat Sektöründe enerji verimliliği incelemeye değer bir konudur. Enerjinin yoğun kullanıldığı sektör olan imalat sektöründe, kalite standartları göz önünde bulundurularak, verimliliğin arttırılmasına ve enerjinin daha verimli kullanılmasına yönelik yapılacak olan bu çalışmada, kullanılacak olan model “Yapısal Eşitlik Model”idir. Enerji Verimliliği alanında kullanılacak olan bu yöntemin daha sonra bu alanda yapılacak olan çalışmalara da rehberlik yapacağı kanısı araştırmanın önemini arttırmaktadır.

#### **4.4. Araştırmanın Problem Cümleleri**

Araştırmanın temel problem cümlesi;

İmalat işletmelerinde enerji verimliliğini etkileyen bağımsız faktörlerden etkin olanları hangileridir?

Araştırmanın problem cümleleri

- Yönetim ile enerji verimliliği arasında bir ilişki var mıdır?
- Denetim ile enerji verimliliği arasında bir ilişki var mıdır?
- Eğitim ile enerji verimliliği arasında bir ilişki var mıdır?
- Otomasyon ile enerji verimliliği arasında bir ilişki var mıdır?
- Araştırmanın temel hipotezi “İmalat işletmelerinde enerji verimliliğini etkileyen bağımsız faktörlerle arasında ilişki var mıdır?”

#### **4.5. Araştırma Problemindeki Değişkenleri Etkileyen Faktörler**

Bayraktar’ın yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında, Yatırım yapmadan da sadece, işletim sisteminin değiştirilmesiyle önemli oranlarda kazançlar sağlanacağı vurgulanmış, yatırım gereken enerji tasarrufu yöntemleri için ise gerekli olan çalışmalar için maliyet analizi hesaplanarak gösterilmiştir (Bayraktar, 2004).

Özkök’ün, Enerji Yoğun Bir Tesiste Enerji Verimliliği Proje Tasarımı ve Uygulama Çalışmasında, Yüksek miktarda enerji kullanılan bir tesiste kalite ve performansı düşürmeden enerji kullanımını azaltmak için projelerin tasarlanmasına ve

uygulanmasına yer verilmiştir. Çalışma için seçilen tesiste, inşaat aşamasında ve elektrik ve mekanik tesisatlarında enerji verimliliği açısından çalışmalar yapılmıştır. Bunun için öncelikle tesisin teknik ve mimari özelliklerine uygun olacak şekilde enerji verimliliği projeleri hazırlanmıştır. Hazırlanan sistemin maliyet analizleri, ekipman-cihaz bazında ilk maliyet değerlerinin yüksek ancak, geri ödeme sürelerinin makul düzeylerde olduğu belirlenmiştir. Projelerin bazılarında geri ödeme süreleri küçük değerlerde olduğu, bunun nedeninin de bu tasarımların yüksek bedelli cihaz-ekipman kullanımıyla değil daha kolay, maliyeti düşük ancak enerji tasarrufu bakımından yüksek uygulamaların yapılmasıdır. Sonuç olarak, her iki durumda da enerji verimli sistemler kurulmuş ve aynı işi yapan önceki tasarımlara kıyasla enerji tüketiminde azalma elde edildiği vurgulanmıştır (Özkök 2010).

Özel'in yüksek lisans tez çalışmasında, enerji kavramı, enerji verimliliğinin çevre ve ekonomi boyutunda önemini belirlemesi, ulusal ve uluslararası uygulamaların kıyaslanması yapılmıştır. Bu inceleme hizmet sektörü bazında yapılmıştır. Sonuç olarak, enerji kavramsal olarak açıklanmış, kaynakları, kullanımı, çevresel etkileri, finansal sonuçları açıklanmış ve uygulama ile de sonuçlar gösterilmiştir (Özel, 2010).

Uylukçuoğlu'nun çalışmasında, Dünyadaki ve Türkiye'deki enerji durumu, Türkiye'nin enerji durumuyla dünya ülkelerinin enerji durumunun karşılaştırılması, Ülkemizde sanayi alanında elektrik enerjisinin hangi oranlarda kullanıldığı, otomotiv sanayinin durumu, otomotiv sektöründe ürün prosesleri, örnek tesisteki enerji verimliliği, enerji tüketim oranları ve ürün başına enerji maliyetine yer verilmiştir. Bunun yanı sıra otomotiv sektöründe ısı enerjisinde yapılabilecek tasarruflar örnek bir tesis üzerinden gösterilmiştir. Örnek tesiste ısı enerjisi toplam enerji tüketiminin %52'sini kapsaması tasarruf çalışması yapılacak alan olarak belirlenmesinde önemli bir rol oynamıştır. Son olarak, otomotiv sektöründe elektrik enerjisinde yapılabilecek tasarruf olanakları belirtilmiştir. Analiz edilen örnek tesiste toplam enerji tüketiminin %48'ini elektrik enerjisi oluşturduğundan tasarruf yapılacak olan ikinci alan olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak tesisin yıllık elektrik enerjisi tüketiminde önemli bir tasarruf sağlanmıştır (Uylukçuoğlu, 2009).

Acar'ın çalışmasında, enerjinin yoğun olarak kullanıldığı bir fabrikada kalite standartlarına uyarak ve çalışma verimliliğini düşürmeden enerjinin daha etkin kullanılması için, projelerin üretilmesi, yöntemler tasarlanması ve maliyet analizleri belirlenmiş ve uygulanması gösterilmiştir. Projelendirilen çalışmaların fabrika için büyük bütçeler gerektirmediği ancak, yıllık toplam enerji kazancında ise kısa vadede yüksek kazançlar olduğu ortaya konulmuştur (Acar, 2012).

Gökmen'in yüksek lisans tez çalışmasında, enerji tasarrufu ve enerji verimliliğinin önemi üzerinde durmuş, aydınlatmayla ilgili enerji tasarrufunun yapacağı katkılar belirtilmiştir. Ayrıca, iyi bir aydınlatma tasarımında üzerinde durulması gereken konunun aydınlatma elemanlarının seçimi ve tavan yüksekliğine bağlı tasarlanan aydınlatma konularında bilgi verilmiştir (Gökmen, 2010).

Taner'in çalışmasında, enerjinin önemi belirtilerek gıda sektöründe enerji verimliliğine yönelik olarak termodinamik kanun verimliliği incelemiş, örnek olarak ele aldığı şeker fabrikasında enerji verimliliği ve enerji yönetimi konusunda çalışılmıştır. Fabrikanın genelinde iş süreçlerinin enerji ve ekserji analizi yapılmıştır. Bunun yanında belirli bir dönem enerji yönetimi için kullanılan enerji miktarları ortaya çıkarılmıştır. Sonuçlara göre iş süreçlerinde iyileştirme sağlanabilmesi için farklı senaryo analizleri yapılmıştır. Senaryo analizi sonuçlarına göre de termodinamik değerlendirmeler yapılmıştır. Termodinamik analiz sonuçlarına göre fabrikanın karının arttırılabileceği sonucuna varılmıştır (Taner, 2013).

Korkmaz'ın yüksek lisans tez çalışmasında, çay işletmelerinde kullanılan enerjinin daha verimli kullanılmasının sağlanması öncelikli hedef olmuştur. Bu bağlamda hedeflenen maliyetlerin düşürülmesi bu sayede işletmenin rekabet gücünün artmasına katkı sağlamaktır. Hedeflere ulaşmada, işletmenin ürün kalitesinden ödün vermeden maliyetlerde düşüş sağlanması ve karlılığın artması göz önünde bulundurulmaktadır. Böylece işletmenin enerji tasarrufu için daha çok kaynak ayırması teşvik edilmesi sağlanmıştır. Çalışmada önem verilen diğer bir konu ise enerji verimliliği sağlanarak ülke ekonomisine katkı yapmak ve çevreye verilen zararları olabildiğince azaltılmasının sağlanmasıdır (Korkmaz, 2012).

Demirtaş'ın sanayide enerji verimliliği ve uygulaması konulu çalışmasında, ısıtma sisteminde enerji tasarrufu konusunda, bina ve kazan tesisatının



değerlendirilebileceğinden, borulara yapılacak olan izolasyon ile tesisattaki kayıpların en aza indirilebileceğinden, radyatör peteklerinin yerleştirileceği yerin de dikkat edilmesi gereken konulardan biri olduğundan ve duvar yalıtımı ile ısı kaybının önemli oranda azaltılabileceği sonucuna varılmıştır (Demirtaş, 2002).

#### **4.6. Araştırmanın Teorik Modeli**

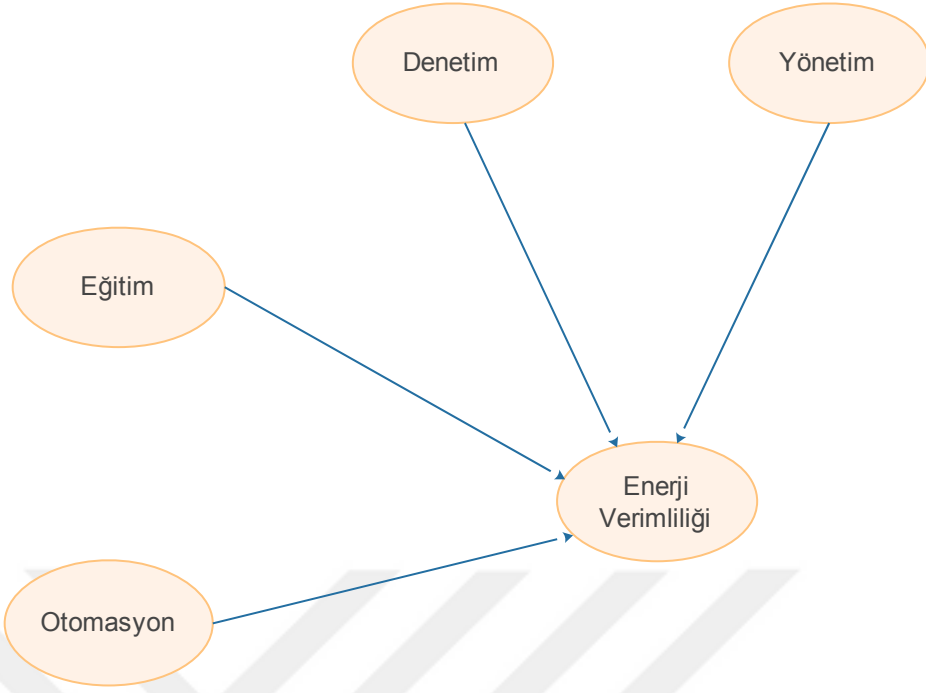
Araştırmanın modelindeki değişkenlerden yönetim, denetim, eğitim ve otomasyon dışsal (exogenous) değişkenlerdir. Enerji verimliliği ise içsel (endogenous) değişkendir.

Modelde birden çok bağımsız gözlemlenemeyen değişken ve bir bağımlı değişken vardır. Birden çok bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki etkisini ölçmek için önerilen model Yapısal Eşitlik Modeli'dir (YEM).

Araştırma modeli, imalat işletmelerinde enerjinin verimli kullanılması bir potansiyel olduğu kabul edilerek oluşturulmuştur. Modelde, gözlemlenemeyen faktörün yordayacağı gözlenen faktörler de vardır. Bu faktörler daha önce yapılmış çalışmalardan faydalanılarak oluşturulmuştur (Şekil 4.1).

Enerji Verimliliğini Etkileyen Bağımsız Faktörler :

1. Enerji verimliliği faktörü (EVV); 2. Denetim faktörü (DENN); 3. Otomasyon faktörü (OTOO); 4. Eğitim faktörü (EGTT); 5. Yönetim faktörüdür (YONN) .



Şekil 4.1. Araştırma Modeli Önerisi

#### 4.6.1. Etkililik

Enerjinin tükenebilir olması ve elde edilmesinin maliyetli olması önemini arttırmaktadır. Bu bağlamda enerji yatırımlarının uzun ve maliyetli olması, birincil enerji kaynaklarının fiyatlarında meydana gelecek artışlar da enerjiyi en önemli konular arasına sokmaktadır. Yeni enerji stratejileri arasında çevreye duyarlı ve düşük maliyetli enerji kullanılması stratejisi mutlaka olmalıdır. Yani aynı mal veya hizmet için daha az enerji kullanılmalı veya düşük maliyetli enerji sağlanması temel strateji olmalıdır (İslatince ve Haydaroğlu, 2009).

#### 4.6.2. Enerji Tasarrufu

Sektörel bazda tasarruf yapılması, her işletmenin kendi iş süreçlerindeki enerji kullanımına ve süreçlerde kullanılan enerji kaynaklarına bağlıdır. Genel olarak sanayi işletmelerinde uygulanan enerji tasarruf olanakları olan süreçler şöyledir: Düşük sıcaklığın kullanıldığı sektörlerde kojenerasyonun uygulanması enerji verimliliğini önemli ölçüde arttırmaktadır. Örneğin; yoğun buhar kullanılan işletmelerde ısı ve güç uygulamaları öncelikli olmalıdır. Eğer işletme büyük ölçekliyse birleşik ısı ve güç uygulamaları zorunlu olmalıdır. Yeni kurulacak olan işletmeler için ise bu uygulama teşvik edilmelidir. Yoğun olarak bulunan soğuk

depolarda, klimalarda ve buhar sistemlerinde fırın ve kazan brülörlerinin ayarlarının iyi yapılması, uygun yalıtım yapılması, kompresörler ve motorlarla ilgili alınacak olan önlemler enerji verimliliğini arttıracak önlemler arasında sayılabilir (URL-13).

Yapılan çalışmalar Ülkemizde hizmet ve üretim alanında, ekonomik ve günlük yaşam alanında enerjinin azaltılması konusunda yapılacak oldukça fazla şeyin olduğu sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Ekonomik hayatta ve günlük yaşantıda kullanılan enerjinin yoğunluğunun azaltılması için; genel olarak enerji verimliliğinin artırılması, iletim-dağıtım konusunda kayıp ve kaçakların düşürülmesi, üretimde enerjiyi verimli kullanılan teknolojik donanımın, günlük yaşam için yalıtımlı binalar, enerji tasarrufuna yönelik ev ve ofis aletlerinin kullanılması ayrıca toplumun tüm kesimlerinin eğitilip bilinçlendirilmesi son derecede önemlidir.

Yardımcı hizmetler alanında yapılması öngörülen önlemler aşağıdaki başlıklar altında toplanabilir.

- Isı yalıtım,
- Buhar üretimi ve dağıtımı,
- Yakma sistemleri,
- Elektriğin kullanımı,
- Aydınlatma ve enerji yönetimidir.

Süreç aşamalarında ise:

- Kullanılan üretim teknolojisi,
- Üretimde ve yardımcı hizmetlerde kullanılan teçhizat,
- Su ve diğer süreç atıkları,
- Üretim süresi,
- Kojenerasyon (elektrik ve ısının birlikte üretilmesi),
- Yakıt dönüşümleri (kömürden doğalgaza) konularında olabileceği gibi sektöre ve süreçlere özel başka önlemlerde alınması mümkündür (URL-14).

