



Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü

İktisat Anabilim Dalı

**SERMAYE - ENERJİ İKAME EDİLEBİLİRLİĞİ :  
TÜRKİYE İMALAT SANAYİ ÖRNEĞİ**

Pınar SEZER

Doktora Tezi

Ankara, 2019



SERMAYE- ENERJİ İKAME EDİLEBİLİRLİĞİ : TÜRKİYE İMALAT SANAYİ ÖRNEĞİ

Pınar SEZER

Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü

İktisat Anabilim Dalı

Doktora Tezi

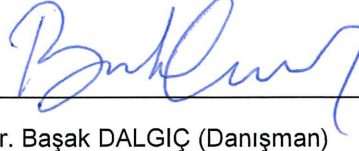
Ankara, 2019

## KABUL VE ONAY

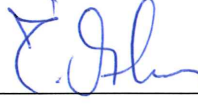
Pınar Sezer tarafından hazırlanan "Sermaye – Enerji İkame Edilebilirliği : Türkiye İmalat Sanayi Örneği" başlıklı bu çalışma, 17/09/2019 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.



Prof. Dr. Burak GÜNALP (Başkan)



Doç. Dr. Başak DALGIÇ (Danışman)



Prof. Dr. İbrahim ÖZKAN (Üye)



Doç. Dr. Özge KANDEMİR KOCAASLAN (Üye)



Doç. Dr. Aytekin GÜVEN (Üye)

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylıyorum.

Prof. Dr. Musa Yaşar SAĞLAM

Enstitü Müdürü

## YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinleri yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan **“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”** kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / H.Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir. <sup>(1)</sup>
- Enstitü / Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren ..... ay ertelenmiştir. <sup>(2)</sup>
- Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. <sup>(3)</sup>

25/09/2019

Pınar SEZER

<sup>1</sup>“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”

- (1) Madde 6. 1. Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez **danışmanının** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulu** iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.
- (2) Madde 6. 2. Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internetten paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez **danışmanının** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulunun** gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.
- (3) Madde 7. 1. Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, **tezin yapıldığı kurum** tarafından verilir \*. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, **ilgili kurum ve kuruluşun önerisi** ile **enstitü** veya **fakültenin** uygun görüşü üzerine **üniversite yönetim kurulu** tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.  
Madde 7.2. Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir.

\* Tez **danışmanının** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulu** tarafından karar verilir.

## ETİK BEYAN

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu, **Doç. Dr. Başak DALGIÇ** danışmanlığında tarafımdan üretildiğini ve Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Yazım Yönergesine göre yazıldığını beyan ederim.

  
**Pınar SEZER**

## ÖZET

SEZER, Pınar. *Sermaye - Enerji İkame Edilebilirliği : Türkiye İmalat Sanayi Örneği*, Doktora Tezi, Ankara, 2019.

Bu çalışmada Türkiye imalat sanayi firmaları için 2005-2013 yılları arasında sermaye-enerji ikame edilebilirliği firma düzeyinde veri kullanılarak incelenmektedir. Çalışma kapsamında translog maliyet fonksiyonu ve faktör pay denklemleri tekrarlı görünürde ilişkisiz regresyon (iSUR) yöntemi ile tahmin edilmiştir. Tahmin sonuçlarından elde edilen katsayılar kullanılarak çapraz fiyat esneklikleri ve Morishima ikame esneklikleri hesaplanmıştır. Çalışmada ayrıca firma büyüklüğü, ticaret statüsü ve enerji kullanım yoğunluğuna göre gruplandırılan firmalar için tahmin ve esneklik hesaplama süreçleri tekrarlanmıştır. Çalışmanın sonucunda çapraz fiyat esnekliğine göre ortalama bir Türkiye imalat sanayi firmasında enerji fiyatlarında ortaya çıkan %1 oranındaki artışın sermaye talebini %0.029 arttırdığı belirlenmiştir. Diğer yandan Morishima ikame esnekliğine göre enerji fiyatında ortaya çıkan aynı oranda artış sermaye-enerji oranını %1.245 arttırmaktadır. Çapraz fiyat esnekliği sonuçları firma büyüklüğü ve ticaret statüsünden etkilenmezken; enerji kullanım yoğunluğu arttıkça çapraz fiyat esnekliğinin yükseldiği görülmektedir. Sermayenin enerjiye ikamesini gösteren Morishima ikame esnekliği sonuçları ise firma büyüklüğü ve enerji kullanım yoğunluğu arttıkça firmaların teknolojik ikame olanaklarının arttığını göstermektedir.

**Anahtar Sözcükler :** Sermaye - Enerji İkamesi, İkame Esnekliği, Panel Mikro Veri, Faktör Talebi, Translog Maliyet Fonksiyonu

## ABSTRACT

SEZER, Pınar. *Capital - Energy Substitution : The Case of Turkish Manufacturing Industry*, Ph.D. Dissertation, Ankara, 2019.

In this study, capital-energy substitutability is analyzed for Turkish manufacturing industry firms between 2005-2013 using firm-level micro data. To this end, a translog cost function and cost share equations are jointly estimated by the iterated seemingly unrelated regressions method. Using the estimated coefficients, Morishima and cross price elasticities for capital-energy substitution are calculated. Estimations and elasticity calculations are carried out also for subsamples defined by firm size, trade status and energy intensity. The results for the overall sample show that for an average Turkish manufacturing firm, a 1% rise in the price of energy is associated with a 0.029% increase in the demand for capital. On the other hand, according to Morishima substitution elasticity, a 1% increase in the price of energy causes the capital-energy ratio to increase by 1.245%. The results for the subsamples reveal that the cross-price elasticities increase with energy intensity while they are not affected by firm size and trade status. The findings on Morishima elasticity of substitution of capital for energy, on the other hand, show that technological substitution possibilities improve as firm size and energy intensity increase.

**Keywords :** Capital - Energy Substitution, Substitution Elasticity, Panel Micro Data, Factor Demand, Translog Cost Function



## İÇİNDEKİLER

<b>KABUL VE ONAY</b> .....	<b>i</b>
<b>YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI</b> .....	<b>ii</b>
<b>ETİK BEYAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>v</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>vi</b>
<b>GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>1. BÖLÜM: TEORİK ÇERÇEVE</b> .....	<b>6</b>
<b>1.1.GİRİŞ</b> .....	<b>6</b>
<b>1.2.FONKSİYONEL FORMLAR</b> .....	<b>7</b>
<b>1.3.İKAME ESNEKLİĞİNİN ÖLÇÜLMESİ</b> .....	<b>15</b>
1.3.1. Hicks İkame Esnekliği .....	<b>18</b>
1.3.2. İkame Esnekliği Tanımının Genelleştirmeleri .....	<b>20</b>
1.3.2.1. Direk İkame Esnekliği.....	<b>20</b>
1.3.2.2. Allen–Uzawa İkame Esnekliği.....	<b>21</b>
1.3.2.3. Morishima İkame Esnekliği .....	<b>25</b>
1.3.2.4. Gölge İkame Esnekliği .....	<b>28</b>
<b>2. BÖLÜM: LİTERATÜR</b> .....	<b>32</b>
<b>2.1 LİTERATÜRE GENEL BİR BAKIŞ</b> .....	<b>32</b>
<b>2.2 MİKRO VERİ KULLANAN ÇALIŞMALAR</b> .....	<b>40</b>
<b>3. BÖLÜM: VERİ ve YÖNTEM</b> .....	<b>47</b>
<b>3.1 AMPİRİK MODEL ve ESNEKLİKLERİN HESAPLANMASI</b> .....	<b>47</b>
<b>3.2 VERİ SETİ</b> .....	<b>55</b>
<b>3.3 DEĞİŞKEN TANIMLARI</b> .....	<b>57</b>
<b>4. BÖLÜM: AMPİRİK BULGULAR</b> .....	<b>66</b>
<b>4.1 İMALAT SANAYİ ESNEKLİK HESAPLAMALARI</b> .....	<b>68</b>
<b>4.2 FİRMA BÜYÜKLÜĞÜNE GÖRE ESNEKLİK HESAPLAMALARI</b> .....	<b>77</b>
<b>4.3 TİCARET STATÜSÜNE GÖRE ESNEKLİK HESAPLAMALARI</b> .....	<b>82</b>
<b>4.4 FİRMALARIN ENERJİ YOĞUNLUĞUNA GÖRE İKAME ESNEKLİĞİ HESAPLAMALARI</b> .....	<b>84</b>
<b>4.5 ÜÇ FAKTÖRLÜ VE DÖRT FAKTÖRLÜ MALİYET FONKSİYONUNDAN İKAME ESNEKLİĞİ HESAPLAMALARI</b> .....	<b>88</b>
<b>4.6 TÜRKİYE İÇİN YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR İLE KARŞILAŞTIRMA</b> .....	<b>91</b>
<b>SONUÇ</b> .....	<b>92</b>
<b>KAYNAKÇA</b> .....	<b>98</b>

<b>EK 1. ORJİNALLİK RAPORU.....</b>	<b>106</b>
<b>EK 2. ETİK KOMİSYON MUAFİYET FORMU.....</b>	<b>108</b>

## TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1. Mikro Veri Kullanan Çalışmalar .....	45
Tablo 2. Analizde Kullanılan Bölümler ve Toplam Gözlem İçindeki Payları.....	63
Tablo 3. Tanımlayıcı İstatistikler .....	65
Tablo 4. Tahmin Edilen Faktör Payları ile Gözlemlenen Örneklem Ortalamalarının Karşılaştırılması .....	67
Tablo 5. İmalat Sanayi Translog Maliyet Fonksiyonu Tahminleri .....	69
Tablo 6. İmalat Sanayi Talebin Kendi / Çapraz Fiyat Esneklikleri .....	71
Tablo 7. İmalat Sanayi Morishima Esneklikleri .....	75
Tablo 8. Firma Büyüklüklerine Göre Talebin Kendi / Çapraz Fiyat Esneklikleri .....	78
Tablo 9. Firma Büyüklüklerine Göre Morishima Esneklikleri .....	80
Tablo 10. Ticaret Statüsüne Göre Talebin Kendi Fiyat ve Çapraz Fiyat Esneklikleri .....	82
Tablo 11. Ticaret Statüsüne Göre Morishima İkame Esneklikleri.....	83
Tablo 12. Enerji Yoğunluğuna Göre Talebin Kendi / Çapraz Fiyat Esneklikleri .....	86
Tablo 13. Enerji Yoğunluklarına Göre Morishima Esneklikleri.....	87
Tablo 14. KLE ve KLEM Modelleri Kendi/Çapraz Fiyat Esneklikleri .....	89
Tablo 15. KLE ve KLEM Modelleri Morishima Esneklikleri .....	90

## ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 1. Sanayi Elektrik Tüketimi Dağılımı.....	60
---	----

## GİRİŞ

Üretim faktörleri arasındaki ikame ya da tamamlayıcılık ilişkisi ülke, sektör ya da firma düzeyinde veri çıktı düzeyinin alternatif girdi kombinasyonları ile üretim yapma olanaklarının sınırını belirlemektedir. 1973 petrol krizi öncesi dönemde faktörler arasında ikame olanaklarının klasik üretim faktörleri sermaye ve emek arasındaki ilişki temelinde incelendiği; sonraki dönemde ise üretim fonksiyonuna enerjinin de dahil edilmesiyle birlikte sermaye ve enerji arasındaki ikame ya da tamamlayıcılık ilişkisinin belirlenmesinin de önemli bir araştırma konusu haline geldiği görülmektedir.

Petrol krizi sonrasında gözlemlenen enerji fiyat artışı, hem gelişmekte olan ülkeler hem de gelişmiş ülkeler için enerji güvenliğinin önemini göstermiştir. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) enerji güvenliğini, enerji kaynaklarına uygun fiyatlar ile kesintisiz erişim olarak tanımlamaktadır. Dünya genelinde enerji arzının kısıtlı olması ve doğal enerji kaynaklarının belli bölgelerde yoğunlaşması hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerin enerji güvenliği sorunları yaşamasına neden olmaktadır. Ayrıca petrol krizinde olduğu gibi iktisadi faktörlerin yanı sıra uluslar arası gelişmelerin de enerji güvenliğini tehdit altına alan sonuçlar doğurduğu görülmektedir. Sonuç olarak hem gelişmekte olan hem de gelişmiş ülkelerin enerji arz talep dengesinde ortaya çıkan ani değişimlere karşı kırılganlıklarını kontrol altına alabilmeleri için enerji ile diğer faktörler arasındaki ikame olanakları hakkında bilgi sahibi olmaları ve bu bilgi ışığında üretim süreçlerini düzenlemeleri, enerji ve yatırım politikalarını tasarlamaları gerekmektedir.

Ayrıca son yıllarda çevresel farkındalığın dünya genelinde artması ile birlikte birçok ülke, uluslararası anlaşmalar çerçevesinde zararlı gaz salınım hedefleri belirlemeye başlamıştır. Ülkelerin belirledikleri zararlı gaz salınım hedeflerine ulaşabilmeleri için hem üretim faktörleri arasındaki ikame olanakları hem de alternatif enerji kaynakları arasındaki ikame olanakları hakkında bilgi sahibi olmaları gerekmektedir. Bunun yanında çevre politikalarının enerji politikaları ile paylaştığı ortak iki amaç bulunmaktadır : enerji tüketimini azaltmak ve enerji verimliliğini arttırmak. Dolayısıyla sermaye ve enerji arasındaki ikame edilebilirlik ilişkisinin çevre politikaları açısından da sonuçları ve tasarlanma süreçlerine katkısı bulunmaktadır.