Enerji tasarrufu; verimi yüksek olana teknolojik cihazların kullanılması, enerji atıklarının değerlendirilmesi, geri dönüşümün sağlanması, enerji kayıplarının önlenmesi, tüketilen enerjinin kaliteyi, performansı, sosyal refah ve kalkınmayı düşürmeden enerji ihtiyacının minimuma indirilmesi olarak tanımlanabilir. Bir başka tanım da, enerji kaynaklarının enerji kullanıcıları tarafından uygulanan yöntemler

sayesinde belirli bir üretim ve hizmet için her basamakta tüketilen enerji miktarının azalması olarak yapılabilir (Kavak, 2015).

#### **4.6.3. Otomasyon**

Kaliteli ve sürekli enerji sağlanabilmesi için sınırlı enerji kaynaklarının verimli kullanması için enerji iletim sistemlerinin daima izlenmesi ve denetlenmesi bir gerekliliktir. Bu nedenle enerji iletim ve dağıtım sistemlerinin doğru ve zamanında verilerinin elde edilmesi ve sistemin bu bilgiler doğrultusunda etkili bir şekilde denetiminin yapılması tüm dünyada hedeflenmektedir. Ülkemizde özelleştirilen elektrik dağıtım sistemlerinin, Enerji Piyasası Denetleme Kurulu (EPDK) tarafından denetlenmesi ile konuya verilen önem daha da artmıştır.

Enerjinin üreticiden tüketiciye kadar olan tüm aşamalarda kontrol altında tutulabilmesi için Denetimli Kontrol ve Veri Toplama (SCADA) sistemlerinin kurulması, Enerji İletim Sisteminde uygulanan SCADA sistemleri, üretimde süreç otomasyon sistemlerinin uygulamalarının aksine geniş bir alanı kapsamaktadır.

Bir iletişim ağı kullanan otomasyon sistemlerinde tüm cihazlar arasında belirli kurallara bağlı oluşturulan ortak bir lisan olması gerekliliktir. SCADA, otomasyon işlemlerine uygun donatılmış alt yapısıyla enerji iletim ve şebekeleri de karşımıza “Akıllı Şebekeler” olarak çıkmaktadır.

Dünyada hedeflenen yeni nesil akıllı enerji şebekeleri için kullanılan teknikler sürekli geliştirilmektedir. Bunun nedeni ise; çeşitli enerji kaynaklarından elde edilen enerjinin daha verimli bir şekilde şebekeye entegre edilmesi, kaliteli ve sürekli enerji sağlanması, sınırlı kaynakların verimli kullanılması, iletimde ve dağıtımda meydana gelebilecek kayıpların en aza indirilmesi, kaçak ve uygunsuz kullanımının engellenmesi ve sonuç olarak enerji verimliliğinin artırılmasıdır (URL-15).

#### **4.6.4. Bilgi ve İletişim Teknolojisi**

Bilgi ve iletişim teknolojisi kısaca, bilginin toplanması ve depolanması, bir yerden başka bir yere iletilmesinin sağlanmasına yarayan ve bilgisayar teknolojisini de kullanan bir sistemdir. Teknoloji, üretimde kullanılan insan gücünün yerini almakta, diğer üretim faktörleri ise etkisi altına alarak değişime uğratmaktadır. Önemi günden

güne hayatın her alanında artmaktadır. Bilgisayarların kullanımıyla ihtiyaç duyulan her türlü bilgiye anında ve kolaylıkla ulaşılmasını, e-posta ve sosyal medya aracılığıyla anında iletişimin kurulmasını sağlamaktadır. Teknolojinin yaşamımızdaki yeri arttıkça yaşantımızın da kolaylaştığı ve daha pratik hale geldiği söylenebilir. Bilgi ve iletişim teknolojisinin üretime sağladığı kolaylıklar aşağıdaki gibidir (URL-16a).

- Bilgi akışının hızlı olmasını sağlar.
- Zamanın iyi kullanılmasını sağlar
- En önemlisi de üretimde verimlilik ve etkinliğin artmasını sağlar.

Bilgi ve iletişim teknolojisinin ofislerde sağladığı kolaylıklar ise şöyledir (URL-16b).

- Verimliliği artırır maliyetleri azaltır.
- Bilgi girişini kolaylaştırır.
- Zamanın etkin kullanılmasını sağlar.
- Etkin bir doküman yönetimi sağlar.

Enerjiye olan ihtiyacın uygun maliyetle ve güvenli bir şekilde elde edilmesi işletmelerin ve dolayısıyla ülkelerin rekabet gücünü etkilemektedir. Ancak, çevreye olan olumsuz etkileri nedeniyle bir takım kaygıları da beraberinde getirmektedir. Enerjiye olan önemli ihtiyaçlar ve kısıtlar enerjiyi verimli kullanmayı zorunlu hale getirmiştir. Teknolojinin ilerlemesiyle ortaya çıkan yeni ürün ve teknikler aracılığıyla mevcut üretim ve yöntemlerin uygulanmasıyla enerji verimliliği konusunda etkinlik artırılmaktadır. Gelişen teknoloji ve uygulamaların yanı sıra, işletme yönetimleri ve insan davranışlarındaki değişimler de enerji verimliliğinin etkinliğine katkı sağlayabilmektedir (Karagöl, 2013a).

Kullanılmakta olan bir sürecin iyileştirilmesi, daha az enerji kullanan araç gereçlerin tercih edilmesi, kısacası her türlü yeni yapılan değişiklik ile gereksiz enerji kullanımından vazgeçilmesi enerji verimliliği ile sonuçlanacaktır. Bir ülkenin enerji yoğunluğuna bakarak enerjinin verimli kullanılıp kullanılmadığı hakkında bir görüşe varılabilir. Eğer bir ülkenin enerji yoğunluğunda bir düşüş varsa o ülke de enerjinin verimli kullanıldığı sonucuna ulaşılabilir.

Enerjinin en fazla kullanıldığı alanlar başta olmak üzere, enerji verimliliğinin artırılması için alınan yasal, mali ve teknik önlemler alınmalıdır. Böylece, ülkelerdeki enerji yoğunluğu düşürülemeye ve enerjinin daha verimli kullanılması sağlanmaya başlanacaktır. Bütün bu çabaların yanı sıra son zamanlarda bilgi ve iletişim teknolojilerinde gerçekleşen gelişmeler sonucunda, ekonomik ve günlük yaşamın içinde çeşitli şekillerde kullanılmaya başlanmasıyla bilgi ve iletişim teknolojileri ile verimliliğin artırılması konusu da önemli hale gelmiştir (Karagöl, 2013b).

Bilgi ve iletişim teknolojileri kullanılarak imalat ortamında enerji verimliliğini etkin kılmak amacıyla üretim sisteminin bütünü için gerçekleştirilecek iyileştirmeler aracılığıyla toplam enerji tüketimi azaltılmak amaçlanmaktadır. Bu amaçla ürünün, tasarım, üretime, dağıtım ve geri dönüşüm aşamalarının tümünde en az enerji kullanımı ve çevreye en az zarar veren anlayış benimsenmiştir. Bu kapsamda mevcut elektrik tesislerinin daha etkin hale getirilmesi aracılığıyla sağlanan iyileştirmenin yanı sıra yeni kurulacak dağıtım ve üretim tesislerine ilişkin en uygun kararların alınmasının sağlanmasıyla da enerji verimliliği katkısı elde edilmektedir. Birden fazla tahmin ve planlama paket programlarıyla gelecek için elektrik arz ve tüketimine ilişkin isabetli ön görüler yapılabilmektedir. Ayrıca elektrik santrallerinin kurulumu aşamasında faaliyete geçirilen tüm uygulamalar santrallerin çalışması esnasında meydana gelebilecek kayıpların aksaklıkların en aza indirilmesi sayesinde enerjinin nihai kullanıcılarına daha verimli bir şekilde ulaştırılmasına yardımcı olmaktadır (Karagöl, 2013c).

#### **4.6.5. Eğitim**

İşletmelerde üst yönetimler tarafından çalışanlarına periyodik olarak vereceği eğitimlerle ve gerekli durumlarda konunun uzmanlarından alacakları destekle önemli bir ölçüde enerji tasarrufu sağlamaları söz konusudur. Konunun önemi nedeniyle izlenecek yolun belirlenmesi teşvikler, yaptırımlar ve sorumlulukların belirlendiği çalışmalar yürütülmesi ve bu bağlamda da ana tema insan olduğuna göre eğitimin ve bilgilendirmenin önemi ortaya çıkmaktadır.

Enerjinin yoğun bir şekilde kullanıldığı sektör olan sanayide sağlanacak olan enerji tasarrufunun sağlayacağı kazançlar büyük olacaktır. Atılacak olan küçük adımlar

bilinçlendirme ve eğitim yoluyla sanayide enerji tasarrufu ve verimliliği fırsatlar yakalanacaktır.

#### **4.6.6. Yönetim**

Enerjinin verimli kullanılabilmesi, çalışmaların başlatılabilmesi ve uygulanabilmesi için, İşletme yönetimi tarafından enerji yönetim birimi kurulmalıdır. Her tür işletmede üst yönetimin kararlı tutum ve politikaları ile çalışanların da katılacağı topyekun bir çalışma yapılması kaçınılmazdır. Bu kapsamda işletmelerde enerjinin verimli kullanılmasındaki etkinlik, karalı, bilinçli politikalar üreten bir enerji yönetim birimi tarafından gerçekleştirilebilir. Bununla birlikte işletmelerin yalnızca kendilerinin uyguladıkları uygulamalar enerji verimliliği için yeterli değildir. Ülke bazında güçlü bir rekabet için, enerji verimliliği ile ilgili çalışmaların yürütülmesi gerekmektedir. Mevcut olan bilgi ve teknolojinin bilinçsiz kullanımı fırsatların kaçmasına neden olacaktır.

#### **4.6.7. Denetim**

İşletmelerde denetim yoluyla etkinlik ve verimliliğini ve işletmenin varlığının korunarak, devamlılığı sağlanır. Üst yönetime sunulan yazılı ve sözlü raporlardaki veriler izlenerek değerlendirme yapıp süreklilik sağlanmalıdır.

Denetimin sonunda karşılaştırma yapılabilmesi için, hedef değerler önceden belirlenmelidir. Belirli aralıklarla raporlama yapılarak hedef değerler karşılaştırılmalı ve varsa sapmalar kontrol edilerek yeniden düzenlemeler yapılmalıdır.

#### **4.7. Teorik Modelin ve Hipotezlerin Oluşturulması**

Çalışmanın temel hipotezi: İmalat işletmelerinde enerji verimliliği ile, yönetim, denetim, eğitim otomasyon değişkenlerinin birbirleriyle anlamlı ilişkisi vardır.

Çalışmanın temel hipotezini sınamak ve araştırmanın değişkenlerini etkileyen faktörlerin belirlenmesi için YEM oluşturulmuştur.

YEM genel olarak üçe ayrılır. Bunlar; 1. Doğrulayıcı modelleme stratejisi, 2. Alternatif modeller stratejisi, 3. Model Geliştirme Stratejisi (Şimşek, 2007g).

1. Doğrulayıcı Modelleme Stratejisi: Bu model stratejisinde temel hedef, kesin olarak belirlenmiş bir modelin veriler tarafından doğrulanıp doğrulanmadığının sınanmasıdır. Modelin veriler tarafından doğrulanmış olması modelin tamamıyla doğrulandığı anlamına gelmez. Söz konusu modelin başka modeller içinden doğrulanabilir bir model olduğu araştırmacı tarafından varsayılabilir. Yani sonuç olarak araştırmacının hedeflediği teorinin veriler tarafından doğrulanıp doğrulanmadığının belirlenmesinin sağlamasıdır.

2. Alternatif Modeller Stratejisi: Bu tür çalışmada temel hedef birden çok değişken ele alındığında belirlenen değişkenler arasındaki ilişkileri açıklamak üzere alternatif modeller arasından veriler tarafından en fazla hangisinin desteklendiğini ortaya koymaktır.

3. Model Geliştirme Stratejisi: Bu tür çalışmada temel hedef, birden fazla değişken arasındaki ilişkileri en iyi açıklayan modelin sınanması ve elde edilen analiz sonuçlarına dayanılarak modelin oluşturulması yönünde düzeltmeler yapılmasıdır. Bu çalışmalar açıklayıcı bir model için önemli bir katkı sağlayabilir.

Araştırmada bu modelleme stratejileri arasından alternatif modeller stratejisi kullanılmıştır. Bu stratejinin kullanılma nedeni bilimsel bir gelişme için geçerli olan modellere alternatif modellerin geliştirilmesi olasılığı dikkate alınarak mümkün olabilmesidir. Böylece bilimsel alanda tartışmanın önemi görülmektedir.

Çalışmanın hipotezlerinin belirlenmesi için, enerji verimliliği, yönetim, denetim, eğitim ve otomasyon ile ilgili faktörler incelendi. İnceleme sonucunda model oluşturulmuştur (Şekil 4.1).

#### **4.7.1. Enerji verimliliği ile ilgili hipotezler**

Enerji yoğun kullanılan bir iş yerinde, projeler tasarlanarak uygulanmaya konulması kalite ve performansı düşürmeden enerjinin kullanımını azalttığı ortaya konulmuştur (Özkök, 2010).

Bir hizmet sektöründe ise kaynakların kullanımı, çevresel etkileri ve finansal olarak sonuçları ile açıklanarak uygulama ile sonuçlar ortaya konulmuştur (Özel, 2010).



Yine enerjinin yoğun kullanıldığı bir işletmede enerji verimliliği konusunda projelendirilen çalışmaların işletmeler için büyük bütçeler gerektirmediğini ancak kısa vadede bile toplam enerji kullanımında büyük kazançlar elde edildiğini ortaya koyarak yol gösterici olmuştur (Acar, 2012).

Bir iş merkezinde enerjinin verimli ve etkin kullanımına yönelik verimlilik artırıcı proje ile ekonomik ömrü uzun, bakımı kolay ve karlı ürünler önerilmiştir (Adıgüzel, 2011).

Bir çay fabrikasında enerji verimliliği analiz edilmiş ve bu araştırma yapılırken hedef, maliyetlerin düşürülmesi, rekabet gücünün artırılmasına katkı sağlamak olmuştur. Sonuç işletmenin enerji tasarrufu için kaynak ayırması teşvik edilmiştir (Korkmaz, 2012).

Sanayide enerji verimliliği ve uygulaması konulu çalışma ile borulara yapılacak olan izolasyon, duvar yalıtımı ile ısı kaybını önemli ve pozitif yönde etkileyeceği belirtilmiştir (Demirtaş, 2002).

Enerji verimliliği yatırımlarını etkileyen piyasa odaklı enerji sektörü geliştirilmenin, enerji fiyatlarında da anlamlı ve pozitif yönde etkileyeceği vurgulanmıştır (Seabright, Goldstein ve Market, 1996).

Enerji duyarlı üretim süreçleri için enerji ve kaynak akışını sağlayan veri modeli ile birlikte zincir tanımlama modeli önerilmiştir (Kreliner, Kunis ve Rünge, 2011).

Verimlilik ile enerji verimliliği arasındaki ilişkiyi belirlemek için yapılan çalışmalara dayanılarak şu hipotez geliştirilmiştir:

H1 Verimlilik, enerji verimliliğini önemli ve pozitif bir şekilde etkilemektedir.

#### **4.7.2. Yönetim faktörünün enerji verimliliği üzerindeki etkisiyle ilgili hipotezler**

TSEN 16001 enerji yönetim sistemi, enerjinin veriminin artırılmasına yönelik sürekli iyileştirme süreci açısından yararlı ve verimliliğinin de gözlemlenebildiği vurgulanmış ve ilgili enerji yönetim sisteminin enerji verimliliği üzerinde anlamlı ve olumlu katkı yaptığı gösterilmiştir (Erarslan, 2011).

Lastik sektöründe mevcut enerji tüketimi ortaya konarak, iş süreçlerindeki atık ısının geri kazanılması ile iyileştirme önerisi ekonomik olarak değerlendirilerek yüzde on beş enerji tasarrufu sağlanmış yüzde yirmi de tasarruf olanağı olduğu belirlenmiştir (Sürekli, 1999).

Bir şeker fabrikasında ise enerji verimliliği ve enerji yönetimi konusunda çalışılmıştır. İş süreçlerinde iyileştirme yapılabilmesi için değişik senaryo analizleri yapılmış ve fabrikanın karının anlamlı ve olumlu bir şekilde etkileneceği sonucuna varılmıştır (Taner, 2013).

Yerel bir işletmede enerji tüketiminin nasıl azaltılacağı gösterilerek enerji verimliliği yönetimi ile enerji kullanımının azaltılacağı ve sürdürülebilir bir enerji tesisatı kurulmasının anlamlı ve pozitif bir etki sağlayacağı gösterilmiştir (Niesing ve Grobler, 2013).

Yönetim ile enerji verimliliği arasındaki ilişkiyi belirlemek için yapılan çalışmalara dayanılarak şu hipotez geliştirilmiştir:

H2 Yönetim, enerji verimliliğini önemli ve pozitif bir şekilde etkilemektedir.

#### **4.7.3. Denetim faktörünün enerji verimliliği üzerindeki etkisiyle ilgili hipotezler**

Türkiye'deki kobilerde düşük maliyetli enerji verimliliği yönetim sistemi isimli çalışmada enerji verimliliği anketi ve enerji denetimi ile mevcut sistem analiz edilerek sonuçlar değerlendirilmiştir (Polat, 2013).

Bir iş merkezinde ise enerjinin etkin kullanımı incelenmiş ve birincil enerjinin trijenerasyon sistemleri ile ülkemizde de karlı bir şekilde kullanılabileceği gösterilmiştir (Yörük, 2011).

Yine Metal Eşya Sektöründe faaliyet gösteren bir firmada enerji tasarrufu konusunda enerji verimliliği yasası ve yönetmeliği doğrultusunda proje çalışması yapılmıştır. Elektrik tasarrufu için öneri yapılarak karı anlamlı ve pozitif bir şekilde etkilediği ortaya konulmuştur (Arıkan, 2010).

Denetim ile enerji verimliliği arasındaki ilişkiyi belirlemek için yapılan çalışmalara dayanılarak şu hipotez geliştirilmiştir:

H3 Denetim, enerji verimliliğini önemli ve pozitif bir şekilde etkilemektedir.

#### **4.7.4. Eğitim faktörünün enerji verimliliği üzerindeki etkisiyle ilgili hipotezler**

Sağlık sektöründe enerji verimliliğini sağlamak için yapılan anket sonuçlarına göre hastanelerde ve sağlık merkezlerinde enerji verimliliğini arttırmak için ilgi ve isteğin enerji verimliliğini sağlamada anlamlı ve pozitif bir yönde etkisi olduğu ancak, enerji verimliliği bilincinin yayılmasında örgüt engellerinin anlamlı ve negatif bir yönde etkiye sahip olduğu gösterilmiştir (Paulo ve Gomes, 2009).

Eğitim ile enerji verimliliği arasındaki ilişkiyi belirlemek için yapılan çalışmalara göre şu hipotez geliştirilmiştir:

H4 Eğitim, enerji verimliliğini önemli ve pozitif bir şekilde etkilemektedir.

#### **4.7.5. Otomasyon faktörünün enerji verimliliği üzerindeki etkisiyle ilgili hipotezler**

Endüstri tesislerinde enerji verimli aydınlatma teknikleri ile enerji tasarrufunun yapacağı anlamlı ve olumlu katkılar gösterilmiştir (Gökmen, 2010).

Aydınlatma sistemlerinde enerji verimliliğinin incelenmesi amacıyla yapılan çalışmada, doğru bir aydınlatmanın tasarrufu anlamlı ve pozitif bir şekilde etkilediği ve bazı faktörlerin aydınlatmayla olan ilişkisi otomasyonla simule edilerek elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir ve otomasyonun enerji verimliliğini pozitif yönde etkilediği sonucu elde edilmiştir (Eser, 2013).

Otomasyon ile enerji verimliliği arasındaki ilişkiyi belirlemek için yapılan çalışmalara dayanılarak şu hipotez geliştirilmiştir:

Otomasyon ile enerji verimliliği arasındaki ilişkiyi belirlemek için yapılan çalışmalara göre şu hipotez geliştirilmiştir:

H5 Otomasyon, enerji verimliliğini önemli ve pozitif bir şekilde etkilemektedir.

#### **4.8. Araştırmanın Yöntemi**

Bu araştırma bir açıklayıcı araştırma türüdür. Açıklayıcı araştırma genel olarak üzerinde çalışılan değişkenlerin konumunu ve bir değişkenin diğer değişken veya değişkenler üzerindeki etkisini açıklar.

Araştırmada anket yöntemiyle toplanan veriler başlangıçta iki adımda incelenecektir. Birinci adımda verilerin normal dağılıma sahip olup olmadığını belirlemek için normallik analizi yapılarak verilerin normal dağılıma sahip olup olmadığını belirlenmiştir. İkinci adımda ise verilerin faktör analizine uygun olup olmadığını anlamak için güvenilirlik analizleri yapılmıştır.

Araştırma sonucunda elde edilen veriler, SPSS ve LISREL paket programları ile analiz edilmiştir. Verilerin analizinde öncelikle AFA (Açıklayıcı Faktör Analizi) ve DFA (Doğrulayıcı Faktör Analizi) sonuçları kullanılarak parametrelerin uygunluğu belirlenmiş ve sonra modelin uygunluğunun testi yapılmıştır.

Araştırmanın temel değişkenleri için açıklayıcı faktör analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda, enerji verimliliğini etkileyen temel faktörler belirlenmiştir. Daha sonra her bir temel faktör altındaki alt faktörlerin güvenilirlik analizi yapılmıştır.

##### **4.8.1. Araştırmanın Teknikleri**

Bu çalışma açıklayıcı araştırma türüdür. Açıklayıcı araştırma, konuya esas olan değişkenlerin konumunu, bir değişkenin diğer değişkenler üzerindeki etkisini açıklar.

Araştırma sonucunda elde edilen veriler, SPSS ve LISREL paket programları kullanılarak değerlendirilmiştir. Değerlendirmede önce AFA (Açıklayıcı Faktör Analizi) ve DFA (Doğrulayıcı Faktör Analizi) kullanılarak faktörlerin uygunluğu ve sonrasında modelin uygunluğu test edilmiştir.

Çalışmanın her bir faktörü için Açıklayıcı Faktör Analizi yapıldı. Analiz sonucunda yönetim, denetim, eğitim ve otomasyon enerji verimliliğini etkileyen temel faktörler olarak belirlenmiş ve daha sonra her temel faktör altındaki alt faktörlerin güvenilirlik analizi yapılmıştır.

Araştırmanın modelinde birden çok bağımsız gözlemlenemeyen değişken ve bağımlı değişken bulunmaktadır. Birden çok bağımsız ve birden çok bağımlı değişken arasındaki birden fazla (çoklu) ilişkiler için önerilen model Yapısal Eşitlik modelidir.

Araştırmanın verileri, Kocaeli bölgesindeki imalat sektöründe çalışanlara anket uygulanarak, tanımlayıcı istatistik teknikleri ve Açıklayıcı Faktör Analizi SPSS paket programı ve DFA ve YEM, LInear Structural RELations (LISREL) paket programı ile test edilmiştir.

#### **4.9. Ana Kitle ve Örnek Kitle**

Araştırmada ana problem, imalat işletmelerinde enerji verimliliğini etkileyen bağımsız faktörlerden etkin olanlarının belirlenmesidir.

Araştırma probleminin çözümünde, imalat sektöründe faaliyet gösteren ve tesadüfi örnekleme yöntemi ile seçilen beş imalat işletmesi kullanılmıştır.

#### **4.10. Araştırmanın Kısıtları**

Örnek kitle Kocaeli bölgesinde faaliyet gösteren imalat işletmelerinde çalışan işçileri kapsamakta, yöneticiler ve denetçileri kapsamamaktadır.

#### **4.11. Veri Toplama Aracı**

İmalat işletmelerinde uygulanan anket formu beş bölümden oluşmaktadır. Öncelikle araştırmanın problemini çözebilmek için veriler literatür araştırmasıyla belirlenmiştir. Daha sonra konuyla ilgili sorular sınıflandırılmış olup, örnek kütleden yanıtlayıcılar ile görüşülmüştür.

Anket formunun oluşturulmasında yararlanılan referanslar:

- Özel C., İşletmelerde Enerji Verimliliği Çalışmalarının Etkilerinin İncelenmesi ve Hizmet Sektöründe Bir Araştırma (Özel, 2010)
- Okur E., Yalçın Ö. Ş., Efficient Use Energy and Technological Pollution Awareness Scale (Okur, 2013)
- William Prindle, A Survey of Corporate Energy Efficiency Strategies[86]
- Energy efficiency and energy saving (URL-2).

- Kevin Nagorny, Prof.Dr. José Barata, A Survey of Service-Based Systems-of-Systems Manufacturing Systems Related to Product Life-Cycle Support and Energy Efficiency (Nagorny, Barata, 2014)
- 2013 Energy Efficiency Indicator Survey (URL-5, z.t, 2015).
- Sample Energy Efficiency Firm Survey (URL-6, z.t.2015).
- Ebru Y., Mümtaz E., Talaşlı İmalat Endüstrisinin Ergonomik Açıdan Değerlendirilmesi: Bir Uygulama (Yazgan ve Erdem, 2009).
- Aliye M., Emel L., Aybüğen L., “Toplam Kalite Yönetiminin Bir Unsuru Olarak Çalışanların İş Doyumlarının Bir Fabrika Örneği İle Değerlendirilmesi (Mandıracıoğlu, 2000).

## **4.12. Anket Formundaki Ölçekler**

### **4.12.1. Enerji verimliliği ölçeği**

1. Saat başına enerji miktarı beklenen düzeydedir.
2. Ürün başına elektrik tüketimi beklenen düzeydedir.
3. Yönetim, her dönem için yeni enerji planları yapmaktadır.
4. Enerji verimliliğini sağlamak için, broşürler, posterler ve ilanlar yayımlanmaktadır.
5. Bölümlerdeki benzer makinelerin enerji harcamaları yakın düzeydedir.
6. Bölümlerin enerji tüketim miktarı önceden belirlenmiş hedeflenen miktara yakındır.
7. Enerji verimliliğinden sağlanan tasarruf ücretlere yansıtılmaktadır.
8. İleri teknoloji ve denetimlerle daha az enerji kullanarak aynı üretim miktarına erişilmektedir.
9. Enerji tasarrufu üretim maliyetlerini düşürmektedir.
10. Enerji kayıpları en düşük düzeydedir.

#### **4.12.2. Denetim ölçeği**

1. Daha az enerji kullanarak aynı üretim miktarına erişmek için çalışmalar yapılmaktadır.
2. Yönetim enerji verimliliğine önem veren bir anlayışa sahiptir.
3. Enerji birimi tarafından kullanılmayan ekipmanlar devre dışı bırakılmaktadır.
4. Bölümlerdeki makinelerin ve tezgahların enerji miktarı ile üretim miktarı karşılaştırılmaktadır.
5. Enerji tüketen ekipmanların her birine enerji ölçüm cihazları yerleştirilmektedir.
6. Fabrikanın bölümlerinde aylık enerji miktarları önemli noktalardaki panolarda grafiklerle gösterilmektedir.
7. Makinelerde hız kontrol cihazları kullanılmaktadır.

#### **4.12.3. Otomasyon ölçeği**

1. Gerekli olmadığında aydınlatma ve havalandırma otomatik olarak kapanmaktadır.
2. Fanların hızı otomatik olarak artırılıp azaltılabilir.
3. Makine motorları düşük yükte ve aşırı yükte otomatik olarak durmaktadır.
4. Bina girişlerinin aydınlatılması otomatiktir.
5. Koridor, antre ve depoların havalandırması otomatiktir.

#### **4.12.4. Eğitim ölçeği**

1. Çalışanlara enerji verimliliğini sağlamak için nelere dikkat etmeleri gerektiği eğitim çalışmalarında açıklanmaktadır.
2. Enerji verimliliğinin maliyetleri düşüreceği, bunun çalışanların ücretlerine yansıtacağı eğitim çalışmalarında anlatılmaktadır.
3. Çalışanlara belirli aralıklarla enerji verimliliği eğitimi verilmektedir.

#### **4.12.5. Yönetim ölçeği**

1. Yönetim enerji verimliliği ile ilgili önerilere her zaman açıktır.
2. Yönetim enerji ve malzeme tüketimini azaltmak için çalışmalar yapmaktadır.
3. Enerji verimliliği politikalarını işyerindeki tüm çalışanlar bilmektedir.
4. Yönetim benzer fabrikalardaki enerji tüketim miktarları ile kendi enerji tüketim miktarını karşılaştırmaktadır.

## 5. VERİLERİN ANALİZİ

### 5.1. Açıklayıcı Faktör Analizi

Enerji verimliliğini belirlemede etkili olan faktörleri ortaya çıkarmak için, açıklayıcı faktör analizi yapıldı. Analizde temel bileşenler analizi tekniği kullanılmıştır. Faktörlerin kendilerine yüksek destek sağlayan maddeleri bulması için, en yaygın olarak kullanılan döndürme yöntemlerinden maksimum değişkenlik (varimax) yöntemi kullanılmıştır.

Araştırma konusu ile ilgili çalışmalarda kullanılan ölçeklerden yararlanarak 29 sorudan oluşturulan soru formu 5 farklı fabrikadaki işçilere sorulmuş ve faktörler onların verdiği yanıtlara göre belirlenmiştir.