Sermaye ve enerji arasındaki ikame edilebilirliğin belirlenmesinin enerji tüketimini azaltmak için uygulanan politikaların uzun dönem büyüme üzerinde yaratabileceği olumlu ya da bozucu etkiler açısından da önemli olduğu görülmektedir. Eğer enerji ve sermaye arasında tamamlayıcılık ilişkisi tespit edilirse enerji fiyatlarında artışın sermaye malları talebinde azalmayı teşvik etmesi ve büyüme üzerinde olumsuz etkiler yaratması beklenmektedir. Diğer yandan ikame oldukları durumda enerji fiyatlarındaki artışın sermaye talebini dolayısıyla büyümeyi canlandırması beklenmektedir. Kısacası faktörler arası kolay ikame edilebilirlik fiyat artışlarının büyüme üzerindeki etkilerinin kısıtlı olacağı anlamına gelmektedir. Sonuç olarak ikame ilişkisinin enerji ekonomisi literatüründe önemli yeri olan enerji - büyüme ilişkisi açısından da sonuçları olduğu görülmektedir.

Son olarak, enerji ile diğer faktörler arasındaki teknik ve ekonomik ikame olanakları, enerji ekonomisi literatüründe önemli bir konu olan geri tepme etkisinin (*rebound effect*) berlihyenleri arasında sayılmaktadır. Geri tepme etkisi, enerji etkinliğindeki iyileşmeler sonucunda enerji talebinde ortaya çıkan artışın kısmen ya da tamamen başlangıç enerji tasarrufunu dengelemesi durumudur. Dolayısıyla bu etki enerji politikalarının olumlu sonuçlarını azaltan bir etkidir. Enerjinin diğer girdiler ile teknik ikamesi kolaylaştıkça, geri tepme etkisinin azalacağını öngörülmektedir. Sermaye-enerji ikame edilebilirliği tahminleri bu etki hakkında bilgi vermesi açısından da önem taşımaktadır.

Sermaye-enerji ikame esnekliği sonuçları, makro düzeyde politika yapıcılar, mikro düzeyde ise firmalar açısından hem politika yapımı hem de üretim süreçlerinin tasarlanması açısından önem taşımaktadır. Politika yapıcılar bu esnekliklerden yola çıkarak fiyat şoklarının makro ekonomik etkilerini öngörebilirler. Ayrıca genel denge modellerinden esneklik katsayılarını kullanarak politika etkileri hakkında bilgi sahibi olabilirler. Diğer yandan esneklik hesapları, firmaların üretim sürecindeki sınırları hakkında bilgi vererek, firmaların enerji şoklarından etkilenmemek için üretim kompozisyonlarını nasıl tasarlamaları gerektiği konularında öngörüler sağlamaktadır.

Sermaye-enerji ikame edilebilirliği konusundaki ilk çalışma Berndt ve Wood (1975) tarafından Amerika Birleşik Devletleri imalat sanayi için yapılmıştır. 1947-1971 dönemi

için hesaplanan Allen-Uzawa ikame esnekliği değerleri, sermayenin enerji için tamamlayıcı bir üretim faktörü olduğunu göstermiştir. Bu çalışmayı takiben, Griffin ve Gregory (1979), uluslararası havuzlanmış veriler kullanarak geliştirdikleri çalışmada enerji fiyatındaki artışın sermaye talebini arttırdığı, dolayısıyla sermayenin enerjinin ikamesi olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Berndt ve Wood (1975) ve Griffin ve Gregory (1979) çalışmalarının sermaye-enerji ikame edilebilirliği konusunda ulaştığı farklı sonuçlar konunun araştırılmasına yönelik motivasyonu arttırmıştır. Ancak son kırk yılda yapılan çok sayıda çalışmada sermaye-enerji ikame ilişkisi konusunda ortak bir görüşe ulaşılamamıştır. İlgili literatürde çalışmalar arasındaki farklılıklar; kullanılan verinin niteliği, analize konu olan üretim ya da maliyet fonksiyonun özellikleri, ülke ya da sektörlerin farklılaşması, teknolojiye ilişkin farklı varsayımlar arasındaki farklılıklar ile açıklanmaktadır. Diğer yandan çalışmaların tercih edilen fonksiyonel form ve kullanılan ikame esnekliği ölçüsü konularında daha homojen bir yapı sergilediği görülmektedir.

Sermaye-enerji ikame edilebilirliği çalışmalarının dikkat çeken diğer bir özelliği çalışmaların çoğunlukla ülke, ülke grubu ya da sektör düzeyinde toplulaştırılmış veri kullanarak yapılmış olmasıdır. Firma düzeyinde veriye ulaşım imkanlarının kısıtlı olması ilişkinin birçok çalışmada toplulaştırılmış veri ile araştırılmasına neden olmuştur. Ancak Solow (1987), faktör ikamesinin mikro ekonomik bir olgu olduğunu bu nedenle en iyi mikro veri ile incelenebileceğini belirtmektedir. Bu görüş araştırmacılar tarafından da destek bulmuş ve mikro veriye ulaşım imkanlarının artması ile birlikte sermaye-enerji ikame edilebilirliği firma düzeyinde de incelenmeye başlanmıştır. Yine de toplulaştırılmış veri ile yapılan çalışmalar ile karşılaştırıldığında mikro veri çalışmalarının oldukça az sayıda olduğu görülmektedir.

Bu tez çalışması gelişmekte olan bir ülke için firma düzeyinde mikro veri kullanarak sermaye ve enerji arasındaki ikame edilebilirlik ilişkisini inceleyen ilk çalışmadır. Çalışmada 2005-2013 döneminde Türkiye imalat sanayi firmalarında sermaye-enerji ikame edilebilirliği; tüm gözlemlerde ve firma büyüklüğüne, ticaret statüsüne ve enerji kullanım yoğunluğuna göre ayrılmış firma gruplarında incelenmektedir. Ayrıca ikame

esneklikleri, üç faktörlü ve dört faktörlü translog maliyet fonksiyonu için tahmin edilmiştir.

Firma düzeyinde mikro veri kullanılan sermaye-enerji ikame edilebilirliği çalışmalarının tümü gelişmiş ülkeler için yapılmıştır. Firma düzeyinde veri kullanarak yapılan ilk çalışmada Woodland (1993), Avusturalya imalat sanayi firmaları için faktörler arası ve enerji kaynakları arasındaki ikame olanaklarını incelemiştir. Nguyen ve Streitwieser (1999), Amerika Birleşik Devletleri için mikro verilerle gerçekleştirilen ilk çalışma olup aynı zamanda mikro veri çalışmaları arasında Morishima ikame esnekliği hesaplayan ilk çalışma olma özelliğine de sahiptir. Arnberg ve Bjorner (2007) ise ilk mikro panel veri kullanan sermaye-enerji ikame edilebilirliği çalışmasıdır. Bu çalışmaları takiben, sınırlı sayıda olmak üzere, başka gelişmiş ülkeler için de mikro veri çalışmaları yapılmıştır. Haller ve Hyland (2014) İrlanda için, Bardazzi vd. (2015) İtalya için, Deininger vd. (2018) İsviçre için gerçekleştirilmiş olan çalışmalardır.

Çalışma kapsamında dört faktörlü translog maliyet fonksiyonu ve buradan elde edilen faktör pay denklemleri, eş anlı olarak görünürde ilişkisiz regresyon modeli ile tahmin edilmiştir. İkame esnekliği hesaplamaları yapılmadan önce translog maliyet fonksiyonunun düzenlilik koşullarını sağlayıp sağlamadığı kontrol edilmiştir. Düzenlilik koşullarının sağlandığı tespit edildikten sonra maliyet fonksiyonu tahmin sonuçlarından elde edilen parametre tahminleri kullanılarak firmalar için çapraz fiyat esnekliği ve Morishima ikame esnekliği değerleri hesaplanmıştır. İlgili literatürde son dönem tartışmaları literatürde sıklıkla raporlanan Allen-Uzawa ikame esnekliğinin bilgilendirici olmadığını göstermektedir. Bu nedenle çalışmada Allen-Uzawa ikame esneklikleri yerine iktisadi ikame edilebilirlik ilişkisini gösteren çapraz fiyat esnekliği ve teknolojik ikame ilişkisini gösteren Morishima ikame esnekliği sonuçları raporlanmaktadır.

Çalışmanın literatüre üç önemli katkısı bulunmaktadır. İlk olarak tez çalışması, gelişmekte olan bir ülke için firma düzeyinde mikro veri kullanarak enerji ve sermaye arasındaki ikame ilişkisini inceleyen ilk çalışmadır. Çalışma sonuçlarına göre gelişmekte olan ülkeler ve gelişmiş ülkeler arasında gözlemlenen olası farklar ve/veya benzerlikler ilgili literatüre yeni bir bakış açısı kazandıracaktır. İkinci olarak, çalışma Türkiye için



firma düzeyinde sermaye ve enerji arasındaki ikame edilebilirlik ilişkisini inceleyen ilk çalışmadır. Bu anlamda toplulaştırılmış veri kullanarak yapılan önceki iki çalışmadan ayrılmaktadır. Ayrıca tez çalışmasında kullanılan veriler, Türkiye için yapılmış önceki dönem çalışmalarından daha günceldir. Dolayısıyla bu tez çalışmasında sermaye-enerji ikame edilebilirliği daha uygun ve daha güncel bir veri seti kullanılarak hesaplanmaktadır. Son olarak, firma gruplarına göre yapılan esneklik tahminlerine ek olarak üç faktörlü model ve dört faktörlü model için esneklik hesaplamaları tekrarlanmıştır. Bu hesaplamalar ile literatürde konuyla ilgili var olan faktör çıkarma (*factor omission*) tartışmasına da mikro veri düzeyinde kanıt sunulmaktadır.

Tez çalışmasının birinci bölümünde sermaye-enerji ikame edilebilirliği ilişkisinin teorik çerçevesi incelenmektedir. Bu kapsamda ikame esnekliği hesaplamaları üç aşamalı bir süreç olarak düşünülmüş ve birinci bölümde her aşamanın teorik çerçevesi hakkında bilgi verilmiştir. Hesaplamalardan önce ilk aşamada tahmin edilecek toplayıcı fonksiyona (*aggregator*) karar verilmesi gerekmektedir. İkinci aşamayı ise tahmin edilecek fonksiyonel formun belirlenmesi oluşturmaktadır. Son aşamada ise hesaplanacak ikame esnekliği ölçüleri belirlenmektedir.

İkinci bölümde sermaye-enerji ikame edilebilirliği literatürü ve özel olarak mikro veri ile yapılan çalışmalar hakkında bilgi verilmektedir. Üçüncü bölümde ise tahmin edilen translog maliyet modeli ve ekonometrik yöntem tanıtılmıştır. Ayrıca firma düzeyinde verinin ve değişkenlerin analiz için nasıl hazır hale getirildiği hakkında bilgi verilmektedir. Dördüncü bölümde tüm firmalar ve firma büyüklüğü, ticaret statüsü ve enerji kullanım yoğunluğuna göre gruplandırılmış firmalar için çapraz fiyat esneklikleri ve Morishima ikame esneklikleri sunulmaktadır. Bu bölümde ayrıca üç faktörlü translog model ve dört faktörlü translog model tahminleri ile hesaplanan esneklikler de sunulmaktadır. Dördüncü bölümün sonunda Türkiye imalat sanayi firmaları için elde edilen sonuçların daha önce Türkiye için yapılmış iki çalışma ile karşılaştırılmasına da yer verilmektedir. Tezin sonuç bölümünde ise, elde edilen bulgular özetlenmekte, ulaşılan sonuçlar tartışılmakta, politika önerilerinde bulunulmakta ve gelecek çalışmalar için öneriler sunulmaktadır.

# 1. BÖLÜM

## TEORİK ÇERÇEVE

### 1.1. GİRİŞ

Faktörler arası ikame ilişkisi üretim ya da maliyet fonksiyonlarının tahmininden elde edilen katsayılar kullanılarak hesaplanmaktadır. İkame esnekliği hesaplama süreci üç aşamalı bir süreç olarak tanımlanabilir. İlk aşamada tahmin edilecek birleştirici fonksiyona (üretim ya da maliyet fonksiyonu) karar verilmesi gerekmektedir. Üretim ya da maliyet fonksiyonu kullanma tercihi ulaşılabilen verinin özellikleri ile ilişkilidir. Üretim fonksiyonu tahmininde üretim faktörlerinin miktarları dışsal ve üretim miktarı içsel iken; maliyet fonksiyonu tahmininde üretim faktörlerinin fiyatları ve üretim düzeyi dışsaldır. Ulaşılabılır verilerin toplulaştırma düzeyi azaldıkça maliyet fonksiyonun daha fazla tercih edildiği görülmektedir.

Birleştirici fonksiyona karar verildikten sonra ikinci aşamada ekonometrik tahmin için spesifik bir fonksiyonel form belirlenmesi gerekmektedir. İlgili literatürde faktörler arası ikame konusunda sağladığı esneklik nedeniyle translog fonksiyonun en sık tercih edilen fonksiyonel form olduğu görülmektedir. Translog maliyet fonksiyonunun yanı sıra genelleştirilmiş Leontief ve doğrusal logit üretim ve maliyet fonksiyonları da ikame esnekliği hesaplanmasında kullanılmaktadır. Tercih edilen ekonometrik yöntem kullanılarak translog üretim ya da maliyet fonksiyonundan tahmininde elde edilen katsayılar ile doğrudan ikame esnekliği hesaplanmaktadır.

İkame esnekliği hesaplama sürecinin son aşamasını, kullanılacak ikame esnekliği ölçüsüne karar verilmesi oluşturmaktadır. Literatürde  $n$  faktörlü bir üretim fonksiyonu için faktörler arası ikamenin hesaplanmasında kullanılabilecek farklı esneklik ölçüleri önerilmektedir. Bu esneklik ölçülerinden Allen – Uzawa kısmi faktör esnekliği, faktör esnekliği çalışmalarında en sık tercih edilen ikame esnekliğidir. Bununla birlikte son yıllardaki çalışmalarda Morishima esnekliğinin hesaplandığı çalışmaların arttığı görülmektedir.

Bu bölümde yukarıda özetlenen aşamaların teorik temellerinin ayrıntılandırılması planlanmaktadır. İlk alt bölümde üretim, maliyet fonksiyonlarına ve bu çalışmada da tercih edilen translog maliyet fonksiyonunun teorik çerçevesine yer verilecektir. İkinci alt bölümde ise ikame esnekliği ölçüleri tarihsel bir bakış açısı ile anlatılacaktır. Ayrıca farklı esneklik ölçülerinin avantajları ve dezavantajlarına da yer verilmektedir.

## 1.2. FONKSİYONEL FORMLAR

Faktörler arası ikame esnekliğinin hesaplanmasının ilk aşamasında tahmin edilecek birleştirici fonksiyona karar verilmesi gerekmektedir. Bu aşamada araştırmacı ulaşılabilir verilerden yola çıkarak üretim ya da maliyet fonksiyonundan hangisini tahmin edeceğine karar vermelidir.

Girdiler ile çıktılar arasındaki ilişki matematiksel olarak üretim fonksiyonu kullanılarak ifade edilebilir. Üretim fonksiyonu uygulamalı üretim ekonomisinin en temel kavramıdır. En genel anlamda :

$$y(z) = 0 \quad (0.1)$$

şeklinde bir fonksiyon varsayalım. Bu fonksiyonda  $z$ , veri zaman için hem kullanılan girdileri hem de üretilen çıktıları içeren gerçek değerli,  $m$  boyutlu vektörü temsil etmektedir.  $z$  vektörünü girdi ve çıktıları ayrı kategorilerde gösterecek şekilde şöyle ayrıştırabiliriz :

$$y(y, x) = 0 \quad (0.2)$$

Burada  $x$ , negatif değerler içermeyen  $n$  boyutlu girdiler vektörünü;  $y$  ise  $(m - n)$  boyutlu çıktılar vektörünü temsil etmektedir. (1.2) çok girdili ve çok çıktılı durumu temsil etmektedir. Tek çıktılı durumda  $y$  skalar olarak değerlendirilebilir. Tek çıktılı durum şu şekilde ifade edilir :

$$y = f(x) \quad (0.3)$$

Bu ifadeye göre farklı girdi kombinasyonlarına karşılık gelen tek bir çıktı düzeyi vardır yani  $f(x)$  tek değerli bir fonksiyondur. Bu fonksiyon, firmanın teknolojik olanaklarını özetlemektedir.

Üretim fonksiyonları; ölçek, ölçeğe göre getiri, faktörler arası ikame edilebilirlik, teknolojik değişimin etkileri ve bölüşüm etkisi gibi birçok ekonomik etkiyi kapsamaktadır. Bu etkiler üretim fonksiyonunun kendisi ya da üretim fonksiyonunun birinci ve ikinci türevleri ile ifade edilebilir (Nadiri, 1982). Üretim fonksiyonunun parametrik olarak ifade edilmesi ve tahmini ilk defa Cobb ve Douglas (1928) tarafından yapılmıştır. Diğer bir parametrik form olan sabit esneklikli üretim fonksiyonu (CES), Arrow vd. (1961) çalışması sonucunda geliştirilmiştir. Cobb–Douglas ve CES üretim fonksiyonları üretici davranışını geleneksel olarak tanımlamaktadır. Bu fonksiyonlar düzenleyici koşulları<sup>1</sup> sağlamakla birlikte; bu fonksiyonların kısıtlayıcı varsayımları üretici davranışının ekonometrik modellemesini kısıtlamaktadır.

Üretim fonksiyonu tahmininde doğrudan tahmin, birinci derece denklemlerin tahmini, indirgenmiş form denklemlerinin tahmini ve dual fonksiyon tahmini gibi çeşitli yollar izlenmektedir (Fuss vd., 1978). 1960'ların sonunda dualite teorisinin geliştirilmesi ve mikro ekonomik veriye uygulamaları uygulamalı üretim analizinde dönüşüme neden olmuş; üretim fonksiyonu tahmininde dual maliyet ve kar fonksiyonlarının kullanımı yaygınlaşmıştır (Chambers, 1988). Uygulamalı üretim analizinde dual yaklaşımların bir takım avantajları bulunmaktadır. Nadiri (1982), bazı sonuç ve formüllere maliyet fonksiyonundan hareketle daha kolay ulaşıldığını belirtmektedir. Chambers (1988), dual fonksiyonların talep, maliyet, kar gibi ekonomik olarak gözlemlenebilen olgular ile analiz yapmanın getirdiği avantajlara da sahip olduğunu altını çizmektedir. Ayrıca Jorgenson

---

<sup>1</sup> Caves ve Christensen (1980), düzenleyici koşulları dolaylı fayda fonksiyonu için monotonluk ve kesin quasi-konvekslik olarak tanımlamaktadır. Thompson (1985), bu özelliklerin yanı sıra homojenliğin de analizlerde sağlanması gereken özellik olarak dahil edildiğini belirtmektedir. Serletis (2012), maliyet fonksiyonu için pozitiflik, monotonluk ve konkavlık özelliklerini düzenleyici koşullar olarak tanımlamıştır.

(1986) üretim teorisinin dual formülasyonunun, ekonometrik modellemede geleneksel yaklaşımın kısıtlarının üstesinden gelme avantajına sahip olduğunu belirtmektedir.

Dualite, üretim teknolojisinin, maliyet ya da kar fonksiyonu ile ifade edilmesidir. Diewert (1974) çalışmasında dualite aşağıdaki şekilde açıklanmaktadır<sup>2</sup>.  $N$  faktörlü bir üretim fonksiyonu  $f$  varsayalım,

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_N) \quad (0.4)$$

Burada  $y$  çıktıyı,  $x = (x_1, x_2, \dots, x_N)$  ise üretimde kullanılan girdi düzeylerini içeren girdi (üretim faktörü) vektörünü temsil etmektedir.  $y$ , veri zamanda  $x_i$  üretim faktörleri ( $i = 1, 2, \dots, N$ ) kullanılarak üretilebilecek maksimum çıktı miktarını göstermektedir. Eğer üretim fonksiyonu belirli düzenleyici koşulları sağlıyorsa,  $p = (p_1, p_2, \dots, p_N)$  girdi fiyatları vektörü olmak üzere, üreticinin toplam minimum maliyet fonksiyonu

$$C(y; p_1, p_2, \dots, p_N) = C(y; p) \quad (0.5)$$

şeklinde ifade edilir ve aşağıdaki kısıtlı minimizasyon probleminin çözümüdür :

$$C(y; p) = \min_x \{p^T x : f(x) \geq y\} \quad (0.6)$$

Diğer bir ifadeyle üretici, fiyatları veri kabul eder ve belirli bir üretim düzeyi  $y$ 'nin üretim maliyetini minimize etmeye çalışır. Genel olarak toplam maliyet fonksiyonu  $C$ , seçilen çıktı düzeyi  $y$ 'ye, veri girdi fiyatları vektörü  $p$ 'ye ve veri üretim fonksiyonu  $f$ 'ye bağlıdır. Neoklasik mikro ekonomi teorisinde üretim fonksiyonunda olduğu gibi maliyet fonksiyonunun da sağlaması gereken özellikler bulunmaktadır. Bu özellikler :

- i.  $p > 0$  ve  $y > 0$  için  $C(y; p) > 0$  (pozitiflik)
- ii.  $p' \geq p$  ise  $C(y; p') \geq C(y; p)$  &

<sup>2</sup> Üretim fonksiyonunun dual formülasyonu ilk defa Hotelling (1932) tarafından yapılmış, daha sonra Samuelson (1954) ve Shephard (1953) çalışmalarıyla geliştirilmiştir.

- $y \geq y'$  ise  $C(p; y) \geq C(p; y')$  (fiyatlarda ve çıktıda azalmayan, monoton)
- iii. Fiyatlarda konkav ve azalmayan
- iv.  $C(y; tp) = tC(y; p), t > 0$  (fiyatlarda pozitif doğrusal homojen)

Pozitiflik, pozitif girdi fiyatları ve pozitif çıktı düzeyi için maliyet fonksiyonunun pozitif olduğunu ifade eder. İkinci özellik olan monotonluk ise fiyatlarda ve çıktı düzeyinde maliyet fonksiyonunun artan olduğu anlamına gelir<sup>3</sup>. Maliyet fonksiyonunun fiyatlarda konkav olması ise maliyet fonksiyonu Hessian matrisinin negatif yarı belirli olması anlamına gelmektedir. Dördüncü özellik olan fiyatlarda pozitif doğrusal homojenlik, fiyatların  $t$  katına çıkmasının veri çıktı düzeyinde üretim maliyetini  $t$  katına çıkartacağına işaret eder.

Uygulamalı analizlerde dualitenin kullanılabilmesi için tahmin edilecek fonksiyonel formun belirlenmesi gerekmektedir. Bir fonksiyonel formun firma ya da endüstri üretim ya da maliyet fonksiyonunu ampirik olarak temsil edebilmesi için gerekenden daha fazla parametre içermemesi, kolay yorumlanabilmesi, kolay türetilmesi, öncül varsayımlarının üretim fonksiyonu özelliklerini araştırmaya izin verecek esneklikte olması ve son olarak gözlemlenen veri seti içerisinde iyi huylu olması beklenmektedir<sup>4</sup>. Dualite teorisi ve esnek fonksiyonel formların odağını geleneksel üretim fonksiyonlarının<sup>5</sup> sahip olduğu toplanabilirlik, ayrıştırılabilirlik ve sabit ikame esnekliği kısıtlayıcı varsayımlarının nasıl kaldırılacağı oluşturmaktadır (Nadiri, 1982). Dualite teorisindeki gelişmeler çok sayıda esnek fonksiyonel formun geliştirilmesine ön ayak olmuştur. Uygulamalı üretim analizinde dualite ve esnek fonksiyonel formların kullanımı, kısıtlayıcı varsayımları esneterek ekonometrik modellemeyi kolaylaştırmaktadır.

Boisvert (1982), faktörler arası ikame esnekliğine ilişkin öncül varsayımların esnetilmesinin üç nedeni olduğunu belirtmektedir. İlk olarak ulaşılabılır veriler sektör ve

<sup>3</sup> Matematiksel olarak  $dC(p, y)/dp_i$  ve  $dC(p, y)/dy$  ( $i = 1, \dots, n$ ) ifadelerinin negatif olmayan olduğu anlamına gelir.

<sup>4</sup> Bknz : Fuss vd. (1978) ve Diewert (1971)

<sup>5</sup> Cobb–Douglas, Leontief ve CES üretim fonksiyonlarının

firma düzeyine indikçe faktörler arası değişken ikamenin olduğuna dair kanıtlar elde edilmiştir. İkinci olarak gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde teknolojik gelişim ve yenilik süreçlerini anlama isteği çok faktörlü ve değişken ikame esnekliği ile karakterize edilmiş analitik modeller gerektirmektedir. Son olarak 1970 yılından sonra emek, sermaye ve doğal kaynak fiyatlarındaki hızlı artış; doğal kaynak için oluşturulacak politika önlemleri için faktörler arası fiziksel ikame olanaklarını ve fiyat değişimlerinin girdi yoğunlukları üzerindeki etkisini anlamayı gerekli kılmıştır.

Geleneksel üretim fonksiyonlarından Cobb-Douglas üretim fonksiyonunda tüm faktörler arası ikame esneklikleri 1'e eşittir. Arrow vd. (1961) bu varsayımın ekonomik analizler için aşırı derecede kısıtlayıcı olduğunu belirtmekle birlikte faktörler arası değişken ikame esnekliğinin olduğuna dair ampirik kanıtlar olduğuna dikkat çekmektedir. Çalışmalarının sonucunda sabit ikame esnekli üretim fonksiyonu (CES) geliştirilmiştir. Sabit ikame esneklikli üretim fonksiyonunda faktörler arası ikame sabittir ancak bire eşit olmak zorunda değildir. Cobb–Douglas ve sabit ikame esneklikli üretim fonksiyonları düzenleyici koşulları sağlamakla birlikte kısıtlayıcı varsayımları nedeniyle faktörler arasındaki ikame esnekliklerini hesaplamaya imkan vermemektedir (Uzawa, 1962).

Faktörler arası değişken ikame esnekliğine izin veren ilk esnek fonksiyonel form Diewert'in 1971 yılındaki çalışmasında geliştirilmiştir. Diewert, fonksiyonel formlarda esnekliği, herhangi bir fonksiyonun ikinci derece yakınsamasını tanımlayarak formüleştirmiştir<sup>6</sup>. Bu çalışma farklı özelliklere sahip birçok esnek fonksiyonel formun geliştirilmesine öncülük etmiştir<sup>7</sup>. Genelleştirilmiş Leontief ve translog fonksiyonlar, ikame esnekliği hesaplamalarında sıklıkla kullanılan fonksiyonel formlardır. Ayrıca son dönemde doğrusal logit fonksiyonların da ikame esnekliği çalışmalarında tercih edildiği görülmektedir<sup>8</sup>.

<sup>6</sup> Diewert, esneklik tanımına alternatif olarak geliştirilen Sobolev esnekliği (Gallant, 1981), matematiksel ve istatistiksel olarak daha çekici olmakla birlikte karmaşıklığı ve kullanım zorluğu nedeniyle ampirik uygulamalarda tercih edilmemektedir (Thompson, 1985).