Tablo 5.1. Araştırma Değişkenlerinin Ortalamaları ve Standart Sapmaları

Maddeler	Ortalamalar	Standart Sapmalar
1. OTOO1. Gerekli olmadığında aydınlatma ve havalandırma otomatik olarak kapanmaktadır.	4,67	0,627
2. OTOO2. Koridor, antre ve depoların havalandırması otomatiktir.	4,58	0,653
3. OTOO3. Fanların hızı otomatik olarak artırılıp azaltılmaktadır.	4,52	0,662
4. OTOO4. Makine motorları düşük yükte ve aşırı yükte otomatik olarak durmaktadır.	4,64	0,663
5. OTOO5. Binaların giriş aydınlatması otomatiktir.	4,46	0,689
6. EGTT1. Çalışanlara enerji verimliliğini sağlamak için nelere dikkat etmeleri gerektiği eğitim çalışmalarında açıklanmaktadır.	4,47	0,776
7. EGTT2. Enerji verimliliğinin maliyetleri düşüreceği, bunun çalışanların ücretlerine yansıtacağı eğitim çalışmalarında anlatılmaktadır.	4,61	0,620
8. EGTT5. Çalışanlara belirli aralıklarla enerji verimliliği eğitimi verilmektedir.	4,51	0,672
9. EVV1. İleri teknoloji ve denetimlerle daha az enerji kullanarak aynı üretim miktarına erişilmektedir.	4,47	0,653



Tablo 5.1. (Devam) Araştırma Değişkenlerinin Ortalamaları ve Standart Sapmaları

Maddeler	Ortalamalar	Standart Sapmalar
10. EVV2. Bölümlerin enerji tüketim miktarı önceden belirlenmiş hedeflenen miktara yakındır.	4,44	0,627
11. EVV3. Saat başına enerji miktarı beklenen düzeydedir.	4,38	0,676
12. EVV4. Ürün başına elektrik tüketimi beklenen düzeydedir.	4,35	0,714
13. EVV5. Enerji verimliliğinden sağlanan tasarruf ücretlere yansıtılmaktadır.	4,13	0,990
14. EVV6. Bölümlerdeki benzer makinelerin enerji harcamaları yakın düzeydedir.	4,33	0,761
15. EVV7. Enerji tasarrufu üretim maliyetlerini düşürmektedir.	4,52	0,698
16. EVV8. Enerji kayıpları en düşük düzeydedir.	4,15	0,876
17. EVV9. Yönetim her dönem için yeni enerji planları yapmaktadır.	4,41	0,665
18. EVV10. Enerji verimliliğini sağlamak için, broşürler, posterler ve ilanlar yayımlanmaktadır.	4,36	0,728
19. DENN1. Enerji tüketen ekipmanların herbirine enerji ölçüm cihazları yerleştirilmektedir.	0,45	0,662
20. DENN2. Daha az enerji kullanmak aynı üretim miktarına erişmek için çalışmalar yapılmaktadır.	4,54	0,657
21. DENN3. Enerji birimi tarafından kullanılmayan ekipmanlar devre dışı bırakılmaktadır.	4,53	0,662
22. DENN4. Bölümlerdeki makinelerin ve tezgahların enerji miktarı ile üretim miktarı karşılaştırılmaktadır.	4,56	0,669
23. DENN5. Fabrikanın bölümlerinde aylık enerji miktarları önemli noktalardaki panolarda grafiklerle gösterilmektedir.	4,47	0,776
24. DENN6. Makinelerde hız kontrol cihazları bulunmaktadır.	4,51	0,737
25. DENN7. Yönetim enerji verimliliğine önem veren bir anlayışa sahiptir.	4,56	0,683
26. YONN1. Yönetim enerji verimliliği ile ilgili önerilere her zaman açıktır.	4,40	0,592
27. YONN2. Yönetim enerji ve malzeme tüketimini azaltmak için çalışmalar yapmaktadır.	4,37	0,717
28. YONN3. Enerji verimliliği politikalarını işyerindeki tüm çalışanlar bilmektedir.	4,70	0,616
29. YONN4. Yönetim benzer fabrikalardaki enerji tüketim miktarları ile kendi enerji tüketim miktarını karşılaştırmaktadır.	4,41	0,652

Faktör analizi ile birlikte, Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) ve Barlett's Küresellik testi de yapılmıştır.

KMO değerleri, örnekleme hacminin faktör analizi yapmak için yeterli olup olmadığını ortaya çıkaran değerlerdir. KMO değeri 0 ile 1 arasında bir değer olup, örnekleme hacminin yeterliliğinin kabul edilebilir en alt sınırı 0,50'dir. Bu değerlerden 0,50-0,60 arası kötü, 0,60-0,70 arası orta, 0,70-0,80 arası iyi, 0,80 ve yukarısı mükemmel bir örnek kitle hacmi olduğunu gösterir (Sipahi, 2010b).

Barlett Küresellik Testi (Barlett's Test of Sphericity), her bir değişkenin maddeleri arasında yeterli korelasyon olup-olmadığının ortaya çıkarır. Eğer Barlett testinin "p" değeri 0,05 önem düzeyinden düşük ise, faktörler arasında faktör analizi yapmak için yeterli düzeyde bir korelasyon var demektir (Sipahi, 2010c).

Faktör analizi ile birlikte yapılan KMO testindeki değer 0,840 olduğundan örnek hacmi faktör analizi yapmaya uygundur. Bununla birlikte Barlett's önem değeri 0,00 olduğundan, değişkenler arasında faktör analizi yapmaya yeterli düzeyde bir ilişki olduğu anlaşıldı.

Anket formundaki her maddenin faktör analizine uygun olup olmadığını görmek için, "Anti-İmage Correlation" bölümündeki Measures of Sampling Adequacy (MSA) değeri 0,50'den düşük soru olmadığından tüm sorularla analizlere devam edildi (Sipahi, 2010d).

Rotated Component Matrix çizelgesindeki maddelerin yük değerleri için bir kabul noktası belirlenir. Örneğin bu nokta 0,30 olabilir (Sipahi, 2010e). Faktör analizinde oluşan "Rotated Component Matrix"e göre MSA yük değerleri 0,30'dan düşük madde olmadığından, hiçbiri analizden çıkartılmadı. Total Variance Explained çizelgesine göre özdeğerleri "1"den büyük 8 faktör önerilmektedir fakat 5. Faktörden sonraki değerler giderek düştüğünden, 5 faktör olması uygun bulundu (Tablo 5.2).

Tablo 5.2. Açıklanan Varyans

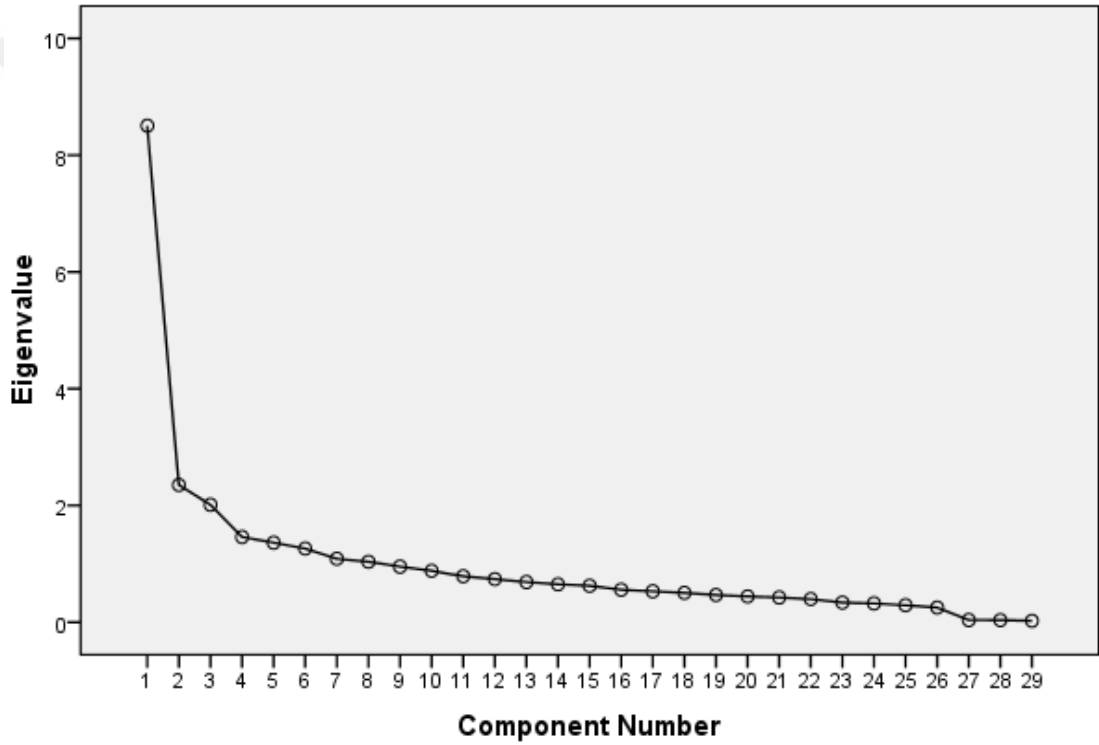
Bileşen	İlk Özdeğerler			Kareli Yüklerin Rotasyon Toplamları		
	Toplam	Varyans%	Birikimli%	Toplam	Varyans%	Birikimli%
1	8,506	29,330	29,330	3,589	12,377	12,377
2	2,351	8,105	37,436	3,080	10,622	22,998
3	2,011	6,936	44,371	2,563	8,839	31,837
4	1,459	5,031	49,402	2,139	7,376	39,213
5	1,362	4,696	54,098	2,111	7,279	46,492
6	1,261	4,349	58,447	1,940	6,689	53,181
7	1,086	3,746	62,193	1,874	6,463	59,644
8	1,035	3,569	65,762	1,774	6,118	65,762

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Faktör sayısını 5 olarak kabul edebilmek için, “scree plot” grafiğinin (yamaç birikim grafiği) incelendi. Y eksenindeki bileşenler X eksenine doğru bir iniş yapmaktadır ve bu iniş eğilimi varyansa yaptıkları katkı çerçevesinde noktalarla gösterilmektedir.

İki nokta arasındaki her bir aralık bir faktör anlamına gelir. Şekil 6.1’de 5. noktadan sonra eğim bir plato yapmaktadır. Bu noktadan sonraki faktörlerin varyansa yaptıkları katkı hem küçük hem de yaklaşık olarak aynıdır. Bu nedenle faktör sayısının 5 olmasına karar verildi.

**Scree Plot**



Şekil 5.1. Yamaç Grafiği (Scree Plot)

Açıklayıcı faktör analizi bu kez 5 faktöre göre yapıldı ve Total Variance Explained” Tablo 5.3’e göre özdeğerleri (eigenvalues) “1” den büyük 5 faktör ortaya çıkmıştır. (Şekil 5.1). Bu faktörler: 1. Enerji verimliliği faktörü, 2. Denetim faktörü, 3. Otomasyon faktörü, 4. Eğitim faktörü, 5. Yönetim faktörüdür.

Tablo 5.3. Toplam Açıklanan Varyans

Bileşen	İlk Özdeğerler			Kareli Yüklerin Rotasyon Toplamları		
	Toplam	%Varyans	Birikimli%	Toplam	%Varyans	Birikimli %
1	8,506	29,330	29,330	4,627	15,955	15,955
2	2,351	8,105	37,436	4,434	15,288	31,243
3	2,011	6,936	44,371	2,973	10,250	41,493
4	1,459	5,031	49,402	1,959	6,754	48,247
5	1,362	4,696	54,098	1,697	5,850	54,098

Extraction Method: Principal Component Analysis.

İkinci faktör analizinden sonra 5 faktörün altındaki maddelerin yük değerleri Tablo 6.4.'de görülmektedir. 1.,2.,3.,4.,5.,6.,7.,8.,9.,10. bileşenler birinci faktöre, 11.,12.,13.,14.,15.,16.,17. bileşenler ikinci faktöre, 18.,19.,20.,21.,22. bileşenler üçüncü faktöre, 23.,24.,25. bileşenler dördüncü faktöre, 26.,27.,28.,29. bileşenler beşinci faktöre yüklenmiştir.

Tablo 5.4. Döndürülmüş Bileşenler Matrisi

Bileşen	1. Faktör	2. Faktör	3. Faktör	4. Faktör	5. Faktör
1	0,754				
2	0,753				
3	0,741				
4	0,741				
5	0,697				
6	0,587				
7	0,582				
8	0,495				
9	0,468				
10	0,459				
11		0,759			
12		0,745			

Tablo 5.4.(Devam) Döndürülmüş Bileşenler Matrisi

Bileşen	1. Faktör	2. Faktör	3. Faktör	4. Faktör	5. Faktör
13		0,696			
14		0,692			
15		0,675			
16		0,638			
17		0,625			
18			0,707		
19			0,670		
20			0,658		
21			0,615		
22			0,603		
23				0,711	
24				0,679	
25				0,480	
26					0,559
27					0,526
28					0,469
29					0,390

Extraction Method: Principal Component Analysis  
 Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization

### 5.1.1. Birinci faktör enerji verimliliği faktörü

1. EVV3. Saat başına enerji miktarı beklenen düzeydedir.
2. EVV4. Ürün başına elektrik tüketimi beklenen düzeydedir.
3. EVV9. Yönetim, her dönem için yeni enerji planları yapmaktadır.
4. EVV10. Enerji verimliliğini sağlamak için, broşürler, posterler ve ilanlar yayımlanmaktadır.
5. EVV6. Bölümlerdeki benzer makinelerin enerji harcamaları yakın düzeydedir.
6. EVV2. Bölümlerin enerji tüketim miktarı önceden belirlenmiş hedeflenen miktara yakındır.
7. EVV5. Enerji verimliliğinden sağlanan tasarruf ücretlere yansıtılmaktadır.
8. EVV1. İleri teknoloji ve denetimlerle daha az enerji kullanarak aynı üretim miktarına erişilmektedir.
9. EVV7. Enerji tasarrufu üretim maliyetlerini düşürmektedir.
10. EVV8. Enerji kayıpları en düşük düzeydedir.

### **5.1.2. İkinci faktör denetim faktörü**

11. DENN2. Daha az enerji kullanarak aynı üretim miktarına erişmek için çalışmalar yapılmaktadır.
12. DENN7. Yönetim enerji verimliliğine önem veren bir anlayışa sahiptir.
13. DENN3. Enerji birimi tarafından kullanılmayan ekipmanlar devre dışı bırakılmaktadır.
14. DENN4. Bölümlerdeki makinelerin ve tezgahların enerji miktarı ile üretim miktarı karşılaştırılmaktadır.
15. DENN1. Enerji tüketen ekipmanların her birine enerji ölçüm cihazları yerleştirilmektedir.
16. DENN5. Fabrikanın bölümlerinde aylık enerji miktarları önemli noktalardaki panolarda grafiklerle gösterilmektedir.
17. DENN6. Makinelerde hız kontrol cihazları kullanılmaktadır.

### **5.1.3. Üçüncü faktör otomasyon faktörü**

18. OTOO1. Gerekli olmadığında aydınlatma ve havalandırma otomatik olarak kapanmaktadır.
19. OTOO3. Fanların hızı otomatik olarak artırılıp azaltılabilir.
20. OTOO4. Makine motorları düşük yükte ve aşırı yükte otomatik olarak durmaktadır.
21. OTOO5. Bina girişlerinin aydınlatılması otomatiktir.
22. OTOO2. Koridor, antre ve depoların havalandırması otomatiktir.

### **5.1.4. Dördüncü faktör eğitim faktörü**

23. EGTT1. Çalışanlara enerji verimliliğini sağlamak için nelere dikkat etmeleri gerektiği eğitim çalışmalarında açıklanmaktadır.
24. EGTT2. Enerji verimliliğinin maliyetleri düşüreceği, bunun çalışanların ücretlerine yansıtacağı eğitim çalışmalarında anlatılmaktadır.
25. EGTT5. Çalışanlara belirli aralıklarla enerji verimliliği eğitimi verilmektedir.

### 5.1.5. Beşinci faktör yönetim faktörü

26. YONN1. Yönetim enerji verimliliği ile ilgili önerilere her zaman açıktır.
27. YONN2. Yönetim enerji ve malzeme tüketimini azaltmak için çalışmalar yapmaktadır.
28. YONN3. Enerji verimliliği politikalarını işyerindeki tüm çalışanlar bilmektedir.
29. YONN4. Yönetim benzer fabrikalardaki enerji tüketim miktarları ile kendi enerji tüketim miktarını karşılaştırmaktadır.