<sup>7</sup> Farklı esnek fonksiyonel formların teorik özellikleri için bkz : Thompson (1985)

<sup>8</sup> İkame esnekliği çalışmalarında kullanılan farklı esneklik formlarına çalışmanın literatür bölümünde yer verilmektedir.

Translog üretim ve maliyet fonksiyonları sermaye–enerji ikame edilebilirliği literatüründe en sık tercih edilen esnek fonksiyonel formlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Translog fonksiyonun ilk şekli Klemanta (1967) tarafından CES üretim fonksiyonunun ikinci derece Taylor serisi açılımı yakınsaması olarak geliştirilmiş<sup>9</sup>. Ampirik analizlerde kullanılan translog fonksiyonun literatüre kazandırılması ise Christensen vd. tarafından 1971 ve 1973 makaleleri ile olmuştur. Translog maliyet fonksiyonu, kesin formu bilinmeyen herhangi bir maliyet fonksiyonu için ikinci dereceden bir Taylor açılımıdır<sup>10</sup>.

Standart neoklasik firma teorisinde belirli bir üretim düzeyi  $y$  ile dört üretim faktörü sermaye ( $K$ ), emek ( $L$ ), malzeme ( $M$ ) ve enerjiyi ( $E$ ) ilişkilendiren üretim fonksiyonu aşağıdaki şekildedir<sup>11</sup> :

$$y = f ( K, L, E, M ) \quad (0.7)$$

Faktör fiyatları ve çıktı düzeyinin dışsal olarak belirlendiği ve tam rekabet varsayımları altında, üretim fonksiyonu ve maliyet fonksiyonu arasındaki dualite teoremi (1.7) numaralı üretim fonksiyonunun aşağıdaki maliyet fonksiyonu ile temsil edilebileceğini ifade etmektedir.

$$C = f ( p_K, p_L, p_E, p_M, y ) \quad (0.8)$$

(1.8) numaralı fonksiyonda  $C$  toplam maliyeti,  $p_K$  sermaye fiyatını,  $p_L$  emek fiyatını,  $p_M$  malzeme fiyatını,  $p_E$  enerji fiyatını ve  $y$  çıktı düzeyini temsil etmektedir. (1.8) numaralı maliyet fonksiyonunu tahmin edebilmek için uygun bir fonksiyonel form belirlenmesi gerekmektedir. Daha önce belirtildiği gibi translog maliyet fonksiyonu,

---

<sup>9</sup> Translog maliyet fonksiyonunun kısa tarihi için bkz : Pavalescu (2011)

<sup>10</sup> Taylor serisi açılımı dışında Laurent ve Fourier açılımı kullanılarak geliştirilen esnek fonksiyonel formlar da bulunmaktadır.

<sup>11</sup> Sermaye enerji ikame edilebilirliği literatüründe malzeme verisi ulaşılabilirliğine göre KLE ya da KLEM üretim fonksiyonu tercih edilmektedir.



ikame esnekliği hesaplamalarında istenen esnekliği sağlamaktadır. Translog maliyet fonksiyonu aşağıdaki şekilde ifade edilir :

$$\begin{aligned} \ln C &= \ln \alpha_0 + \alpha_y \ln y \\ &+ \sum_i \beta_i \ln p_i + 1/2 \alpha_{yy} (\ln y)^2 \\ &+ 1/2 \sum_i \sum_j \gamma_{ij} \ln p_i \ln p_j + \sum_i \omega_{iy} \ln y \ln p_i \end{aligned} \quad (0.9)$$

Çıktı ( $y$ ) ve girdi fiyatları ( $p_i$ ) fonksiyona, doğrusal, ikinci derece ve çapraz çarpımlar olarak dahil olmaktadır. Bir maliyet fonksiyonunun iyi huylu olması için veri çıktı düzeyinde fiyatlarda birinci dereceden homojen olması gerekmektedir. Maliyet fonksiyonunun bu özelliğinin sağlanması için translog maliyet fonksiyonu parametrelerine uygulanan homojenlik kısıtları şu şekildedir :

$$\sum_i \beta_i = 1 \quad (0.10)$$

Ve

$$\sum_i \gamma_{ij} = \sum_i \gamma_{ji} = \sum_i \omega_{iy} = 0 \quad (0.11)$$

simetri koşulları ise (Young teoreminden)  $i, j = 1, 2, \dots, n$  için aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir :

$$\gamma_{ij} = \gamma_{ji} \quad (0.12)$$

Maliyet fonksiyonunun fiyatlara göre birinci sıra türevinden veri çıktı düzeyi için maliyeti minimize eden koşullu faktör taleplerine ulaşılabilir.

Shephard Lemma'sından,

$$\frac{d \ln(C)}{d \ln(p_i)} = \frac{dC}{d p_i} \frac{p_i}{C} = x_i \frac{p_i}{C} = \beta_i + \sum_j \gamma_{ij} \ln p_j + \omega_{iy} \ln y \quad (0.13)$$

$i = 1, \dots, n$  için toplam maliyet,

$$C = \sum_i p_i x_i \quad (0.14)$$

Dolayısıyla maliyet payları,

$$s_i = \frac{p_i x_i}{C} \quad (0.15)$$

şeklinde tanımlanır.  $s_i$ ,  $i$  girdisinin toplam maliyet içindeki payını oransal olarak ifade etmektedir. Maliyet paylarının toplamı bire eşit olmalıdır. Matematiksel olarak şu şekilde ifade edilmektedir :

$$\sum_i s_i = 1 \quad (0.16)$$

Translog maliyet fonksiyonu ve bu fonksiyondan elde edilen maliyet pay denklemleri faktörler arası ikame esneklerinin hesaplanmasında kullanılmaktadır. Dört faktörlü KLEM modeli ile ilişkili faktör pay denklemleri aşağıda verilmektedir :

$$s_k = \beta_k + \gamma_{kk} \ln p_k + \gamma_{kl} \ln p_l + \gamma_{ke} \ln p_e + \gamma_{km} \ln p_m + \omega_{ky} \ln Y \quad (0.17)$$

$$s_l = \beta_l + \gamma_{lk} \ln p_k + \gamma_{ll} \ln p_l + \gamma_{le} \ln p_e + \gamma_{lm} \ln p_m + \omega_{ly} \ln Y \quad (0.18)$$

$$s_e = \beta_e + \gamma_{ek} \ln p_k + \gamma_{el} \ln p_l + \gamma_{ee} \ln p_e + \gamma_{em} \ln p_m + \omega_{ey} \ln Y \quad (0.19)$$

$$s_m = \beta_m + \gamma_{mk} \ln p_k + \gamma_{ml} \ln p_l + \gamma_{me} \ln p_e + \gamma_{mm} \ln p_m + \omega_{my} \ln Y \quad (0.20)$$

Sermaye, enerji, emek ve malzeme faktörleri arasındaki ikame esnekliklerini hesaplayabilmek için her bir faktörün maliyet pay denkleminde oluşan denklem sisteminin tahmin edilmesi gerekmektedir.

Bir sonraki bölümde ikame esneklikleri ayrıntılı bir şekilde tanımlanacaktır. Translog maliyet fonksiyonu ve faktör pay denklemlerinin ekonometrik tahmini ve ikame esnekliklerinin hesaplamalarına ise 4. Bölüm’de yer verilecektir.

### 1.3. İKAME ESNEKLİĞİNİN ÖLÇÜLMESİ

19. yüzyılın başlarında Von Thuenen, bir çiftlikteki üretim sürecine ilişkin gözlemlerine dayanarak “ikame edilebilirlik prensibi”ni ortaya koymuştur. Bu prensibe göre, sabit bir çıktı düzeyi çeşitli girdi kombinasyonları ile üretilebilir; girdilerinden biri veya birkaçında meydana gelen bir azalma diğer girdilerin biri veya birkaçının kullanımını arttırarak telafi edilebilir (Chambers, 1988). Hicks (1932) ise faktörler arasında gözlemlenen ikame ilişkinin nasıl ölçüleceğini iki faktörlü bir ekonomi için ikame esnekliğinin matematiksel formülasyonunu geliştirerek göstermektedir<sup>12</sup>.

---

<sup>12</sup> Hicks (1932)’den bağımsız olarak Robinson 1933 yılında yayınlanan çalışmasında ikame esnekliği ölçüsü tanımlamıştır. İkame esnekliğini Hicks’ten farklı olarak geometrik olarak tanımlamıştır. Kahn (1933), tam rekabet varsayımı altında iki faktörlü bir ekonomide Hicks ve Robinson’un tanımlarının aynı şeyi ifade ettiğini belirtmektedir.

Hicks'in tanımladığı ikame esnekliği daha sonra çok faktörlü üretim fonksiyonu ve dual maliyet fonksiyonu için geliştirilmiştir. Uygulamalı üretim literatüründe bu genellemelerden Allen–Uzawa esnekliğinin en sık kullanılan ikame esnekliği ölçüsü olduğu görülmektedir (Hamermesh, 1993). Sermaye-enerji ikame edilebilirliği literatüründe de benzer bir eğilim olduğu gözlemlenmektedir. Allen-Uzawa ikame esnekliği çapraz fiyat esnekliği ile birlikte ilgili literatürde en sık tercih edilen ikame esneklikleridir. Thompson ve Taylor (1996)'ın çalışması sermaye-enerji ikame edilebilirliğini alternatif bir esneklik ölçüsü ile hesaplayan ilk çalışma olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada kullanılan Morishima ikame esnekliğinin daha sonra birçok çalışmada ikame esnekliği ölçüsü olarak tercih edildiği görülmekle birlikte Allen-Uzawa esnekliğinin halen literatürde baskın esneklik olduğu görülmektedir.

Araştırmacılar tarafından geliştirilen çeşitli ikame esnekliği tanımları olmakla birlikte bu alt bölümde sermaye enerji ikame edilebilirliği literatüründe kullanılan çapraz fiyat esnekliği, Allen–Uzawa esnekliği, Morishima esnekliği ve McFadden gölge ikame esnekliklerine yer verilecektir<sup>13</sup>. İkame esnekliği ölçüleri çeşitli özelliklerine göre sınıflandırılabilirler. Örneğin Mundlak (1968), ikame esneklikleri tanımlarını üretim faktörü fiyatındaki değişim ile üretim faktörleri arasındaki doğrudan ya da görelî değişim ilişkisini temel alarak sınıflandırmıştır. Buna göre tek bir faktörün fiyatındaki değişimin doğrudan tek bir faktör miktarı üzerine etkisini tanımlayan esneklikler, “bir fiyatlı-bir miktarlı ikame esnekliği” (*one price-one factor elasticities of substitution*) olarak tanımlanırken; bir üretim faktörü fiyatındaki değişimin iki üretim faktörü arasındaki görelî miktar ile ilişkisini tanımlayan esneklikler “iki faktörlü-bir fiyatlı ikame esnekliği” (*two-factor-one-price elasticities of substitution*) olarak tanımlanmaktadır. Son olarak “iki faktörlü-bir fiyatlı ikame esnekliği” (*two-factor-two-price elasticities of substitution*) , görelî üretim faktörü fiyatı değişikliğinin görelî üretim faktörü miktarı üzerine etkisini içermektedir. Mundlak'ın sınıflandırmasına benzer fakat daha genel bir sınıflandırma görelî ve mutlak ikame esneklik tanımlarıdır. Mutlak ikame esneklikleri, üretim faktörü fiyatındaki değişimin doğrudan miktar üzerine etkisini ölçerken; görelî ikame esneklikleri faktör fiyatındaki değişimin görelî miktar üzerine etkisine bakmaktadır. İkame

<sup>13</sup> Bazı alternatif tanımlar için bkz : Frenger (1985), Thompson (1995), Frondel (2004).

esnekliklerinden yola çıkarak yapılan politika önermelerinde hesaplanan esnekliklerin mutlak mı yoksa görelî mi olduğu dikkate alınmalıdır.

İkame esnekliği ölçülerinde kullanabileceğimiz diğer bir sınıflandırma kullanılan fonksiyonun primal ya da dual fonksiyon olmasından yola çıkarak yapılmaktadır. Hicks tarafından 1932 yılında yapılan ilk esneklik formülasyonunda primal üretim fonksiyonu kullanılmıştır. Hicks ve Allen (1934 a,b) çalışmalarında ikame esnekliği yine primal bir fonksiyon olan fayda fonksiyonundan yola çıkarak tüketici teorisi için tanımlanmaktadır. Allen (1938) çalışmasında kısmi ikame esnekliğini üretim fonksiyonundan hareket ile tanımlamış daha sonra bu tanım Uzawa (1962) tarafından birim maliyetler için geliştirilmiştir. Allen – Uzawa ikame esnekliği ve Morishima ikame esnekliğinin hem primal üretim fonksiyonu hem de dual maliyet fonksiyonu kullanılarak ifade edilebilmektedir. Primal üretim fonksiyonundan yola çıkarak hesaplanan esneklikler primal esneklik, dual maliyet fonksiyonundan yola çıkarak hesaplanan esneklikler ise dual esneklik olarak adlandırılmaktadır.

Son olarak ikame esneklikleri, brüt ve net olarak sınıflandırılmaktadır. Brüt ikame esnekliği tanımlarında ikame ilişkisi ölçülürken çıktı sabit kabul edilmektedir. Sermaye-enerji ikame edilebilirliğini araştıran literatürde net ikame esnekliği tanımları kullanılmaktadır. Ancak Frondel (2011), enerji fiyatlarındaki artışın makroekonomik etkilerini değerlendiren çalışmalarda çıktı etkisinin mutlaka dikkate alınması gerektiğini belirtmektedir. Bu amaçla klasik ikame esnekliği ölçülerinden çapraz fiyat esnekliğinin çıktı etkisini de içerecek şekilde genelleştirilmesini önermektedir. Brüt ikame esneklikleri, net esnekliklerden farklı olarak girdi fiyatlarındaki değişim sonrası ortaya çıkan optimal çıktı uyarlanmasının etkilerini de içermektedir. Lau (1978) çalışmasında tanımlanan Hotelling–Lau ikame esnekliği, Allen–Uzawa ikame esnekliğini çıktı etkisini de içerecek şekilde genelleştirirken; Blackorby, Primont ve Russell (2007), Morishima ikame esnekliği için aynı genelleştirmeyi yapmışlardır<sup>14</sup>. Ancak sermaye-enerji ikame edilebilirliği literatüründe bu esnekliklerin ampirik uygulamaları bulunmamaktadır.

---

<sup>14</sup> Bu esneklikler diğer esnekliklerden farklı olarak dual kar fonksiyonundan yola çıkarak geliştirilmiştir.

Takip eden alt bölümde Hicks'in 1932 yılında geliştirdiği ikame esnekliği ve bu esnekliğin çok faktörlü üretim ve maliyet fonksiyonu için genelleştirmelerine yer verilecektir. Matematiksel formülasyonlara ek olarak esnelik ölçülerinin birbirleri ile ilişkisi, ampirik analizlerde kullanım alanları, avantaj ve dezavantajları ve ikame esnekliği sınıflandırmalarındaki yerleri de açıklanmaktadır.

### 1.3.1. Hicks İkame Esnekliği

Hicks'in (1932) iki faktörlü bir üretim fonksiyonundan yola çıkarak yaptığı ikame esnekliği tanımı günümüzde ampirik çalışmalarda kullanılan ikame esnekliği ölçülerini açıklamak için en uygun başlangıç noktasını oluşturmaktadır. Hicks ikame esnekliğini

$$\sigma = \frac{d(x_2/x_1) f_1/f_2}{d(f_1/f_2) x_2/x_1} \quad (0.21)$$

şeklinde ifade etmektedir. Burada  $\sigma$ , girdi oranının marjinal teknik ikameye göre esnekliğidir. Hicks çalışmasında özel olarak emek ve sermaye arasındaki ikame edilebilirlik ilişkisi ve bu iki üretim faktörünün görelî gelir payları ile ilgilenmektedir. İkame esnekliğini değişken bir faktörün diğer faktörler ile ikame edilebilme kolaylığının ölçüsü olarak tanımlamaktadır. Bu ölçünün eş ürün eğrisinin kurtatürü ile belirlenen bir skalar ile karakterize edilebileceğini belirtmektedir. İki faktörlü bir üretim fonksiyonu için geliştirdiği bu esneklik ölçüsü  $(0, \infty)$  açık aralığında değerler almaktadır.  $\sigma$ 'nin görelî olarak yüksek değerleri ikamenin görelî olarak kolay olduğunu ifade ederken; düşük değerler ikamenin görelî olarak zor olduğuna işaret etmektedir. Hicks,  $\sigma$ 'nın 0, 1 ve  $\infty$  olduğu üç durumu tanımlamaktadır. Bu üç durum üç farklı üretim fonksiyonuna karşılık gelmektedir. Üretim fonksiyonun Leontief tipi teknoloji ile temsil edildiği durumda üretim faktörleri arasında ikame olanağı bulunmamaktadır, dolayısıyla  $\sigma = 0$  olmaktadır. Diğer yandan iki girdili Cobb–Douglas üretim fonksiyonu

$$f(x) = A x_1^{\alpha_1} x_2^{\alpha_2} \quad (0.22)$$

için marjinal teknik ikame oranı :

$$\frac{f_1}{f_2} = - \frac{\alpha_1 x_2}{\alpha_2 x_1} \quad (0.23)$$

şeklindedir. Buradan Hicks ikame esnekliği hesaplandığında  $\sigma = 1$  olacaktır. Son olarak  $f(x) = \gamma_1 x_1 + \gamma_2 x_2$  şeklinde ifade edilen doğrusal üretim fonksiyonu ile ilişkili eş ürün eğrisinin eğimi sabittir ve  $-\gamma_2/\gamma_1$ 'e eşittir. Eş ürün eğrisinin eğimi sabit olduğundan  $d \frac{f_1}{f_2} = 0$  ve bu durumda  $\sigma = \infty$  olmaktadır (Chambers, 1988).

$\sigma$  katsayısı, üretim faktörlerinin birinci ve ikinci sıra türevleri cinsinden aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir :

$$\sigma = \frac{-f_1 f_2 (x_1 f_1 + x_2 f_2)}{x_1 x_2 (f_{11} f_2^2 - 2 f_{12} f_1 f_2 + f_{22} f_1^2)} \quad (0.24)$$

$$\left( f_i = \frac{\partial f}{\partial x_i}, f_{ij} = \frac{\partial^2 f}{\partial x_i \partial x_j} \right)$$

Yukarıdaki ifadenin matris gösterimi şu şekildedir :

$$\sigma = \frac{x_1 f_1 + x_2 f_2}{x_1 x_2} + \frac{F_{12}}{F} \quad (0.25)$$

Bu ifadede  $F$  üretim fonksiyonun çitlenmiş Hessian matrisinin determinantını,  $F_{12}$  ise  $f_{12}$ 'nin kofaktör değerini temsil etmektedir. Üretim fonksiyonu iki kere türevlenebilir olduğundan Young Teoremi geçerlidir ve  $f_{12} = f_{21}$  eşitliği geçerlidir. Sonuç olarak  $\sigma$  ölçüsü simetrikdir :

$$\frac{dn(x_2/x_1)}{dln(f_1/f_2)} = \frac{dln(x_1/x_2)}{dln(f_2/f_1)} \quad (0.26)$$

Ayrıca iki girdili quasi-konkav bir üretim fonksiyonu için ikame esnekliği her zaman pozitifdir (Chambers,1988), tamamlayıcılık ilişkisi en az üç girdi olana kadar ortaya çıkmamaktadır (Hicks ve Allen, 1934a).

### 1.3.2. İkame Esnekliği Tanımının Genelleştirmeleri

Hicks'in iki faktörlü üretim fonksiyonu için geliştirdiği ikame esnekliği formülü önemli bir başlangıç noktası olmakla birlikte ampirik uygulanabilirlik için bu formülün  $n$  faktör için genelleştirilmesi gerekmektedir. Tam rekabet piyasası varsayımı altında kar maksimizasyonu yapan bir firma, marjinal teknik ikame oranının ( $f_i = f_j$ ) görelî fiyat oranına ( $p_i = p_j$ ) eşit olduğu noktada üretim yapacaktır. Bu durumda (1.21) nolu eşitlikte verilen teknolojik tanım ile aşağıdaki (1.27) nolu eşitlikte verilen davranışsal tanım aynıdır ve çok faktörlü tanımların temelini oluşturmaktadır<sup>15</sup> (Fronde1,2004) :

$$\sigma = \frac{\partial ln(x_1/x_2)}{\partial ln(p_2/p_1)} \quad (0.27)$$

#### 1.3.2.1. Direk İkame Esnekliği

İkame esnekliğinin ikiden fazla girdi için ilk genelleştirmesi Allen ve Hicks (1934b) çalışmasında yapılmıştır. Bu durumda üretim fonksiyonunda sadece iki girdi değil  $n$  sayıda girdi yer almaktadır :  $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  . Genelleştirme, çıktı ve diğer tüm girdiler sabitken orijinal formülün tüm girdi ikilileri arasındaki uygulamasını içermektedir. Bu durumda iki faktörlü durum çok faktörlü durumun özel bir durumu olarak ortaya çıkmaktadır ancak faktör fiyat oranındaki değişime tüm faktörlerin optimal

<sup>15</sup> Blackbory ve Russel (1989), bu esneklik tanımına Hicks İkame Esnekliği (HES) adını vermektedir.



uyarlanması hakkında bilgi vermediği için yetersiz kalmaktadır. Direk ikame esnekliği olarak adlandırılan bu esneklik,  $\sigma^D$  ile temsil edilir ve (1.21) nolu ifadedeki (1,2) yerine (i,j) yazdığımızda ve diğer tüm  $x_k$  ( $k \neq i, k \neq j$ ) sabitken aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır.

$$\sigma^D = \frac{d(x_j/x_i)}{d(f_i/f_j)} \frac{f_i/f_j}{x_j/x_i} \quad (0.28)$$

şeklinde ifade edilir (Chambers, 1988). Direk ikame esnekliği, Hicks'in orijinal ikame esnekliğinin teknolojik tanımından yola çıkarak geliştirilmiştir. Esneklik tanımını davranışsal tanım esas alınarak da geliştirmek mümkündür. Literatürde Hicks-Allen İkame Esnekliği (*HAES*) olarak adlandırılan bu geliştirme aşağıda verilmektedir :

$$HAES_{ij} = \frac{\partial \ln\left(\frac{x_i}{x_j}\right)}{\partial \ln\left(\frac{p_j}{p_i}\right)} = \frac{\partial \ln x_i}{\partial \ln\left(\frac{p_j}{p_i}\right)} - \frac{\partial \ln x_j}{\partial \ln\left(\frac{p_j}{p_i}\right)} \quad (0.29)$$

$i$  ve  $j$  dışındaki tüm faktörler ve çıktı sabitken,  $i$  ve  $j$  faktörlerinin görece fiyatındaki değişime aynı faktörlerin görece miktarlarının optimal uyarlanmasını göstermektedir. Hicks-Allen ikame esnekliği tanımı da direk ikame esnekliğinde olduğu gibi tüm faktörlerin optimal uyarlanması hakkında bilgi vermediği için yetersiz kalmaktadır.

### 1.3.2.2. Allen-Uzawa İkame Esnekliği

Allen (1938, syf:503)  $n$  faktörlü bir üretim fonksiyonu için iki faktör arasındaki ikame esnekliğini kısmi ikame esnekliği olarak tanımlamaktadır. Kısmi ikame esnekliği tanımı (1.25) nolu ifadenin  $n$  faktör için geliştirmesidir ve aşağıdaki şekilde ifade edilir :

$$\sigma_{ij} = \frac{\sum_i x_i f_i F_{ji}}{x_i x_j F} \quad (0.30)$$

(1.30) numaralı ifadede  $F$  çitlenmiş Hessian matrisinin determinantını,  $F_{ij}$ ,  $f_{ij}$  ile ilişkili kofaktör değerini temsil etmektedir (Chambers, 1988). Kısmi ikame esnekliğinin değeri, incelenen faktör ikililerine bağlıdır ve değişkendir.  $\sigma_{ij} > 0$  olan değerler analize konu olan faktör ikilisinin tamamlayıcı olduğuna işaret ederken;  $\sigma_{ij} < 0$  olan değerler faktörler arası ikame ilişkisini ifade etmektedir. Ayrıca Allen (1938), bir faktör ile diğer  $(n-1)$  adet faktör arasındaki kısmi ikame esnekliklerinin hepsinin negatif değerler alamayacağını belirtmektedir.

Uzawa (1962), Allen'ın primal üretim fonksiyonundan yola çıkarak geliştirdiği kısmi ikame esnekliğini dual maliyet fonksiyonunu<sup>16</sup> kullanarak yeniden tanımlamıştır. Ampirik çalışmalarda kullanım kolaylığı nedeniyle Uzawa'nın dual formülasyonu daha sık tercih edilmektedir ve bir süre sonra ilgili literatürde Allen-Uzawa İkame Esnekliği (AES)<sup>17</sup> adı ile kullanılmaya başlanmıştır. Girdi fiyatlarının  $p$  ile temsil edildiği  $C$  maliyet fonksiyonu ve  $y$  çıktı düzeyi için Uzawa kısmi ikame esnekliği şu şekilde tanımlanmaktadır :

$$AES_{ij} = \frac{C(y, p)C_{ij}(y, p)}{C_i(y, p)C_j(y, p)} \quad (0.31)$$

$$(C_i = \frac{\partial C}{\partial p_i}, C_j = \frac{\partial C}{\partial p_j}, C_{ij} = \frac{\partial^2 C}{\partial p_i \partial p_j})$$

Allen (1938), kısmi ikame esnekliğinin, üretim faktörleri talebinin fiyat esnekliği ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Talebin çapraz fiyat esnekliği, veri çıktı düzeyi için

<sup>16</sup> Uzawa, esneklik tanımında birim maliyet fonksiyonunu kullanmaktadır.