Sonuç olarak, enerji verimliliğini etkileyen faktörlerle ilgili sorulara işçilerin verdiği yanıtlara göre yapılan faktör analizi sonucunda, birbirine benzer sorular birbirlerine yaklaşarak, beş faktör altında toplanmıştır. Bu faktörlerden birincisi enerji verimliliği faktörü; ikincisi denetim faktörü; üçüncüsü otomasyon faktörü; dördüncüsü eğitim faktörü; beşincisi yönetim faktörüdür.

### 5.2. Güvenilirlik Analizi

Açıklayıcı faktör analiziyle belirlenen faktör yapılarının güvenilirliğini belirlemek için, her bir yapı Alpha modeli kullanılarak güvenilirlik analizine tabi tutuldu. Cronbach's Alpha, maddeler (faktörler) arasındaki korelasyona bağlı uyum değeridir ve bu değer temel faktör (değişken) altındaki soruların toplamdaki güvenilirlik seviyesini gösterir. Cronbach's Alpha değerinin 0,70 ve üzerinde olması sorular arasındaki korelasyonun güvenilir olduğunu gösterir. Ancak soru sayısının az olması halinde bu değer 0,60 ve üstü olarak kabul edilir (Sipahi, 2010e). Araştırma değişkenleriyle ilgili güvenilirlik katsayılarının yüksek olması, ölçek yapılarının güvenilir olduğunu göstermektedir (Tablo 5.5).

Tablo 5.5. Güvenilirlik Analizi Sonuçları

Faktörler	Cronbach Alfa
1. Enerji Verimliliği	0,869
2. Denetim Faktörü	0,863
3. Otomasyon Faktörü	0,744
4. Eğitim Faktörü	0,674
5. Yönetim Faktörü	0,661

Likert ölçeği ile toplanan verilerin faktör analizi sonucunda beş faktör belirlenmiştir. Güvenilirlik analizi yapılan bu faktörler; 1. Enerji verimliliği faktörü (EVV); 2. Denetim faktörü (DENN); 3. Otomasyon faktörü (OTOO); 4. Eğitim faktörü (EGTT); 5. Yönetim faktörüdür (YONN) .

### **5.3. Araştırma Modelinin Analizi**

Enerji verimliliği (EVV), denetim (DENN), otomasyon (OTOO), eğitim (EGTT), yönetim (YONN) faktörlerinin ilişkileriyle oluşturulan teorik model, iki aşamada test edilmiştir. Birinci aşamada, gözlemlenemeyen değişkenlerin gözlenen değişkenlerle desteklenip desteklenmediği ölçüm modeli ile test edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre modelde düzenlemeler yapıldıktan sonra oluşturulan modelde sorun olmadığı anlaşılması üzerine, bu değişkenler arasındaki neden-sonuç ilişkileri YEM ile değerlendirilmiştir.

#### **5.3.1. Birinci aşama: doğrulayıcı faktör analizi**

Araştırma modeli, EVV, DENN, OTOO, EGTT, YONN gibi gözlemlenemeyen (latent) yapılardan oluşmuş daha büyük bir yapıdır. Bu yapıdaki gözlemlenemeyen değişkenlerin, gözlenen değişkenlerle doğrulanması ve bu gözlemlenemeyen değişkenlerin kendi aralarında farklılığını koruyarak belirli bir ilişkisi olmalıdır.

Yapı geçerliliği, gözlenen değişkenler aracılığı ile gözlemlenemeyen değişkenler arasında yapılan çıkarımların geçerliliği ile ilgilidir. Yapı geçerliliğini test edebilmek için kuramsal bir çerçeveye ihtiyaç vardır. Bir testin yapı geçerliliği çalışmasında, tek bir yapı, diğerlerinden soyutlanarak değerlendirilemez. Bir kuram (teori), yapı ile o yapının göstergeleri arasındaki ilişkilerin niteliğini ortaya koyar (Büyüköztürk, Çokluk, Bökeoğlu, Şekercioğlu, 2010).

Yapı geçerliliğinde sadece geliştirilen testin kendisi değil, aynı zamanda kurulan hipotezlere dayalı ilişkiler de test edilir. Bir testin ne ölçtüğü ile ilgili bir yargıyı savunmak için iki temel nokta vardır; yakınsak geçerliliği ve ıraksak geçerliliğidir.

Yakınsak geçerliliği (convergent validity) ve ıraksak geçerliliği (divergence validity) ortaya çıkarmak için LISREL YEM yazılımı ile “doğrulayıcı faktör analizi” yapıldı. Yakınsak geçerliliği, temel bir faktör için belirlenen alt faktörlerin (soruların) o



faktörde oldukça yüksek yüklere sahip olmasını gerektirir. İraksak geçerliliği ise, temel bir faktör için belirlenen alt faktörlerin (soruların) o faktörde yüksek korelasyona sahip olmamasını gerektirir.

Bir modelin yakınsak geçerliliğinin kabul edilebilmesi için, doğrulayıcı faktör analizi sonunda elde edilen t değerlerinin 0,05 önem düzeyinde 1,96'dan büyük olması gerekir (Jöroskog, Sörbom, 2007).

İraksak geçerliliğin kabul edilebilmesi için, her bir yapının uyum indekslerindeki değerlere yakın olması gerekir. Bu uyum indekslerinden bazıları Ki-kare, RMSEA, SRMR, NFI, CFI ve GFI'dir.

Doğrulayıcı faktör analizinde hata varyansı 1,96'dan küçük olan maddeler ve çok fazla düzeltme önerisi olan maddeler analizden çıkartılır (Çelik, Yılmaz, 2013). Açıklayıcı faktör analizi ile belirlenen ve daha sonra güvenilirlik analizinde kabul edilen 29 madde doğrulayıcı faktör analizine sokuldu.

Bu maddelerden EVV4'ün hata varyansı (1,29<196), DENN2'nin hata varyansı (0,49 <1,96) olduğundan analizden çıkarıldı. Düzeltme indekslerinde EVV9 maddesi için 6 kez, YONN3 maddesi için 5 kez, EVV8 maddesi için 6 kez, DENN4 maddesi için 5 kez, DENN1 maddesi için 5 kez, EVV2 maddesi için 4 kez, EVV7 maddesi için 5 kez, OTOO5 maddesi için 4 kez düzeltme önerisinde bulunulduğundan, bu maddeler analizden çıkartıldı. DFA analizi sonucunda elde edilen uyum değerlerinden sadece GFI'nin değeri biraz düşüktür, diğerlerinin değerleri uyum indekslerinde verilen aralıklarda olduğundan, yol diyagramı istatistiksel olarak anlamlıdır (Tablo 5.6.)

Tablo 5.6. Doğrulayıcı Faktör Analizinin Uyum Değerleri

Uyumluluk İndeksi	Modifikasyon Sonrası Değerler	İyi Uyum	Kabul Edilebilir Uyum
Ki-Kare/SD	451,77/138=3,273	1-2	3-5
RMSEA	0,085	0<RMSEA<0,05	0,05<RMSEA<0,10
NFI	0,935	0,95≤NFI≤1,00	0,90≤NFI≤0,95
CFI	0,954	0,95≤CFI≤1,00	0,90≤CFI≤0,95
SRMR	0,0628	0,00≤SRMR≤0,05	0,05≤SRMR≤0,10
GFI	0,837	0,95≤GFI≤1,00	0,90≤GFI≤0,95

Bir modelin ayırt edici özelliğine göre kabul edilebilmesi için, doğrulayıcı faktör analizi sonunda elde edilen korelasyon katsayılarının aşırı yüksek olmaması gerekir (Örneğin <0,85) (Büyüköztürk, Çokluk, Bökeoğlu, Şekercioğlu, 2010). Doğrulayıcı faktör analizi sonucunda oluşturulan korelasyon analizinde, araştırma değişkenleri arasındaki korelasyon katsayılarının 0,85'den küçüktür. Sonuç olarak, değişkenler arasındaki ilişkiler çok küçük değildir. “yakınsak geçerliliği” (convergent validity) ve aynı zamanda çok büyük değildir “Ayırt edici geçerliliği” (discriminant validity). (Tablo 5.7.)

Tablo 5.7. Araştırma Değişkenleri Arasındaki Korelasyon Değerleri

	OTOO	EGTT	DENN	YONN	EVV
OTOO	1				
EGTT	0,572	1			
DENN	0,585	0,493	1		
YONN	0,451	0,693	0,658	1	
EVV	0,498	0,667	0,732	0,693	1

Correlation is significant at the 0,05 level (2-tailed).

DFA sonunda, her değişken için en az 3 madde kullanılması gerekir. Modeldeki tüm hata terimleri pozitif, olabildiğince küçük olmalı ve “1”den büyük olmamalıdır T-değerleri 0,05 önem düzeyinde 1,96’dan küçük olmamalıdır. Ölçme modelinin YEM’de genel yapı içinde bir bütün olarak kabul edilebilmesi için, uyum istatistiklerinin de istenen düzeyde olmasına bağlıdır (Şimşek, 2007h). Model uyumluluğunun değerlendirilmesinde farklı uyum ölçütleri kullanılmaktadır. En çok kullanılan ki-kare istatistiği ( $X^2$ ), RMSEA, GFI ile ilgili yazında,  $X^2/sd$  derecesi oranının 5’in altında; RMSEA değerinin 0,05-0,08 arasında (Şimşek, 2007) ve RMSR değerinin ise 0,10’un altında olan modellerin iyi bir uyuma sahip olduğu kabul edilmektedir. Ayrıca, uyum iyiliği indekslerinin 0,90 civarında olması, modelin iyi bir model olduğunu gösterirken, 0,80 üzerinde uyum iyiliği indeksine sahip modeller de kabul edilebilir

Analizde her değişken için en az 3 madde belirlenmiştir (Tablo 5.8). Bu maddelerin standart değerleri, R<sup>2</sup> değerleri, hata varyansları, t-değerleri istenen değerlerdedir. Standart değerler çok yüksek değil, hata varyansları aşırı yüksek değildir, t- değerleri 0,05 önem düzeyinde 1,96'dan küçük değildir. (Tablo 5.8).

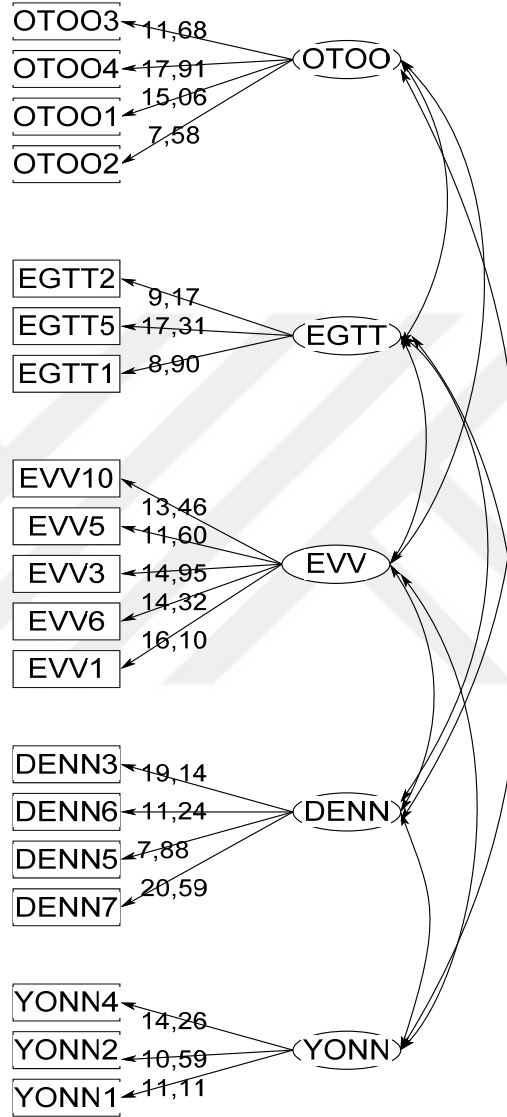
Tablo 5.8. Doğrulayıcı Faktör Analizi Değerleri

Faktörler ve Maddeler	Standart Değer	R <sup>2</sup> Değerleri	Hata Varyansı	T-Değerleri
Otomasyon (OTOO)				
OTOO3	0,61	0,370	0,63	11,68
OTOO4	0,88	0,766	0,23	17,91
OTOO1	0,77	0,592	0,41	15,06
OTOO2	0,44	0,190	0,81	7,58
Eğitim (EGTT)				
EGTT2	0,53	0,277	0,72	9,17
EGTT5	0,89	0,797	0,20	17,31
EGTT1	0,72	0,513	0,49	13,39
Enerji verimliliği (EVV)				
EVV10	0,70	0,492	0,51	13,46
EVV5	0,62	0,387	0,61	11,60
EVV3	0,74	0,546	0,45	14,95
EVV6	0,73	0,538	0,46	14,32
EVV1	0,80	0,632	0,37	16,10
Denetim (DENN)				
DENN3	0,88	0,773	0,23	19,14
DENN6	0,60	0,355	0,65	11,24
DENN5	0,44	0,193	0,81	7,88
DENN7	0,92	0,848	0,15	20,59
Yönetim (YONN)				
YONN4	0,77	0,599	0,40	14,26
YONN2	0,60	0,362	0,64	10,59
YONN1	0,62	0,384	0,62	11,11

Önem düzeyi p<0,05

Bir yapısal modelin test edilebilmesi için, en önemli şart ölçme modelinin doğrulanmasıdır. Hiçbir yapısal model, ölçme modelinden daha iyi sonuçlar üretmez (Şimşek, 2007i). Ölçme modeline ilişkin analiz sonuçlarına göre, bu model yeterli uyum iyiliği değerleri üretmiş olduğundan, kabul edilebilir bir modeldir.

Araştırma modelindeki değişkenlerin DFA işlemleri sonucunda, beş yapıdan oluşan ölçüm modeli belirlenmiştir. Bu yapılar OTOO, EGTT, EVV, DENN, YONN'dür. Toplam 29 maddeden oluşan yapılar, uyum iyiliği değerleri ile desteklenmekte ve YEM ile test edilmeye hazırdır (Şekil 5.2).



Şekil 5.2. Teorik Modelin t-Değerlerini Gösteren Ölçme Modeli

Ki-kare değeri = 451,77    sd = 138    p değeri = 0,000    RMSEA = 0,085

### 5.3.2. İkinci aşama: YEM analizi ve hipotez testleri

Araştırma değişkenlerinden oluşturulan yapılar DFA ile test edilip, doğrulandıktan sonra, araştırmanın teorik modeli Yapısal Eşitlik Modeli (YEM) ile test edildi.