<sup>17</sup>Allen-Uzawa İkame Esnekliği, birçok çalışmada AES kısaltması ile raporlanmakta olup AUES kısaltmasını kullanan çalışmalara da rastlanmaktadır.

diğer fiyatlar sabitken tek bir  $j$  faktörünün fiyatındaki değişimin,  $i$  faktörünün talebi üzerine etkisi üzerine odaklanmaktadır. Matematiksel olarak :

$$\varepsilon_{ij} = \frac{\partial \ln x_i}{\partial \ln p_j} = \frac{p_j}{x_i} \frac{\partial x_i}{\partial p_j} = \frac{p_j}{x_i} \frac{\partial C_i}{\partial p_j} = \frac{p_j}{x_i} C_{ij} \quad (0.32)$$

şeklindedir. Bu ifadeyi  $x_j$  ve  $C$  ile çarpıp böldüğümüzde ve Shephard Lemma'sını uyguladığımızda :

$$\varepsilon_{ij} = \frac{p_j x_j}{C} \frac{C C_{ij}}{x_i x_j} = \frac{p_j x_j}{C} \frac{C C_{ij}}{C_i C_j} = s_j \frac{C C_{ij}}{C_i C_j} \quad (0.33)$$

$$\varepsilon_{ij} = s_j \sigma_{ij} \quad (0.34)$$

$$\sigma_{ij} = \frac{1}{s_j} \varepsilon_{ij} \quad (0.35)$$

$$(s_j = p_j x_j / C)$$

olarak elde edilir. Allen-Uzawa ikame esnekliği, çapraz fiyat esnekliğinin faktör payına bölünmesi ile elde edilen türetilmiş bir talep esnekliğidir. Faktör maliyet payı her zaman pozitif olduğundan ( $s_j > 0$ ) çapraz fiyat esnekliği ile Allen-Uzawa ikame esnekliği her zaman aynı işarete sahiptir. Dolayısıyla çapraz fiyat esnekliğine göre ikame olan faktör ikilisi, Allen-Uzawa ikame esnekliğine göre de her zaman ikamedir. Blackbory ve Russel (1989), iki esneklik arasındaki bu ilişki nedeniyle Allen-Uzawa ikame esnekliğinin nicel bir ölçü olarak hiçbir anlam ifade etmediğini; nitel bir ölçü olarak da çapraz fiyat esnekliğinin ek bir bilgi içermediğini dolayısıyla bilgilendirici olmayan bir ölçü olduğunu ifade etmektedir.

Blackbory ve Russel (1989)'ın, Allen-Uzawa ikame esnekliğini eleştirdiği diğer bir konu ilgili ikame esnekliğinin Hicks ikame esnekliğinin orijinal özelliklerini korumamasıdır. Allen-Uzawa ikame esnekliği iki nedenle Hicks ikame esnekliğinin özelliklerini korumamaktadır. İlk olarak orijinal esneklik tanımında görelî fiyat değişimlerinin görelî miktar üzerindeki etkisi incelenmektedir ve bu esneklik Mundlak (1968) sınıflandırmasında görelî iki faktör – iki fiyat ikame esnekliği kategorisine girmektedir. Türetilmiş bir talep esnekliği olan Allen-Uzawa ikame esnekliği ise aynı sınıflandırmaya göre bir fiyat – bir faktör ikame esnekliği kategorisine dahildir ve görelî faktör paylarına ilişkin bir bilgi içermemektedir. İkinci olarak ikame esnekliği Hicks'in orijinal tanımında eş ürün eğrilerinin kurvatürü ile belirlenen bir skalar olarak tanımlanmaktadır. Allen-Uzawa ikame esnekliği ise kurvatür ölçüsü değildir (Blackbory ve Russel, 1989). Dual maliyet fonksiyonu kullanılarak elde edilen Allen-Uzawa ikame esnekliğinde maliyeti minimize eden çıktı düzeyi örtük olarak veri alınmıştır ancak maliyet sabit değildir. Dolayısıyla Allen-Uzawa ikame esnekliği, faktör-fiyatı sınırının<sup>18</sup> kurvatürünü ölçmemektedir (FrondeI, 2004).

Maliyet fonksiyonu  $C$ 'nin iki kere türevlenebilir olduğu varsayımı altında (1.35) numaralı ifade simetriktir ( $\sigma_{ij} = \sigma_{ji}$ ). Blackbory ve Russel (1989), iki faktörlü analizde faktörler arası ikame esnekliğinin simetrik olduğunu ancak  $n$  faktör için genelleme yapıldığında simetrinin doğal bir özellik olmaktan çıktığını belirtmektedir. Allen-Uzawa ikame esnekliğinin simetrik olması ikame ilişkisinin yönünün tespit edilmesine imkan vermemesi (Constantini ve Pagliaunga,2014) ve kısıtlayıcı bir öncül varsayım olması (FrondeI, 2004) nedenleri ile eleştirilmektedir. Koetse (2008) ise fiyat değişimlerinin faktör taleplerini farklı mekanizmalar ile etkileyeceğini belirterek simetrik esnekliğin gerçekçi olmadığını vurgulamaktadır. Çapraz fiyat esnekliği ise Allen-Uzawa ikame esnekliğinden farklı olarak simetrik bir esneklik değildir ( $\varepsilon_{ij} \neq \varepsilon_{ji}$ ). Bu durumda iki faktör arasındaki ikame – tamamlayıcılık ilişkisi hangi faktörün fiyatının değiştiğine bağlı olarak tanımlanmaktadır.

---

<sup>18</sup> Faktör fiyat sınırı, bazı kaynaklarda eş maliyet ya da birim eş maliyet doğrusu olarak adlandırılmaktadır (Chambers, 1988).

### 1.3.2.3. Morishima İkame Esnekliği

Morishima ikame esnekliği, Hicks ikame esnekliğinin  $n > 2$  faktörlü bir üretim fonksiyonu için yapılan diğer bir genelleştirilmiş esneklik tanımıdır. Morishima ikame esnekliği tanımı Morishima (1967) ve Blackbory ve Russel (1975) tarafından bağımsız olarak geliştirilmiştir<sup>19</sup>. (1.21) numaralı davranışsal denklemden yola çıkarak Morishima ikame esnekliği tanımı aşağıdaki şekilde ifade edilebilir :

$$\frac{\partial \ln(x_i/x_j)}{\partial \ln(p_j/p_i)} = \frac{\partial \ln(x_i/x_j)}{p_i/p_j \partial (p_j/p_i)} = \frac{\partial \ln(x_i/x_j)}{p_i/p_j \cdot 1/p_i \partial p_j} = \frac{\partial \ln(x_i/x_j)}{\partial \ln p_j} = MES_{ij} \quad (0.36)$$

Morishima ikame esnekliği, diğer tüm fiyatlar sabitken sadece  $j$  girdisinin fiyatı oransal olarak değiştiğinde  $x_i/x_j$  oranında ortaya çıkan yüzde değişimi ölçmektedir.  $MES_{ij} > 0$  ise iki faktör MES-ikame olarak adlandırılırken;  $MES_{ij} < 0$  ise faktörler MES-tamamlayıcıdır. Blackbory ve Russel (1989), Morishima ikame esnekliğinin Allen-Uzawa ikame esnekliğinin aksine, kurvatür ve ikame kolaylığının tam bir ölçüsü olduğunu belirtmektedir.

(1.36) numaralı ifadeden yola çıkarak Morishima ikame esnekliği, aşağıdaki şekilde de ifade edilebilir :

$$\begin{aligned} MES_{ij} &= \sigma_{ij}^M = \frac{\partial \ln(x_i/x_j)}{\partial \ln p_j} \\ &= \frac{\partial \ln(x_i - \ln x_j)}{\partial p_j} \end{aligned} \quad (0.37)$$

<sup>19</sup> Morishima'nın orijinal makalesi Japonca yazılmış olup İngilizce çevirisi yapılmamıştır. Blackbory ve Russel bu esneklik ölçüsüne Morishima'ya itafen Morishima İkame Esnekliği ismini vermişlerdir.

$$\begin{aligned}
&= \frac{\partial \ln x_i}{\partial \ln p_j} - \frac{\partial \ln x_j}{\partial \ln p_j} \\
&= \varepsilon_{ij} - \varepsilon_{jj}
\end{aligned}$$

Yukarıdaki ifade Morishima ikame esnekliği ile talebin çapraz fiyat esnekliği ve kendi fiyat esnekliği arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Bu ifadeye göre Morishima ikame esnekliği, diğer fiyatlar sabitken fiyatı değişen faktörün ( $j$ ) çapraz fiyat esnekliği ile kendi fiyat esnekliği arasındaki farka eşittir. İki faktörün Morishima ikame esnekliğine ve çapraz fiyat esnekliğine göre ikame ya da tamamlayıcı olması fiyat esnekliklerinin mutlak değerlerine bağlıdır. Talep yasası gereği bir faktörün kendi fiyat esnekliği her zaman negatif olduğundan ( $\varepsilon_{jj} < 0$ )  $-\varepsilon_{jj}$  ifadesi her zaman pozitifdir. Eğer  $|\varepsilon_{ij}| > |\varepsilon_{jj}|$  ise çapraz fiyat esnekliğine göre ikame olan iki faktör Morishima ikame esnekliğine göre de ikamedir; diğer yandan  $|\varepsilon_{ij}| < |\varepsilon_{jj}|$  ise çapraz fiyat esnekliğine göre ikame olan iki faktör Morishima tamamlayıcıdır. Allen-Uzawa ikame esnekliği ve çapraz fiyat esnekliğine göre tamamlayıcı olan iki faktör için fiyatın değişen faktörün kendi fiyat esnekliği yeterince yüksek ise Morishima ikame esnekliğine göre faktörler ikame olacaktır. Ayrıca Morishima ikame esnekliğinin sayısal değeri her zaman çapraz fiyat esnekliğinin sayısal değerinden büyüktür ( $\sigma_{ij}^M > \varepsilon_{ij}$ ).

İkame esnekliği sınıflandırmalarında çapraz fiyat esnekliği ve Morishima ikame esnekliği farklı sınıflara dahil olmaktadır. Frondel (2004), çapraz fiyat esnekliğinin mutlak bir ikame esnekliği; Morishima ikame esnekliğinin ise görelî bir ikame esnekliği olduğunu belirtmektedir. Ayrıca Morishima ikame esnekliği, Mundlak (1968) ikame esnekliği sınıflandırmasına göre “iki miktarlı-bir fiyatlı” bir ikame esnekliği iken çapraz fiyat esnekliği aynı sınıflandırmaya göre “bir fiyatlı –bir miktarlı” bir ikame esnekliğidir.

Morishima ikame esnekliğinin çapraz fiyat esnekliği ile aynı ancak Allen-Uzawa ikame esnekliğinden farklı bir özelliği asimetrik bir esneklik ölçüsü ( $MES_{ij} \neq MES_{ji}$ ) olmasıdır. Bu durumda faktörler arası ikame ilişkisinin belirlenmesinde hangi faktörün fiyatının değiştiği önem kazanmaktadır.  $i$  ve  $j$  gibi iki üretim faktörü için,  $j$  faktörünün

fiyatı  $p_j$ 'nin fiyatındaki değişime göre Morishima tamamlayıcı olan iki faktör ( $MES_{ij} < 0$ );  $p_i$  fiyat değişimine göre Morishima ikame ( $MES_{ji} > 0$ ) olabilmektedir.

Morishima ikame esnekliği, Allen - Uzawa ikame esnekliğinde olduğu gibi hem primal üretim fonksiyonu ile hem de dual maliyet fonksiyonu ile ifade edilebilmektedir. Chambers (1988), primal üretim fonksiyonu ile Morishima ikame esnekliğini aşağıdaki şekilde göstermektedir :

$$\sigma_{ij}^M = \frac{f_j}{x_i} \frac{F_{ij}}{F} - \frac{f_j}{x_j} \frac{F_{ij}}{F} \quad (0.38)$$

Diğer yandan Blackbory ve Russel (1981), çalışmalarında düzenleyicilik koşullarını<sup>20</sup> sağlayan  $C$  maliyet fonksiyonu için dual maliyet fonksiyonundan yola çıkarak Morishima ikame esnekliğini aşağıdaki şekilde ifade etmektedir :

$$\sigma_{ij}^M = \frac{p_j C_{ij}}{C_i} - \frac{p_j C_{jj}}{C_j} \quad (0.39)$$

Shephard Lemma'sını dikkate aldığımızda yukarıdaki (1.39) numaralı ifade (1.40) numaralı ifadeye eşit olmaktadır (Frondele, 2004).

$$\begin{aligned} \frac{p_j C_{ij}}{C_i} - \frac{p_j C_{jj}}{C_j} &= \frac{p_j}{x_i} \frac{\partial x_i}{\partial p_j} - \frac{p_j}{x_j} \frac{\partial x_j}{\partial p_j} \\ &= \frac{\partial \ln x_i}{\partial \ln p_j} - \frac{\partial \ln x_j}{\partial \ln p_j} \\ &= \frac{\partial \ln(x_i/x_j)}{\partial \ln p_j} \end{aligned} \quad (0.40)$$

<sup>20</sup> Regularite koşulları, maliyet fonksiyonunun sürekli ve azalmayan olması ile fiyatlarda doğrusal homojen ve konkav olması anlamında kullanılmıştır.

$$= MES_{ij}$$

Çapraz fiyat esnekliği ile Allen-Uzawa ikame esnekliği arasındaki ilişkiden yararlanarak Allen-Uzawa ikame esnekliği ile Morishima ikame esnekliğini de ilişkilendirebiliriz :

$$\varepsilon_{ij} = s_j \sigma_{ij} \quad (0.41)$$

$$\varepsilon_{jj} = s_j \sigma_{jj} \quad (0.42)$$

$$\sigma_{ij}^M = \varepsilon_{ij} - \varepsilon_{jj} = s_j (\sigma_{ij} - \sigma_{jj}) \quad (0.43)$$

(1.43) numaralı ifadede Allen Uzawa ikame esnekliği ile Morishima ikame esnekliği arasında kurulan matematiksel ilişki, iki esnekliğin faktörleri ikame ve tamamlayıcı olarak sınıflandırmalarına dair sonuçlar içermektedir. Her zaman  $\sigma_{jj} < 0$  olduğundan iki girdinin AES-ikame olması ( $\sigma_{ij} > 0$ ) aynı zamanda MES-ikame ( $\sigma_{ij}^M > 0$ ) olması anlamına gelir. Diğer yandan iki faktör AES–tamamlayıcı ise ( $\sigma_{ij} < 0$ ) faktörlerin MES-ikame ya da MES-tamamlayıcı olması  $\sigma_{ij}$  ve  $\sigma_{jj}$  ikame esnekliklerinin mutlak değerleri arasındaki ilişkiye bağlı olarak değişmektedir (örneğin iki AES-tamamlayıcı faktör,  $|\sigma_{jj}| > |\sigma_{ij}|$  ise MES-ikamedir) . Yani Allen-Uzawa ikame esnekliğine göre ikame olan iki faktör her zaman Morishima ikame esnekliğine göre ikamedir ancak Allen Uzawa ikame esnekliğine göre tamamlayıcı olan iki faktör, Morishima ikame esnekliğine göre ikame ya da tamamlayıcı olabilir.

#### 1.3.2.4. Gölge İkame Esnekliği

Gölge fiyat esnekliği, McFadden'in 1963 yılındaki çalışmasında türetilen “iki faktörlü – iki fiyatlı” bir fiyat esnekliğidir. Gölge fiyat esnekliği, iki faktörü de fiyatındaki görelî değişimin iki faktörün görelî miktarı üzerindeki etkisini ölçmektedir. Chambers (1988), bu ikame esnekliğinin, görelî fiyatların yanı sıra görelî miktarı da dikkate alması nedeniyle görelî girdi duyarlılığı açısından daha bütüncül bir resim ortaya koyduğunu



belirtmektedir. Alarcon (2005) ise “iki faktörlü–iki fiyatlı” bir esneklik ölçüsü olarak gölge ikame esnekliğinin, Hicks’in orijinal ikame esnekliğine daha yakın bir ikame esnekliği olduğunu ifade etmektedir.

Gölge ikame esnekliği, çıktı düzeyine ek olarak maliyeti de sabit kabul etmektedir<sup>21</sup>. Buna göre McFadden (1963),  $p = (p_1, p_2, \dots, p_n)$  fiyat vektörü için veri  $y$  çıktı düzeyinde maliyet minimize eden veri  $C = f(y, p)$  klasik maliyet fonksiyonu<sup>22</sup> için  $i$  ve  $j$  üretim faktörleri ikilisi arasındaki gölge ikame esnekliğini aşağıdaki şekilde ifade etmektedir<sup>23</sup> :

$$\sigma_{ij}^{SES} = \frac{-C_{ii}/C_i^2 + 2C_{ij}/C_i C_j - C_{jj}/C_j^2}{\frac{1}{p_i C_i} + \frac{1}{p_j C_j}} \quad (0.44)$$

Diğer yandan Chambers (1988), gölge fiyat esnekliğinin Morishima ikame esnekliklerinin ağırlıklandırılmış bir ortalaması olarak da ifade edilebileceğini göstermektedir. Diyelim ki  $i$  ve  $j$  faktör fiyatları değişsin ( $p_i$  ve  $p_j$ )<sup>24</sup>. Bu durumda,

$$\hat{x}_i(p, y) = \varepsilon_{ii} \hat{p}_i + \varepsilon_{ij} \hat{p}_j \quad (0.45)$$

$$\hat{x}_j(p, y) = \varepsilon_{ji} \hat{p}_i + \varepsilon_{jj} \hat{p}_j \quad (0.46)$$

olarak yazılabilir. İki ifadeyi birbirinden çıkardığımızda :

$$\hat{x}_i(p, y) - \hat{x}_j(p, y) = (\varepsilon_{ii} - \varepsilon_{ji}) \hat{p}_i + (\varepsilon_{ij} - \varepsilon_{jj}) \hat{p}_j \quad (0.47)$$

<sup>21</sup> Bu durumda ilgi tamamen veri faktör fiyat sınırının üzerindeki harekete odaklanmaktadır (Chambers, 1988).

<sup>22</sup> McFadden (1963), sürekli ikinci derece türevlenebilir ve veri  $y$  düzeyinde  $p$  fiyatlarda birinci sıra türevi pozitif, pozitif doğrusal homojen ve kesin quasi konkav olan maliyet fonksiyonunu klasik maliyet fonksiyonu olarak tanımlamaktadır.

<sup>23</sup> Formülde kullanılan notasyonlar, tezin bütünlüğü ile uyum sağlayacak şekilde orijinal makaleden uyarlanmıştır.

<sup>24</sup> Şapka işareti yüzde değişimi temsil etmektedir ayrıca  $\hat{x} = d \ln x$  olarak tanımlıdır.

$$= \sigma_{ij}^M \hat{p}_j - \sigma_{ji}^M \hat{p}_i \hat{p}_j$$

eşitliği elde edilir. Bu eşitlikten yola çıkarak ilgili “iki faktörlü-iki fiyatlı” esnekliği, eşitliğin sol tarafını görelî fiyat değişimine bölerek elde edebiliriz :

$$\frac{\hat{x}_i(p, y) - \hat{x}_j(p, y)}{\hat{p}_j - \hat{p}_i} = \sigma_{ij}^M \frac{\hat{p}_j}{\hat{p}_j - \hat{p}_i} - \sigma_{ji}^M \frac{\hat{p}_i}{\hat{p}_j - \hat{p}_i} \quad (0.48)$$

Bu durumda “iki-faktörlü-iki-fiyatlı” ikame esnekliği, Morishima ikame esnekliğinin ağırlıklandırılmış bir ortalaması olarak karşımıza çıkmaktadır. Shephard Lemma’sını kullanarak

$$\hat{c}(p, y) = s_i \hat{p}_i + s_j \hat{p}_j \quad (0.49)$$

ifadesini elde ederiz. Sonuç olarak veri çıktı ve maliyet düzeyi için gölge fiyat esnekliği :

$$\sigma_{ij}^S = \frac{s_i}{s_i + s_j} \sigma_{ij}^M + \frac{s_j}{s_i + s_j} \sigma_{ji}^M \quad (0.50)$$

şeklinde ifade edilir. Bu ifadeye göre gölge ikame esnekliği, Morishima ikame esnekliğinin görelî faktör payları ile ağırlıklandırılmış halidir<sup>25</sup>. Diğer yandan gölge ikame esnekliği, Allen-Uzawa ikame esnekliği cinsinden de ifade edilebilmektedir (Alarcon, 2005) :

$$\sigma_{ij}^S = \frac{s_i s_j (2\sigma_{ij} - \sigma_{ii} - \sigma_{jj})}{(s_i + s_j)} \quad (0.51)$$

---

<sup>25</sup> Morishima ikame esnekliği ile gölge ikame esnekliği arasındaki ilişkinin alternatif bir ispatı için Frondel (2011) çalışması incelenebilir.

Gölge ikame esnekliği, Morishima ikame esnekliğinden farklı olarak simetrik bir esneklik tanımıdır.

## 2. BÖLÜM

### LİTERATÜR

#### 2.1 LİTERATÜRE GENEL BİR BAKIŞ

Üretim faktörleri arasındaki ikame ilişkinin 1970’li yılların ortalarına kadar sermaye ve emek çerçevesinde incelendiği, 1970’li yılların ortalarından itibaren ise enerjinin de üretim fonksiyonuna dahil edildiği çalışmaların yapılmaya başladığı görülmektedir. Petrol krizi sonrasında yaşanan enerji kıtlığı ve enerji fiyatlarındaki artış araştırmacıları özellikle enerji ve sermaye arasındaki ilişkinin doğasını anlamaya yöneltmiştir. Bu ilişkiyi belirlemenin, sermaye oluşumu, yatırım politikaları, ekonomik büyüme, enerji tasarruf ve vergi politikaları ile çevre politikalarının sonuçlarını ön görme ve değerlendirme açısından önemli olması sermaye ve enerji ilişkisi çalışmalarının önemini arttırmaktadır.

Berndt ve Wood (1975), enerji ve enerji dışındaki üretim faktörleri arasındaki ikame olanaklarını araştıran ilk makaledir. Çalışmada 1947 – 1971 yıllarını kapsayan yıllık veri kullanılarak Amerika Birleşik Devletleri imalat sanayi için enerji ve enerji dışı girdiler arası ikamenin varlığı araştırılmaktadır. Dört faktörlü translog maliyet fonksiyonundan hareketle elde edilen Allen – Uzawa esneklikleri, analize konu olan dönem için enerji ve sermayenin tamamlayıcı olduğunu göstermektedir. Griffin ve Gregory (1976) ise Berndt ve Wood (1975) çalışmasında elde edilen sonuçların genelliğini imalat sanayi için uluslar arası havuzlanmış veri<sup>26</sup> kullanarak sorgulamaktadır. Bu çalışmada Berndt ve Wood (1975)’un çalışmasından farklı olarak sermaye ve enerjinin ikame faktörler olduğu sonucuna varılmıştır.

Takip eden çalışmalarda Fuss (1977) ve Magnus (1979) sermaye ve enerjinin tamamlayıcı olduğu sonucuna ulaşırken; Pindyck (1979) ve Özatalay vd. (1979) sermaye ve enerjinin ikame edilebilir olduğu sonucuna varmışlardır. İlgili yazının ilk

---

<sup>26</sup> 1955 – 1969 yılları arasında dokuz sanayileşmiş ülkenin imalat sektörü verisi kullanılmıştır. Çalışma, esas olarak yatay kesit değişimlerine dayanmakla birlikte; 1955, 1960, 1965 ve 1969 yılları için dört zaman serisi gözlemi mevcuttur.

zamanlarında ortaya çıkan bu ayrışma, ilerleyen dönemlerde sermaye enerji ikame edilebilirliği literatürünün genel bir özelliği olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle sonuçların neden farklılaştığını açıklamaya yönelik çalışmalar sermaye enerji ikame edilebilirliği literatürünün önemli bir parçası haline gelmiştir.

Berndt ve Wood (1975) (B-W) ve Griffin ve Gregory (1976) (G-G) analizlerinin sonuçları arasındaki farkın iki olası nedeni olduğu düşünülmektedir. Bunlardan ilki, kullanılan verinin niteliğidir. İmalat sanayi için B-W çalışmasının kullandığı benzer metodolojiyi, zaman serisi yerine yatay kesit verisine uygulayan G-G, elde ettikleri sonuçların uzun dönemli sonuçları yansıttığını; zaman serisi verisi kullanılarak yapılan ilk çalışmanın ise kısa dönem esneklikleri yansıttığını ifade etmektedirler.

Üretim sürecinde sermaye ve enerji ilişkisini araştıran çalışmalar arttıkça ilgili literatüre farklı niteliklerde veri kullanan birçok çalışma eklenmiştir. Bu çalışmalar kullanılan veri niteliği açısından incelendiğinde zaman serisi çalışmalarının çoğunlukla sermaye ve enerjinin tamamlayıcı olduğu sonucuna ulaştığı; yatay kesit çalışmalarında ise genellikle ikame edilebilirlik tespit edildiği görülmektedir. Apostolakis (1990), ampirik çalışmalarda sert ayrışmaların kullanılan verinin niteliği ile açıklanmasının yeterli olmadığını bu ayrışmayı anlayabilmemiz için daha ayrıntılı araştırmaların yapılması gerektiğini vurgulamaktadır. Nitekim bu genellemeye uymayan çalışmaların varlığı söz konusu açıklamanın yetersiz olduğunu doğrulamaktadır.

B-W ile G-G çalışma sonuçlarındaki farklılığın ikinci olası sebebi ise üretim fonksiyonuna hangi üretim faktörlerinin dahil edildiği ile ilgilidir. İlgili literatürde veri kısıtlaması olduğu durumlarda üretim faktörlerinden malzemenin (*material*) örtük ya da açıkça zayıf ayrıştırılabilir<sup>27</sup> olduğu varsayılarak üretim fonksiyonuna dahil edilmediği görülmektedir. Koetse vd. (2008), gerçek hayatta bu ayrışmanın mümkün olmaması durumunda tahmin edilen üretim fonksiyonu parametrelerinin sapmalı olacağını belirtmektedir. Benzer şekilde Frondel ve Schmidt (2002) ise statik translog yaklaşımında

<sup>27</sup> Zayıf ayrıştırılabilirlik :  $f(x)$  şeklinde tanımlanan bir üretim fonksiyonunda  $n$  girdi  $S$  farklı gruba bölünmüş olsun.  $S$  grubundaki herhangi iki girdi arasındaki marjinal teknik ikame oranı,  $s$  grubu dışındaki bir grupta yer alan herhangi bir girdiden etkilenmiyorsa söz konusu üretim fonksiyonu zayıf ayrıştırılabilir (Berndt ve Christensen, 1973).

faktörler arası ikamenin belirlenmesinde maliyet payının önemine vurgu yaparak, bu durumda bir üretim faktörünün analiz dışında bırakılmasının maliyet paylarını değiştirerek sonuçları etkileyeceğini ifade etmektedir. Nitekim Tovar ve Iglesias (2013), malzeme ile ilgili tartışmadan yola çıkarak malzemenin dahil olduğu ve olmadığı iki ayrı model tahmin etmiş ve çapraz fiyat esnekliğinde faktör paylarının belirleyici olduğunu doğrulamışlardır.

Öncü çalışmaların sonuçlarındaki farklılıklar veri niteliği ve dışlanmış faktör ile açıklanmış ancak çalışma sayısı arttıkça olası açıklamalar da çeşitlenmiştir. İlgili literatürdeki farklı sonuçların, üretim faktörlerinin toplulaştırılması ya da ayrıştırılması, teknoloji ile ilgili varsayımlar, ülkeler ve sektörlere özgü sonuçlar ile açıklandığı görülmektedir. Üretim faktörlerinin ayrıştırılması ilgili üretim faktörünün tek bir toplu değişken olarak değil, üretim faktörünün niteliklerine göre ayrıştırılarak üretim fonksiyonuna dahil edilmesidir. Literatürde toplulaştırılmış üretim faktörleri ile yapılan çok sayıda çalışma olduğu gibi ayrıştırılmış faktörler ile de yapılan birçok çalışmaya rastlanmaktadır.