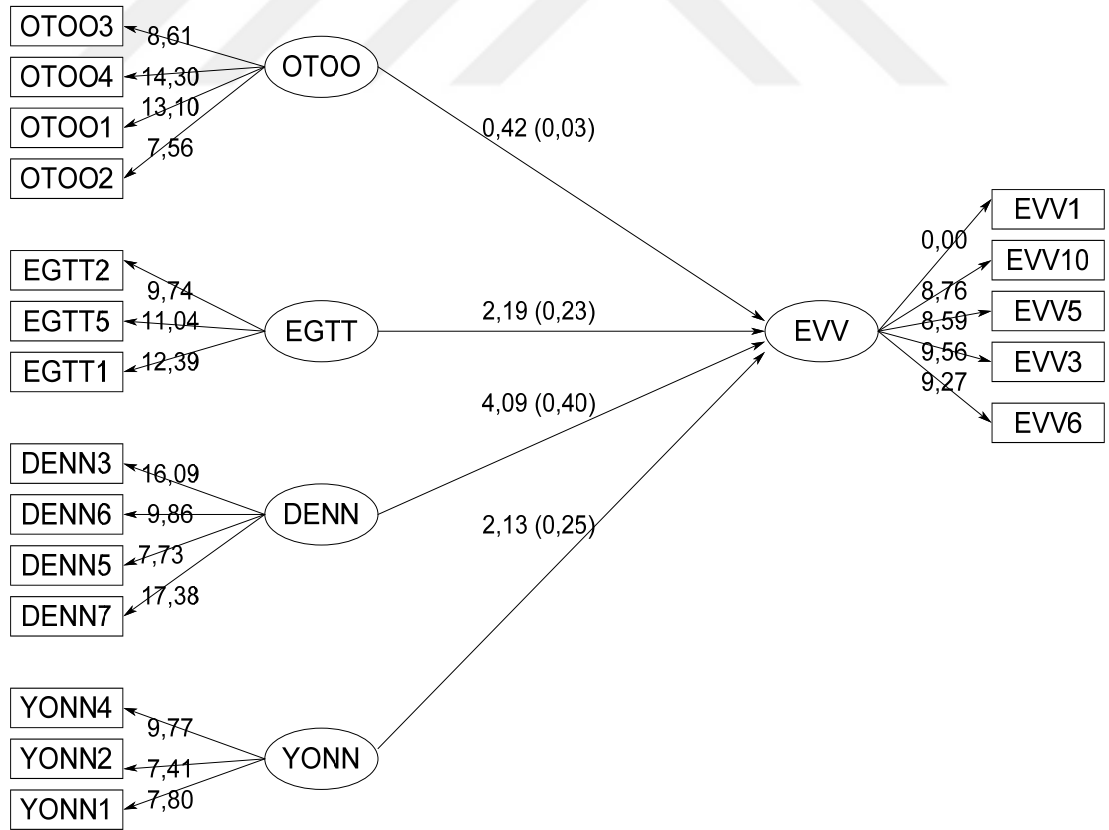
Analizde kovaryans matrisini ve en büyük olasılık kestirimini (maximum likelihood estimation) içeren LISREL 9.1 versiyonu kullanıldı. Uyum iyiliği indeksleri (Maximum likelihood estimation); Ki-kare, RMSEA, SRMR, NFI, CFI ve GFI'dır.

Araştırma modelindeki dışsal ve içsel değişkenler arasındaki ilişkileri doğrulamak ve belirlenen modeli araştırma evrenine genellemek için iki adımda gerçekleştirilen YEM analizi uygulandı:

1. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin gücünü gösteren yol (path) katsayıları belirlenerek, hipotezler test edildi.
2. Araştırma modelinin açıklayıcı gücü  $R^2$  değerleri ile gösterildi.

### 5.3.3. YEM Analizi

Teorik modelin YEM analizi yapıldığında, t-değerlerine göre, EGTT-EVV, DENN-EVV, YONN-EVV yolları anlamlıdır (Şekil 6.3).



Şekil 5.3. Teorik Modelin YEM Grafiği

YEM analizinin uyum istatistiği değerleri istenen düzeydedir. Ki-Kare/SD 1,820, RMSEA 0,050, NFI 0,935, CFI 0,969, SRMR 0,0499, GFI 0,926 (Tablo 5.9).

Tablo 5.9. Teorik Modelin YEM Analizinin Uyum İstatistiği Değerleri

Uyumluluk İndeksi	Modifikasyon Sonrası Değerler	İyi Uyum	Kabul Edilebilir Uyum
Ki-Kare/SD	256,74/141=1,820	1-2	3-5
RMSEA	0,050	$0 < RMSEA < 0,05$	$0,05 < RMSEA < 0,10$
NFI	0,935	$0,95 \leq NFI \leq 1,00$	$0,90 \leq NFI \leq 0,95$
CFI	0,969	$0,95 \leq CFI \leq 1,00$	$0,90 \leq CFI \leq 0,95$
SRMR	0,0499	$0,00 \leq SRMR \leq 0,05$	$0,05 \leq SRMR \leq 0,10$
GFI	0,926	$0,95 \leq GFI \leq 1,00$	$0,90 \leq GFI \leq 0,95$

#### 5.3.4. Hipotez testleri

Teorik modelin YEM analizi sonundaki bağlantı katsayılarına ve t-değerlerine göre, OTOO-EVV yolu ile ilgili hipotez çok zayıf bir ilişki olduğu için reddedilmiştir. EGTT-EVV, DENN-EVV, YONN-EVV yolları ilgili hipotezler kabul edilmiştir.

OTOO-EVV standart katsayısı (0,03) ve t-değeri ( $0,42 < 1,96$ ) olduğundan, bu iki değişken arasında bir ilişki yoktur. Buna bağlı olarak “H1: Otomasyon enerji verimliliğini olumlu ve pozitif olarak etkilemektedir” hipotezi reddedildi.

EGTT-EVV standart katsayısı (0,23) ve t-değeri ( $2,19 > 1,96$ ) olduğundan, bu iki değişken arasında ilişki vardır. Buna bağlı olarak “H2: Eğitim enerji verimliliğini olumlu ve pozitif olarak etkilemektedir” hipotezi kabul edildi.

DENTT-EVV standart katsayısı (0,40) ve t-değeri ( $4,09 > 1,96$ ) olduğundan, bu iki değişken arasında ilişki vardır. Bu nedenle “H3: Denetim, enerji verimliliğini önemli ve pozitif bir şekilde etkilemektedir” hipotezi kabul edildi.

YONN-EVV standart katsayısı (0,25) ve t-değeri (2,13<1,96) olduğundan, bu iki değişken arasında ilişki vardır. Buna bağlı olarak “H4: Yönetim, enerji verimliliğini önemli ve pozitif şekilde etkilemektedir” hipotezi kabul edildi (Tablo 5.10 ).

Tablo 5.10. Teorik Modeldeki Hipotezlerin Test Sonuçları

	Standart Değerler	t-değerleri	Sonuç
OTOO-EVV (H1)	0,03	0,42	Ret
EGTT-EVV (H2)	0,23	2,19	Kabul
DENN-EVV (H3)	0,40	4,09	Kabul
YONN-EVV (H4)	0,25	2,13	Kabul
<p>YEM Denklemi</p> <p><math>EVV = 0,03*OTOO+0,23*EGTT+0,40*DENN+0,25*YONN</math>, Errorvar. = 0,49, <math>R^2=0,580</math></p>			

Teorik modelin YEM denkleme göre, EVV ile OTOO arasında pozitif yönde çok zayıf bir ilişki vardır (0,03) ve bu istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki değildir. Bu değer OTOO'daki “1” birimlik artışın EVV’de 0,03 oranında artışa veya bunun tam tersi OTOO'daki azalış, EVV’de azalışa neden olmaktadır.

EVV ile EGTT arasında pozitif yönde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır. EGTT'deki “1” birimlik artışın EVV’deki 0,23 oranında artışa neden olmaktadır veya EGTT'deki azalış, EVV’de azalışa neden olmaktadır.

EVV ile DENN arasında pozitif yönde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır. DENN'deki “1” birimlik artış EVV’de 0,40 oranında artışa neden olmaktadır veya DENN'deki azalış, EVV’de azalışa neden olmaktadır.

EVV ile YONN arasında pozitif yönde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır. YONN'deki “1” birimlik artış, EVV’de 0,25 oranında artışa neden olmaktadır veya YONN'deki azalış, EVV’de azalışı neden olmaktadır. Sonuç olarak EVV, OTOO-YONN-DENN-EGTT faktörleri tarafından ( $R^2 = 0,580$ ) oranında açıklanmaktadır.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemizde her alanda enerji tasarrufu potansiyeli olduğu bir gerçektir. Ancak, sanayi sektöründe bu potansiyelin yüksek olduğu yapılan çalışmalardan anlaşılmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde ve gelişmekte olan sanayi sektöründe enerjiyi verimli kullananların üretimde ve zorlu rekabet koşullarında başarı elde etmesi doğal bir sonuç olacaktır.

Enerjinin büyük bir kısmının sanayide kullanıldığı göz önünde bulundurulduğunda birçok ülkede de olduğu gibi ülkemizde de enerjinin etkin kullanılması çalışmaları sanayi sektöründe yoğunluk kazanmaktadır.

Enerji verimliliği ile ilgili yapılan araştırmalarda benzer çalışmalar yapılmış olup (Demirtaş, 2002); (Kreliner, Kunis ve Rünge, 2011); (Erarslan, 2011); (Taner, 2013); (Paulo, Gomes, 2009); (Eser, 2013) farklı sonuçlar ve önerilerde bulunulmuştur.

Demirtaş'ın Sanayide enerji verimliliği ve uygulaması konulu çalışması ile borulara yapılacak olan izolasyon, duvar yalıtımı ile ısı kaybını önemli ve pozitif bir şekilde etkileyeceği belirtilmiştir. Kreliner, Kunis, Künper'in çalışması ile enerji duyarlı üretim süreçleri için enerji ve kaynak akışını sağlayan veri modeli ile birlikte zincir tanımlama modeli önerilmiştir. Erarslan'ın çalışmasında TSEN 16001 enerji yönetim sistemi, enerjinin veriminin artırılmasına yönelik sürekli iyileştirme süreci açısından yararlı ve verimliliğinin de gözlemlenebildiği vurgulanmış ve ilgili enerji yönetim sisteminin enerji verimliliği üzerinde anlamlı ve olumlu katkı yaptığı gösterilmiştir (Erarslan, 2011). Taner'in araştırmasında ise iş süreçlerinde iyileştirme yapılabilmesi için değişik senaryo analizleri yapılmış ve fabrikanın karının anlamlı ve olumlu bir şekilde etkileneceği sonucuna varılmıştır (Taner, 2013). Paula ve Gomes'in araştırmasında sağlık sektöründe enerji verimliliğini sağlamak için yapılan anket sonuçlarına göre hastanelerde ve sağlık merkezlerinde enerji verimliliğini arttırmak için ilgi ve isteğin anlamlı ve pozitif bir yönde olduğu ancak, enerji verimliliği bilincinin yayılmasında örgüt engellerinin anlamlı ve negatif bir yönde olduğu



gösterilmiştir (Paulo, Gomes, 2009). Eser'in aydınlatma sistemlerinde enerji verimliliğinin incelenmesi amacıyla yapılan çalışmada, doğru bir aydınlatmanın tasarrufu anlamlı ve pozitif bir şekilde etkilediği sonucuna varılmıştır (Eser, 2013).

Bu bağlamda enerji verimliliğini etkileyen etmenlerin, etki derecelerinin ve aralarında ilişki olup olmadığının belirlenmesi son derece önemlidir. Bu çalışmada, bilimsel olarak kabul görmüş ve doğrulanmış model olan "Yapısal Eşitlik Modeli" kullanılmıştır. Kullanılan model ile ilgili veri, imalat sektöründe faaliyet gösteren imalat işletmelerinden anket yöntemi ile toplanmıştır. Toplanan veriler ile enerji verimliliğini etkileyen dolaylı ve dolaysız etmenler incelenmiştir.

Çalışmada anket yöntemi ile toplanan veriler öncelikle iki adımda incelenmiştir. Birinci adımda verilerin normal dağılıma sahip olup olmadığını belirlemek için normallik analizi yapılmıştır. İkinci adımda ise verilerin faktör analizine uygun olup olmadığını belirlemek için güvenilirlik analizi yapılmıştır. Verilerin analizi SPSS ve LISREL paket programları ile yapılmıştır. Analizde öncelikle AFA (Açıklayıcı Faktör Analizi) ve DFA (Doğrulayıcı Faktör Analizi) kullanılarak parametrelerin uygunluğu belirlenmiş ve modelin uygunluğu test edilmiştir. Çalışmanın temel değişkenlerine AFA (Açıklayıcı Faktör Analizi) yapılmıştır.

Enerji verimliliğini etkileyen faktörleri ortaya çıkarmak için kullanılan açıklayıcı faktör analizinde temel bileşenler analizi tekniği kullanılmıştır. Araştırma konusu ile ilgili çalışmalarda kullanılan ölçeklerden yararlanılarak 29 sorudan oluşturulan soru formu 5 farklı işletmedeki 330 adet işçiye sorulmuş ve faktörler, onların verdiği yanıtlara göre belirlenmiştir.

Açıklayıcı faktör analiziyle faktörlerin güvenilirliği belirlenmek üzere her bir faktör Alpha modeli kullanılarak güvenilirlik analizine tabi tutulmuştur. Araştırma değişkenleriyle ilgili güvenilirlik katsayılarının yüksek olması ölçek yapılarının güvenilir olduğunu göstermiştir.

Sonuç olarak, enerji verimliliğini etkileyen faktörlerle ilgili sorulara işçilerin verdiği yanıtlara göre, Likert ölçeği ile toplanan verilerin faktör analizi sonucunda; birbirine benzer sorular birbirlerine yaklaşılarak beş faktör altında toplanmıştır. Enerji

verimliliğini etkileyen bu bağımsız faktörler: 1. Enerji verimliliği faktörü, 2. Denetim faktörü, 3. Otomasyon faktörü, 4. Eğitim faktörü, 5. Yönetim faktörüdür.

Enerji verimliliği, denetim, otomasyon, eğitim, yönetim faktörlerinin ilişkileriyle oluşturulmuş olan teorik model, iki aşamada test edilmiştir. Birinci aşamada gözlemlenemeyen değişkenlerin gözlenen değişkenlerle desteklenip desteklenmediği ölçüm modeli ile test edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre modelde düzenleme yapılmış ve sonrasında oluşturulan modelde sorun olmadığı anlaşılmıştır üzerine, bu değişkenler arasındaki neden-sonuç ilişkileri YEM ile test edilmiştir.

Araştırma modeli, EVV, DENN, OTOO, EGTT, YONN gibi gözlemlenemeyen yapılardan oluşmuş bir yapıdır. Bu gözlemlenemeyen değişkenlerin gözlenen değişkenlerle doğrulanması ve bu gözlemlenemeyen değişkenlerin kendi aralarında farklılığını koruyarak bir ilişkisi olmalıdır. Yapı geçerliliği ile yalnızca gözlenen değişkenler aracılığı ile gözlemlenemeyen değişkenler arasında çıkarımların geçerliliği testi değil aynı zamanda kurulan hipotezlere dayalı ilişkiler de test edilmektedir. LISREL YEM yazılımı ile “doğrulayıcı faktör analizi”. Bir modelin yakınsak geçerliliğinin kabul edilebilmesi için, doğrulayıcı faktör analizi sonunda elde edilen t değerlerinin 0,05 önem düzeyinde 1,96’dan büyük olmalıdır. İraksak geçerliliğin kabul edilebilmesi için ise, her bir yapının uyum indekslerindeki değerlere yakın olması gerekmektedir. Bu uyum değerlerinden bazıları Ki-kare, RMSEA, SRMR, NFI, CFI ve GFI’dir. Açıklayıcı faktör analizi ile belirlenen ve güvenilirlik analizinde kabul edilen 29 madde doğrulayıcı faktör analizine tabi tutulmuştur. DFA sonunda her değişken için en az 3 madde kullanılması gerekir.

Bir yapısal modelin test edilebilmesi için önemli olan koşul ölçme modelinin doğrulanmasıdır. Ölçme modeline ilişkin analiz sonuçlarına göre, bu model yeterli uyum iyiliği değerleri üretmiş olduğundan kabul edilebilir bir modeldir.

Araştırma modelindeki değişkenlerin DFA analizi sonucunda beş yapıdan oluşan ölçüm modeli belirlenmiştir. Bu yapılar, OTOO, EGTT, EVV, DENN, YONN’dür.

Toplam 29 maddeden oluşan yapılar, uyum iyiliği değerleri ile desteklenmekte ve YEM ile test edilemeye hazır hale gelmiştir.

Araştırma değişkenlerinden oluşturulan yapılar DFA ile test edilip, doğrulandıktan sonra, araştırmanın teorik modeli (YEM) ile test edilmiştir. Teorik modelin YEM ile yapılan analizinde, t değerlerine göre EGTT-EVV, DENN-EVV, YONN-EVV yolları anlamlıdır. YEM analizinin uyum istatistiği değerleri istenen düzeydedir.

Teorik modelin YEM analizi sonundaki bağlantı katsayılarına ve t-değerlerine göre, OTOO-EVV yolu ile ilgili hipotez reddedildi, EGTT-EVV, DENN\_EVV, YONN-EVV yolları ile ilgili hipotezler kabul edildi.

Teorik modelin YEM denklemine göre, EVV ile OTOO arasında pozitif yönde çok zayıf bir ilişki vardır ve bu ilişki istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki değildir.

EVV ile EGTT arasında pozitif yönde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır,

t- değerlerine göre Eğitim Faktörünün açıklama gücü en yüksek maddesi “EGTT1. Çalışanlara enerji verimliliğini sağlamak için nelere dikkat etmeleri gerektiği eğitim çalışmalarında açıklanmaktadır “ maddesidir.

EVV ile DENN arasında pozitif yönde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır, t- değerlerine göre Eğitim Faktörünün açıklama gücü en yüksek maddesi “DENN7. Yönetim enerji verimliliğine önem veren bir anlayışa sahiptir” maddesidir.

EVV ile YONN arasında pozitif yönde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır,

t- değerlerine göre Eğitim Faktörünün açıklama gücü en yüksek maddesi “YONN4. Yönetim benzer fabrikalardaki enerji tüketim miktarları ile kendi enerji tüketim miktarını karşılaştırmaktadır” maddesidir.

Araştırma analiz sonuçlarına göre sektördeki imalat işletmelerinde enerjinin verimli kullanılabilmesi için kendi olanakları kapsamında bazı önlemler alınması mümkündür ancak yeterli değildir. Bunun yanı sıra özellikle gelişmekte olan ülkelerin sanayi sektöründe, enerji tasarrufu potansiyelinin ekonomiye kazandırılması ise, enerji politikalarının kararlı bir şekilde uygulanması ile elde edilebilecektir.

İmalat işletmelerinde enerjinin verimli kullanılmasıyla ilgili; yönetimin desteğinin olması, çalışanların bu konuda eğitime tabi tutulması, belirli zaman dilimlerinde

uygulamanın denetlenmesi, enerji verimliliği bilinci her düzeyde geliştirilmesi, ayrıca mevcut enerji politikalarına ilave enerji tasarrufu politikalarının oluşturulmasının, özellikle ülkemizde bu yönde yapılacak çalışmaların artırılması ile son derece önemli olacak sağlayacağı katkı ise maliyetler, rekabet ve karlılık açısından çok büyük olacaktır.

Bu çalışmada enerji verimliliği üzerine etki eden dört faktör ele alınmıştır. Bu dört faktör enerji verimliliğine ait varyansın % 58'ini açıklamaktadır. Varyansın açıklanamayan % 42'lik kısmını başka değişkenlerle açıklamak mümkündür. Gelecekte yapılacak çalışmalarda enerji verimliliğini etkileyen başka değişkenler ele alınabilir.

Bu çalışma imalat sektöründe gerçekleştirilmiştir. Gelecek çalışmalarda sektörel farklılıkların ortaya konulabilmesi için farklı sektörlerde anket uygulanıp sektörel karşılaştırma yapılabilir. İşletme büyüklüğüne göre enerji verimliliği açısından farklılıklar karşılaştırılabilir. Bu çalışmada anket sadece mavi yakalılara uygulanmıştır. Gelecek çalışmalarda hem mavi hem de beyaz yakalılara uygulanarak beyaz ve mavi yakalıların konuya bakışları arasında fark olup olmadığı ortaya konulabilir.

## KAYNAKLAR

Acar E., Enerji Yoğunluklu Bir Fabrikanın Enerji Verimliliği Özelinde İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2012, 338695.

Adıgüzel C., Enerjinin Verimli ve Etkin Kullanımına Yönelik Verimlilik Arttırıcı Proje Geliştirilmesi ve Bir İş Merkezine Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2011, 295842

Arıkan A., Metal Eşya Sektöründe Faaliyet Gösteren Bir Firmada Enerji Tasarrufuna Yönelik Durum Çalışması, Yüksek Lisans Tez, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2010, 255987

Artar A., İmalat Sanayii Alt Sektörlerinde Verimlilik ve Firmalar arası Karşılaştırmalar, *Milli Produktivite Merkezi Yayınları*, 1992, **505**.

Aydın B., Motivasyonu Etkileyen Faktörlerin Yapısal Eşitlik Modeli İle Belirlenmesi: Bir Tekstil İşletmesi Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2010, 256479

Balcı A., *Sosyal Bilimlerde Araştırma*, 2. Baskı, Pegem Yayınları, Ankara, 123-131, 2000.

Bayraktar G., Bir İlaç Üretimi Tesisinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gebze İleri teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2004.

Bilgi M., Kojenerasyon ve Trijenerasyon Uygulamalarında Kapasite Seçimi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, Dönem Projesi, 2012.

Bilginoğlu M.A., Dumrul C., Türk Ekonomisinin Enerji Bağımlılığı Üzerine Bir Eş-Bütünleşme Analizi, *Journal of Yaşar University*, 2012, **26(7)**.

Bulgan U., Bir Isı Pompalı Çamaşır Kurutma Makinesinin Enerji Performansının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, İstanbul, 2014, 354587

Büyüköztürk Ş., Çokluk Bökeoğlu Ö., Şekercioğlu G., *Sosyal Bilimler İçin Çok Değişkenli İstatistik SPSS ve LISREL Uygulamaları*, Pegem Akademi, Ankara, 2010.

C Narasimha., Nagesha N., Energy Efficiency in Sustainable Development of Small and Medium Enterprises: An Empirical Study, *2013 7th International Conference on Intelligent Systems and Control (ISCO)*, DOI: 10.1109/ISCO.2013.6481203.

Çelik H., Yılmaz V., *Lisrel 9.1 ile Yapısal Eşitlik Modellemesi Temel Kavramlar Uygulamalar Programlama*, Anı Yayıncılık, Ankara, 120, 2013.

Çolak İ., Bayırdır R., Sefa İ., Demirbaş Ş., Arslan C., *Sanayide Enerji Verimliliği, I. Enerji Verimliliği ve Kalite Sempozyumu*, Kocaeli, 17 Mayıs 2005.

Demirtaş N., *Sanayide Enerji Verimliliği ve Uygulaması*, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2002.

Du X., Cai W., Jia L., *Air conditioning Systems Energy Efficiency and Energy Consumption Evaluation*, *World Congress on Intelligent, Control and Automation*, Jinan, China, 6-9 July 2010.

Erarslan Y., *Enerji Yönetim sisteminin Örnek Bir İşletmede Uygulanması*, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde, 2011, 297598.

Eroğlu E., *Toplam Kalite Yönetimi Uygulamalarının Yapısal Eşitlik Modeli İle Analizi*, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2003.

Ertuğrul H. M., *Türkiye’de Enerji Sektöründeki Yapısal reformların Enerji Verimliliği Üzerine Etkileri*, *Enerji, Piyasa ve Düzenleme*, 2010, 1(2), 145-171.

Eser O., *Aydınlatma Sistemlerinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2013, 330752

Feyzioğlu A., *Elektrikli Su Isıtıcılar İçin Enerji tasarrufu Amacıyla Kontrol Stratejileri Geliştirilmesi ve Uygulanması*, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2012, 315112

Gökmen M. R., *Endüstri Tesislerinde Enerji Verimli Aydınlatma Teknikleri ve Örnek Çalışma*, Yüksek Lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, İstanbul, 2010, 268038.

Huan K., Zhu Y., Shen H., *A New Evaluation System for Energy-Saving Effect Based on Extended Energy Consumption and Extended Energy Efficiency*, *China International Conference on Electricity Distribution, 2012 (CICED 2012)*, Shanghai, 5-6 September 2012.

İncecik E., *Türkiye’nin Enerji Politikalarının Tarihsel Değişim Süreci ve Enerjide Verimlilik*, Yüksek Lisans Tezi, Ufuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 2008, 235952.

İslatince H. ve Haydaroğlu C., *Türk İmalat Sanayinde Enerji Verimliliği ve Yoğunluğu Analizi*, *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 2009, 24.

Jöroskog and Sörbom, *Yapısal Eşitlik Modellemesine Giriş Temel İlkeler ve Lisrel Uygulamaları*, Ekinoks Yayınları, Ankara, 86, 2007

Karagöl B., Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin Enerji Verimliliğine Katkısı, Uzmanlık Tezi, Ankara, 2013, 2850.

Karakurt M. D., Deri Endüstrisinde Enerji Tasarrufu Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2006, 197919.

Karali N., Geniş Ölçekli Bir Enerji Modeli Tasarımı ve Geliştirilmesi, Doktora Tezi, Boğaziçi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2012, 312080.

Kavak K., Dünyada ve Türkiye’de Enerji Verimliliği ve Türk Sanayinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi, Uzmanlık Tezi, *Devlet Planlama Teşkilatı*, 2689, 2015.

Kaya D., Öztürk H., *Sanayide Enerji Yönetimi ve Enerji Verimliliği*, Umuttepe Yayınları, Kocaeli, 2014.

Koç Y., Yıkayıcılarda Enerji Tüketiminin İncelenmesi ve Modelleme Çalışmaları, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2009, 243723.

Korkmaz F., Türkiye Çay Sektörünün Mevcut Durumu ve Bir Çay Fabrikasında Enerji Verimliliği Analizi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, İstanbul, Yüksek Lisans Tezi, 2012, 333062.

Kreliner B., Kunis R., Rünger G., Modeling of Energy-Sensitive Manufacturing Processes, *2011 9th IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN)*, DOI: 10.1109/INDIN.2011.6034898.

Lassig J., Riesner W., Energy Efficiency Benchmark for Industrial SME, Smart Grid Technology, Economics and Policies (SG-TEP), 2012 International Conference, DOI: 10.1109/SG-TEP.2012.6642371 IEEE

Le C.V., Pang C. K., Gan O. P., Energy Saving and Monitoring Technologies in Manufacturing Systems with Industrial Case Studies, *2012 7th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA)*, DOI: 10.1109/ICIEA.2012.6361042.

Lee G.-B., Ko M.-J., Kim Y.-S., Yeam D.-W., Development of An Efficient Management System of Energy Resources Consumed in PCB Manufacturing Processes, *2013 International Conference on Quality, Reliability, Risk, Maintenance, and Safety Engineering (QR2MSE)*, DOI: 10.1109/QR2MSE.2013.6625686.

Lu Y., Zhan L., Fu. C., The energy economic-environment efficiency of Poyang Lake eco-economic region, *2011 International Conference on Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering (RSETE)*, DOI:10.1109/RSETE.2011.5965122.

Mandıracıoğlu A., Lüleci E., Lelebici A., Toplam Kalite Yönetiminin Bir Unsuru Olarak Çalışanların İş Doyumlarının Bir Fabrika Örneği İle Değerlendirilmesi, *Ege Tıp Dergisi*, 2000, **39**(3): 165-168.

Milcik V., Avrupa Birliği'nin Politikası ve Türkiye: Enerji Güvenliği ve Çevrenin Korunması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2012, 317777.

Nagorny K., Barata J., A Rurvey of Service-Based Systems-of-Systems Manufacturing Systems Related to Product Life-Cycle Support and Energy Efficiency, *2014 12th IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN)*, DOI: 10.1109/INDIN.2014.6945578.

Niesing G. and Grobler L. J., Business Basics For Energy Efficiency – Using The Principles Of Energy Management Combined With Renewable Energy To Achieve Sustainable Savings – A Case Study, Industrial and Commercial Use of Energy Conference (ICUE), 2013, Proceedings of the 10th. Cape Town, South Africa, 20-21 August 2013.

Okur E., Özdilek Y. Ş., Efficient Use Energy and Technological Pollution Awareness Scale, *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 2013, **21**(1), 271-286,

Oluklulu E., Enerji Yatırımlarının Finansmanı, Türkiye Uygulaması, Sorunlar, Çözüm Önerileri, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 2003, 133858.

Özel C., İşletmelerde Enerji Verimliliği Çalışmalarının İncelenmesi ve Hizmet Sektöründe Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2010, 273921.

Özgür M., Enerji Etkinliğinin Ölçümünde Veri Zarflama Analizi Modellerinin Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, İstanbul, 2011, 333097.

Özil E., Şişbot S., Özpınar A., Olgun B., *Elektrik Enerjisi Teknolojileri ve Enerji Verimliliği I*, 2012, **93**.

Özkök M., Enerji Yoğun Bir Tesiste Enerji Verimliliği Proje Tasarımı ve Uygulama Çalışması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2010, 269763.

Paulo F., Gomes A., Energy Services As A Tool To Promote Energy Efficiency İn The Health Sector, *PowerTech, IEEE*, Bucharest, 28 June -2 July 2009.

Peng T., Xu X., Energy Consumption Evaluation for Sustainable Manufacturing: a Feature-based Approach, *Proceeding of the 11th World Congress on Intelligent Control and Automation Shenyang, China*, 29 June - 4 July 2014.



Polat E., Türkiye'deki Kobilerde Düşük Maliyetli Enerji Verimliliği Yönetim Sistemi, Yüksek Lisans Tezi, Fatih Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2013, 342762

Ruiz M., Asensio A., Velasco L., Minimizing Energy Costs in Federated Datacenters Under Uncertain Green Energy Availability, Optical Communications Group (GCO), 2014 16th International Conference on Transparent Optical Networks (ICTON), Graz, Austria, 6-10 July 2014.

Sankara J., Exergy Based Method For Sustainable Energy Utilization Analysis of Net Shape Manufacturing System, Master Thesis, University of Kentucky, Kentucky, 2005.

Seabright J., Suzanne Goldstein Smith Market, Conditions Affecting Energy Efficiency Investments, Energy Conversion Engineering Conference, IECEC 96., Proceedings of the 31st Intersociety, Washington, DC, 11-16 August 1996.

Serteller N. F., Türkiye'de Kullanılan Ve Kullanılabilecek Olan Enerji Kaynakları Arasında Nükleer Enerjinin Yeri ve Önemi, *Türkiye 10. Enerji Kongresi*, İstanbul, 27-30 Kasım 2006.

Sipahi Ç., *Sosyal Bilimlerde SPSS ile Veri Analizi*, Beta Yayınevi, İstanbul, 79, 2010.

Statute of the International Renewable Energy Agency (IRENA), Statute of IRENA signed in Bonn, *Conference On The Establishment Of The International Renewable Energy Agency*, Bonn, 26 Ocak 2009.

Sürekli Gülcan D., Lastik Endüstrisinde Enerji Yönetimi, Yüksek Lisans Tezi, Boğaziçi Üniversitesi, Çevre Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1999, 82911.

Şimşek Ö. F., *Yapısal Eşitlik Modellenmesine Giriş Temel İlkeler ve LISREL Uygulamaları*, Ekinoks Yayınları, , Ankara, 3, 2007.

Talıdil H., *Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik*, Akademi Matbaası, Ankara, 85-89, 1992.

Taner T., Gıda Sektöründe Enerji Verimliliği ve Enerji Yönetimi:Şeker Fabrikası Örneği, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2013, 330636.

Turhan F., Endüstriyel Bir Buhar Kazanında Enerji Verimliliği ve Çevresel Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük, 2012, 316272

Türkeş M., Küresel İklimin Korunması, İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Türkiye., Tesisat Mühendisliği, *TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Süreli teknik Yayın*, 2001, **61**, 14-29.

URL-1 [www.enerjigov.tr/tr-TR/Mevzuat](http://www.enerjigov.tr/tr-TR/Mevzuat)

URL-2 Energy efficiency and energy saving, [www.bgie.eu/uploads/lib/](http://www.bgie.eu/uploads/lib/) (Ziyaret Tarihi: 10 Kasım 2015)

URL-3 [www.enerji.gov.tr/ File/?path=ROOT%2f1%2fDocuments%2fSayfalar%2fEnerji+-+%C3%87evre+ve+%C4%B0klim+De%C4%9Fi%C5%9Fi.pdf](http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2f1%2fDocuments%2fSayfalar%2fEnerji+-+%C3%87evre+ve+%C4%B0klim+De%C4%9Fi%C5%9Fi.pdf) (Ziyaret tarihi 19 Haziran 2015).

URL-4 Hox J., J., Bechger, T., M., An Introduction to Structural Equation Modeling, Family Science Review, 11, 354-373, <http://joophox.net/publist/semfamre.pdf>, (Ziyaret Tarihi: 10 Haziran 2016)

URL-5 2013 Energy Efficiency Indicator Survey, [http://www.institutebe.com/InstituteBE/media/Library/Resources/Energy%20Efficiency%20Indicator/061213-IBE-Global-Forum-Booklet\\_I-FINAL.pdf](http://www.institutebe.com/InstituteBE/media/Library/Resources/Energy%20Efficiency%20Indicator/061213-IBE-Global-Forum-Booklet_I-FINAL.pdf), (Ziyaret Tarihi: 10 Kasım 2015).

URL-6 Sample Energy Efficiency Firm Survey, [web.mit.edu/colab/gedi/pdf/eemts/Guidebook\\_Resourcessample%20Energy%20Efficiency%20Firm%20%20survey.pdf](http://web.mit.edu/colab/gedi/pdf/eemts/Guidebook_Resourcessample%20Energy%20Efficiency%20Firm%20%20survey.pdf). (Ziyaret Tarihi: 09 Kasım 2015).

URL-7 [www.enerji.gov.tr/ File/?path=ROOT%2f1%2fDocuments%2fSayfalar%2fEnerji+-+%C3%87evre+ve+%C4%B0klim+De%C4%9Fi%C5%9Fi.pdf](http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2f1%2fDocuments%2fSayfalar%2fEnerji+-+%C3%87evre+ve+%C4%B0klim+De%C4%9Fi%C5%9Fi.pdf), (Ziyaret tarihi: 19. Haziran 2015).

URL-8 [www.emo.og.tr/ekler/ac04853f61\\_ek.doc](http://www.emo.og.tr/ekler/ac04853f61_ek.doc) (Ziyaret tarihi 21 Ekim 2015).

URL-9 [www.enerji.gov.tr/tr/Sayfalar/Temiz-Enerji](http://www.enerji.gov.tr/tr/Sayfalar/Temiz-Enerji) (Ziyaret tarihi: 05 Haziran 2015).

URL-10 [www.iklim.cob.gov.tr/ iklim/ AnaSayfa/ BMIDCS.aspx?sflang=tr](http://www.iklim.cob.gov.tr/iklim/AnaSayfa/BMIDCS.aspx?sflang=tr), (Ziyaret tarihi: 21 Ekim 2015).

URL-11 [www.mfa.gov.tr/turkiye\\_nin-enerji-stratejisi.tr.mfa](http://www.mfa.gov.tr/turkiye_nin-enerji-stratejisi.tr.mfa) (Ziyaret tarihi 26 Mayıs 2015).

URL-12 [www.enerji.gov.tr/tr-TR/sayfalar/Nukleer-Enerji](http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/sayfalar/Nukleer-Enerji), (Ziyaret tarihi 26. Mayıs 2015)

URL-13 [www.dektmk.org.tr/pdf/enerji\\_kongresi\\_11/seldem.pdf](http://www.dektmk.org.tr/pdf/enerji_kongresi_11/seldem.pdf), (Ziyaret tarihi: 03 Nisan 2015).

URL-14 [http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya\\_ekler/a551829d50f1400\\_ek.pdf](http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/a551829d50f1400_ek.pdf) (Ziyaret tarihi 17 Nisan 201).

URL-15 [www.otomasyondergisi.com.tr/arsiv/yazi/77-enerji-otomasyonuna-genelbakis](http://www.otomasyondergisi.com.tr/arsiv/yazi/77-enerji-otomasyonuna-genelbakis) (Ziyaret tarihi: 09 Haziran 2015).

URL-16 [http://mebk12.meb.gov.tr/meb\\_iys\\_dosyalar/14/15/703095/dosyalar/2014\\_10/30030827\\_25123423\\_1dnbt.pdf](http://mebk12.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/14/15/703095/dosyalar/2014_10/30030827_25123423_1dnbt.pdf) (Ziyaret tarihi 02 Kasım 2015).

Uylukcuoğlu Ö. E., Otomotiv Sanayinde Enerji Verimliliği ve Enerji Tasarruf Olanaklarının Belirlenmesi, Yüksek Lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, İstanbul, 2009, 238775.

William Prindle, A Survey of Corporate Energy Efficiency Strategies, *2009 ACEE Summer Study on Energy Efficiency in Industry*, Niagara Falls, NY, 28-31 July 2009.

Yaman M. C., Bir Üniversite Binasının Enerji Verimliliği : İYTE İdari Binanın Enerji Performansının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2012, 251080

Yazgan E., Erdem M., Talaşlı İmalat Endüstrisinin Ergonomik Açından Değerlendirilmesi: Bir Uygulama, *Anadolu Üniversitesi, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2009, **10**(2), 603-614.

Yılmaz A., Türkiye’de Sektörel Enerji Tüketimini Etkileyen Faktörler ve Alternatif Enerji Politikaları, Doktora Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Aydın, 2012, 312387.

Yılmaz S., Tekstil Kurutma Makinelerinin Enerji Verimliliğinin Artırılması, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, 2010, 284812

Yörük N., Bir İş Merkezinde Enerjinin Etkin Kullanımının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2011, 295834.

Yuhui X., Yanke L., The Construction Strategies of Public Rental Housing Based on Energy Efficiency Mechanism, *2011 International Conference on Computer Distributed Control and Intelligent Environmental Monitoring (CDCIEM)*, DOI: 10.1109/CDCIEM.2011.57.

Zhang J., Zhang Y., Chen S., Gong S., How to Reduce Consumption by Energy Audits and Energy Management: The Case of Province Jilin in China, *2011 Proceedings of PICMET '11: Technology Management in the Energy Smart World (PICMET)*, Portland, Oregon, USA, 31 July-4 Aug. 2011.



**EKLER**

## EK-A

### Anket

#### Sayın Cevaplayıcı,

Bu çalışma Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora tezi kapsamında, imalat işletmelerinde enerji verimliliğini etkileyen faktörleri belirlemek ve elde edilen sonuçlara göre enerji verimliliğini artırmak için neler yapılabileceğini belirlemek için yapılmaktadır. Araştırma sonuçları ile hem işletmelere hem de ülke ekonomisine katkı sağlanacaktır.

Lütfen işyerinizle ilgili görüş ve düşüncelerinizi aşağıdaki ifadelere göre değerlendiriniz. Bu araştırmaya katkı ve yardımda bulunmak adına ayırdığınız zaman için teşekkürlerimizi sunarız.

Leyla ŞENOL

Yrd. Doç. Dr. Gülşen AKMAN

Aşağıda işyeriniz ilgili olarak verilen ifadeleri değerlendiriniz.

Değerlendirmelerde; 1. Kesinlikle katılmıyorum,	1	2	3	4	5	6	7
7. Kesinlikle katılıyorum, şeklinde düşünülmelidir.							

1. Bölümümüzde enerji verimliliği yüksek makineler kullanılmaktadır.	1	2	3	4	5	6	7
2. Bölümümüzde makinelerin randımanları sürekli ölçülmektedir.	1	2	3	4	5	6	7
3. Bölümümüzde makinelerin bakımı periyodik olarak yapılmaktadır.	1	2	3	4	5	6	7
4. Enerji tüketimi fazla ekipmanlar belirlenip gerekli önlemler alınmaktadır.	1	2	3	4	5	6	7
5. Makinelerin ve bölümlerin enerji tüketimi ürün miktarlarına göre standart formlarla belirlenmektedir..	1	2	3	4	5	6	7
6. Yönetim enerji verimliliğine önem vermektedir.	1	2	3	4	5	6	7
7. Enerji birimi enerji verimliliği önerilerine her zaman açıktır.	1	2	3	4	5	6	7
8. Enerji birimi tarafından kullanılmayan ekipmanlar devre dışı bırakılmaktadır.	1	2	3	4	5	6	7
9. Fabrikanın bölümlerinde aylık enerji tüketim miktarları ve üretim miktarları en önemli noktalardaki panolarda grafiklerle gösterilmektedir.	1	2	3	4	5	6	7
10. Bölümlerdeki makinelerin ve tezgahların enerji miktarı ile üretim miktarları karşılaştırılmaktadır.	1	2	3	4	5	6	7
11. Yönetim her dönem enerji planları yapmaktadır.	1	2	3	4	5	6	7
12. Yönetime sunmak üzere enerji ihtiyaçlarının ve verimlilik artırıcı uygulamaların fayda-maliyet analizi yapılmaktadır.	1	2	3	4	5	6	7
13. Her bölümün ve makinenin hedef enerji kullanımı belirlenmektedir.	1	2	3	4	5	6	7
14. Yönetim enerji verimliliğine önem veren bir anlayışa sahiptir.	1	2	3	4	5	6	7
15. Fabrikamızda güneş enerjisinden yararlanılmaktadır.	1	2	3	4	5	6	7
16. Fabrikamızda enerji ve malzeme tüketimini azaltmak için çalışmalar yapılmaktadır.	1	2	3	4	5	6	7
17. İş ortamının aydınlatması yaptığım iş için yeterlidir.	1	2	3	4	5	6	7
18. Duvarlarda, çatılarda, tavanlarda ve kapılarda yalıtım vardır.	1	2	3	4	5	6	7
19. Makine motorları düşük yükte veya aşırı yükte otomatik olarak durmaktadır.	1	2	3	4	5	6	7
20. Fanların hızı duruma göre otomatik olarak artırılıp azaltılmaktadır.	1	2	3	4	5	6	7
21. Makinelerde hız kontrol cihazları kullanılmaktadır.	1	2	3	4	5	6	7
22. Özel durumlarda ve tatil durumları için zaman saati kullanılmaktadır.	1	2	3	4	5	6	7
23. Gerekli olmadığında aydınlatma ve havalandırma otomatik olarak kapanmaktadır.	1	2	3	4	5	6	7
24. Bina girişi aydınlatması otomatiktir.	1	2	3	4	5	6	7
25. Binanın çevre aydınlatması otomatiktir.	1	2	3	4	5	6	7
26. Enerji tüketen başlıca ekipmanların enerji tüketimlerini ayrı ayrı kaydedebilecek şekilde ölçüm cihazları yerleştirilmektedir.	1	2	3	4	5	6	7

27. Her bölümün aydınlatması belirli zaman dilimlerinde otomatik olarak düzenlenmektedir.	1	2	3	4	5	6	7
28. Koridor, antre ve depoların aydınlatması otomatiktir.	1	2	3	4	5	6	7
29. Enerji verimliliği politikalarını iş yerindeki tüm çalışanlar bilmektedir.	1	2	3	4	5	6	7
30. Çalışanlara belirli aralıklarla enerji verimliliği eğitimi verilmektedir.	1	2	3	4	5	6	7
31. Enerji verimliliğinin maliyetleri düşüreceği bunun çalışanların ücretlerine yansıtacağı bildirilmektedir.	1	2	3	4	5	6	7
32. Enerji verimliliği sağlamak için broşürler, posterler ve ilanlar yayımlanmaktadır.	1	2	3	4	5	6	7
33. Saat başına elektrik tüketimi beklenen düzeydedir	1	2	3	4	5	6	7
34. Ürün başına elektrik tüketimi beklenen düzeydedir.	1	2	3	4	5	6	7
35. Enerji kayıpları en düşük düzeydedir.	1	2	3	4	5	6	7
36. İleri teknoloji ile daha az enerji kullanarak aynı üretim miktarına erişilmektedir.	1	2	3	4	5	6	7
37. Fabrikada aydınlatma sistemlerinde floresan ve civa buharlı lambalar yerine yüksek basınçlı sodyum lambaları kullanılmaktadır.	1	2	3	4	5	6	7

## KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

- [1] Tekin V. N., **Şenol L.**, Akman G., Practicing Theory Of Constraints' Thinking Processes To Develop Distance Education System, *Energy Education Science And Technology Part B: Social And Educational Studies*, 2012, **Special Issue 1**, 933-938
- [2] Çelikkol S., Tekin V. N., **Şenol L.**, Selek H. S., Research On Determination Of The Factors Which Cause High School Students To Start Smoking, *Energy Education Science And Technology Part B: Social And Educational Studies*, 2012, **4(4)**, 2099-2108
- [3] **Şenol L.**, Geçili H., Onay Durdu P., Usability Evaluation Of A Moodle Based Learning Management System, *Edmedia 2014 - Tampere*, Finland, 23-26 June 2014
- [4] Akman G., Tekin V. N., **Şenol L.**, Belediye Çalışanlarının İş Tatmininde Etkili Olan Faktörlerin Demografik Değişkenlere Göre İncelenmesi Üzerine Bir Araştırma, *İstanbul Ticaret Üniversitesi, Sosyal Bilimler Dergisi*, 2016, **15(29)**, 245-263
- [5] Akman G., **Şenol L.**, Analyzing Difficulties About Application Of Bologna Process İn Turkey Via Goldratt's Thinking Processes: A Case Study, *Journal Of European Education*, 2016, **6(2)**, 2146-2674



## ÖZGEÇMİŞ

1961 yılında Gölcük’de doğdu. İlk, orta öğrenimini Gölcük’de lise öğrenimini ise İzmit’de tamamladı. Anadolu Üniversitesi İktisat Fakültesi İktisat Bölümü’nden 1987 yılında mezun oldu. 1988 yılında, Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans öğrenimini tamamladı. 1993 yılından beri Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde Enstitü Sekreteri olarak görev yapmaktadır