Field ve Grebenstein (1980), sermaye faktörünün ayrıştırılmasının enerji-sermaye ilişkisini etkileyebileceğini öne süren ilk çalışma olarak karşımıza çıkmaktadır. Çalışmalarında sermayeyi üretken sermaye (yapı ve malzeme) ve işletme sermayesi olarak ayrıştırmışlar; üretken sermaye ile enerjinin tamamlayıcı, enerji ve işletme sermayesinin ise ikame olduğunu tespit etmişlerdir. Benzer şekilde Garafola ve Malhatro (1988), bina ve makine sermayesini tek bir sermaye değişkeni altında toplulaştırmanın enerji ve sermaye arasındaki ikame esnekliği hesaplamalarında sapmalara neden olabileceğini ifade etmektedirler. Nitekim ayrıştırılmış sermaye faktörleri için ikame esneklikleri ayrı ayrı hesaplanmış ve enerjinin bina sermayesi ile tamamlayıcılık ilişkisi; makine ile ise ikame ilişkisi olduğu belirlenmiştir. Toplulaştırılmış sermaye değişkeni için hesaplanan ikame esneklikleri ise enerji ve sermaye faktörlerinin tamamlayıcı olduğunu göstermektedir. Diğer yandan Arnberg ve Bjoner (2007), sermayeyi makine ve bina olarak ayrıştırmış ancak Garafola ve Malhatro (1988)'den farklı olarak bina sermayesini kısa dönemde sabit kabul etmişlerdir. Çalışmanın sonucunda makine

sermayesinin yatay kesit analizinde enerji ile ikame; zaman serisi analizinde ise tamamlayıcı olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Morrison (1993), sermaye faktörünü ayrıştırarak ikame esnekliği hesaplayan diğer bir çalışmadır. Yüksek teknoloji kullanan sermaye, bina ve malzeme olarak ayrıştırılan sermaye ile enerji arasındaki ikame esneklikleri hesaplandığında; yüksek teknoloji kullanan sermaye ile enerjinin tamamlayıcı olduğu; diğer sermaye birleşenlerinin ise genel olarak ikame olduğu tespit edilmiştir. Kim ve Heo (2013) ise hem sermayeyi hem de enerjiyi alt bileşenlerine ayırarak sermaye ve enerji arasındaki ikame esnekliklerini hesaplamışlardır. Elektrik talebini arttıran sermaye ve elektrik talebini arttırmayan sermaye ile elektrik ve yakıt arasındaki esneklikleri hesapladıkları çalışmalarında, her iki sermayenin de elektrik ile ikame olduğu ülkeler olduğu gibi çoğunlukla her iki sermayenin yakıt ile tamamlayıcı olma eğiliminde olduğunu belirlemişlerdir. Tüm bu çalışmalar göstermektedir ki sermayenin ayrıştırılması, enerji ve sermaye ilişkisi sonuçlarını etkilemektedir.

Emek faktörünü ayrıştıran tek çalışmada Berndt ve Morrison (1979), B-W verisini kullanarak emek faktörünü mavi yakalı ve beyaz yakalı olarak ayırmaktadırlar. Çalışmada panel veri seti ve 1971 yılı için yatay kesit kullanılarak yapılan esneklik hesaplarına yer verilmiştir. Her iki veri seti için de enerji ile mavi yakalı emeğin ikame; beyaz yakalı emeğin ise tamamlayıcı olduğu tespit edilmiştir. Enerji ve sermaye faktörleri arasında ise B – W makalesinde olduğu gibi tamamlayıcılık belirlenmiştir. Sonuçlar, enerji sermaye ilişkisinde emek faktörünün ayrıştırılmasının etkili olmadığına işaret etmektedir.

Griffin ve Gregory (1976)'nin de belirttiği gibi Berndt ve Wood (1975) çalışması öncesinde enerji talep modelleri, faktörler arası ikameye değil farklı enerji kaynakları (yakıtlar arası) arasındaki ikame olanaklarına odaklanmaktadır. Yakıtlar arası ikame edilebilirliğin boyutlarını inceleyen çalışmalarda enerji faktörü farklı yakıt türlerine göre ayrıştırılmakta ve bir yakıtın fiyatındaki değişimin diğer yakıtların talebini nasıl

etkilediği araştırılmaktadır<sup>28</sup>. Bu ilişkinin belirlenmesi özellikle son dönemde enerji vergi politikalarının ve karbon vergisi uygulamalarının etkilerinin tespit edilmesi açısından önem taşımaktadır. İlgili literatür incelendiğinde yakıtlar arası ikame edilebilirlik ile enerji-sermaye ikame edilebilirliği literatürünün zaman zaman iç içe geçtiği görülmektedir. Örneğin Fuss (1977), Pindyck (1979), Pitt (1983) ve Bardazzi vd. (2015) çalışmalarında faktörler arası ikame ve yakıtlar arası ikameyi iki ayrı maliyet fonksiyonu ile tahmin etmektedirler. İki aşamalı yapılan maliyet fonksiyonu tahminlerinde yakıtlar arası ikame faktörler arası ikameyi etkilememektedir. Sermaye-enerji ikame edilebilirliği literatüründe verilerin imkan verdiği ölçüde enerji faktörünün ayrıştırıldığı görülmektedir. Bu ayrıştırma alternatif enerji kaynaklarının birbirleri yerine kullanım olanaklarını belirlememize yardımcı olmakla birlikte sermaye-enerji ilişkisini etkilememektedir.

Farklı sonuçlara neden olan bir diğer konu analizlerde yapılan teknoloji varsayımlarıdır. İlk dönem çalışmalarında [Berndt ve Wood (1976), Griffin ve Gregory (1976), Fuss (1977), Pindyck (1979), Field ve Grebenstein (1980), Hunt (1984)] doğal teknolojik gelişme<sup>29</sup> varsayımı yapmaktadırlar. Turnovsky (1982), açıkça doğal olmayan teknolojik gelişme varsayımı yapan ilk çalışmadır. Bu çalışmadan yola çıkarak Hunt (1986), daha önceki analizini [Hunt (1984)] teknolojik gelişmeyi modelleyerek tekrarlamıştır. Doğal teknolojik gelişme varsayımı altında sermaye ve enerji faktörlerinin tamamlayıcı olduğu tespit edilirken; doğal olmayan teknolojik gelişme varsayımı altında iki faktör ikamedir. Kintis ve Panas (1989) da teknolojiyi temsil eden alternatif seçenekler arasında doğal olmayan teknolojik gelişimin kendi veri setlerine en uygun seçenek olduğunu belirlemişlerdir.

Koetse (2008), teknolojik değişim parametrelerinin üretim fonksiyonunda önemli kontrol değişkenleri olduğunu bu parametreleri dahil etmemenin tahmin edilen esneklikler üzerinde etkisi olabileceğini belirtmektedir. Broadstock (2008) de farklı teknoloji varsayımlarının farklı ikame esnekliği sonuçları verdiği görüşünü desteklemektedir. Son

<sup>28</sup> Yakıtlar arası ikame edilebilirlik literatürü için bkz : Stern (2012)

<sup>29</sup> Doğal teknolojik gelişme : Hicks'e göre sabit bir sermaye oranında, sermayenin marjinal ürünün emeğin marjinal ürüne oranı değişmiyorsa doğal bir teknolojik gelişme söz konusudur.



dönem yapılan çalışmalarda [Woodland (1993), Yi (2000), Medina vd (2001) , Haller ve Hyland (2014), Bardazzi (2015) ve Roy vd (2006)] doğal teknolojik gelişme varsayımı yapılırken; Kim ve Heo (2013) ile Tovar ve Iglesias (2013) çalışmalarında doğal olmayan teknolojik gelişme varsayımı yapmışlardır. Alternatif teknolojik gelişme varsayımlarının sonuçları etkilediği kabul edilmekte birlikte uygulamada alternatif teknolojik gelişme hipotezlerinin sınanmadığı görülmektedir.

Son olarak ikame esnekliklerinin ülkeler ve sektörler arasında da farklılaştığı görülmektedir. Esnekliklerin, çoğunlukla gelişmiş ülkeler için yapılan tek ülkeli çalışmalar<sup>30</sup> ya da çok ülkeli çalışmalar<sup>31</sup> ile hesaplandığı görülmekle birlikte gelişmekte olan ülkeler için yapılan çalışmalara da rastlanmaktadır. Örneğin, Pitt (1983) Endonezya, Williams ve Laums (1981) Hindistan, Iqbal (1986) Pakistan, Dahl ve Erdoğan (2000) ve Bölük ve Koç (2010) Türkiye, Shankar vd. (2003)'ın ise Macaristan için sermaye ve enerji ikame esnekliklerini hesaplamışlardır. Roy vd. (2006) ise farklı bir yaklaşım geliştirerek çalışmasında hem ABD hem de gelişmekte olan ülkeleri içeren havuzlanmış veri kullanarak ikame esnekliklerinin ülkeler ve sektörler arasında geniş bir aralıkta değiştiğini göstermiştir.

Son dönemde Çin'de yaşanan yüksek ekonomik büyümenin tetiklediği enerji talep artışı, enerji ile diğer üretim faktörleri arasındaki etkileşimin belirlenmesini gerekli kılmıştır. Önceki dönemlerde yaşanan veri sorunlarının da çözülmesiyle birlikte yakın zamanda Çin imalat, gıda, ulaşım ve enerji sektörlerinde enerji ve sermaye arasındaki ikame esnekliklerini hesaplayan çalışmaların arttığı görülmektedir<sup>32</sup>. Çin çalışmalarında görülen sektörel çeşitlilik diğer ülke ve ülke grubu çalışmalarında görülmemektedir.

---

<sup>30</sup> Bknz: Arnber ve Bjoner (2009), Bardazzi vd. (2015), Christopolous ve Tsinonas (2002), Deininger vd. (2018), Field ve Gerbenstein (1980), Fuss (1977), Garofala ve Malhotra (1988), Haller ve Hayland (2014), Hunt (1984), Kintis ve Panas (1989), Hudson ve Jorgenson (1979), Krishnapilla ve Thompson (2012), Magnus (1979), Morrison (1993), Nguyen ve Streitwieser (1999), Tovar ve Iglesias (2013), Turnovsky vd. (1982), Urga ve Walters (2003), Woodland (1993), Tamminen ve Tuomaala (2012), Yi (2000).

<sup>31</sup> Bknz : Adetutu (2014), Constantin ve Paglialunga (2014), Griffin ve Gregory (1976), Kim ve Heo (2013), Medina ve Vega-Cervera (2001), Özatalay vd. (1974), Pindyck (1979).

<sup>32</sup> Bknz : Ma vd. (2009), Smyth vd. (2011), Su vd. (2012), Zha ve Ding ( 2014), Lin ve Xie (2014), Lin ve Xie (2015)

İmalat sanayinin yüksek enerji talebi tahminlerin büyük çoğunluğunun imalat sanayi ve alt sektörleri için yapılması sonucunu doğurmuştur<sup>33</sup>.

Dahl ve Erdoğan (2000) ve Bölük ve Koç (2010) Türkiye için söz konusu ikame esnekliklerini hesaplayan çalışmalardır. İki çalışmada da toplulaştırılmış veri kullanılarak esneklikler hesaplanmıştır. Dahl ve Erdoğan (2000), 1963-1992 yılları için Türkiye’de ekonomi geneli, endüstri, imalat ve maden sektörleri için üç faktörlü (sermaye, emek ve enerji) translog maliyet fonksiyonu kullanarak çapraz fiyat esnekliklerini hesaplamaktadır. Sonuç olarak enerji, sermaye ve emek faktör taleplerinin fiyat duyarlılığı esnek değildir ve mutlak değer olarak 0.65’ten küçük olduğu tespit edilmiştir. Faktörler arası çapraz fiyat esnekliği tahminleri genel olarak istatistiksel olarak anlamlı olmakla birlikte enerji ve sermaye ile sermaye ve emek arasında ikame edilebilirlik ilişkisine işaret etmektedir.

Türkiye için yapılan diğer çalışmada Bölük ve Koç (2010), imalat sanayi sektörü için 1980-2001 yılları arasındaki girdi çıktı tablolarını kullanarak dört faktörlü translog maliyet fonksiyonu tahmini ile çapraz fiyat ve Morishima ikame esnekliklerini hesaplamaktadır. Çalışmanın sonucunda elektriğin emek ve sermaye ile tamamlayıcı olduğu tespit edilirken; elektrik ile ara malı girdisi arasında ikame ilişkisi olduğuna dair kanıtlar bulunmuştur.

Birbirini takip eden bu iki çalışma Türkiye imalat sanayinde faktörler arası ikame ilişkileri ile ilgili önemli bilgiler içermekte ve genel bir resim çizmektedir. Ancak Dahl ve Erdoğan (2000)’ın da belirttiği gibi bu ilişkileri mikro temelli olarak tekrar incelemek gerekmektedir. Daha önceki dönemlerde mevcut veri kısıtları mikro temelli bir analize imkan vermemiştir. Bu tez çalışması hem Türkiye hem de gelişmekte olan bir ülke için mikro veri kullanılarak sermaye ve enerji arasındaki esneklikleri hesaplayan ilk çalışma olma özelliğini taşımaktadır.

---

<sup>33</sup> Diğer sektörler için hesaplanan esneklikler, Dahl ve Erdoğan (2000), Shankar vd. (2003), Tamminen ve Tuomaala (2012) ve Lin ve Ahmad (2016) çalışmalarından incelenebilir.

Literatür taramasının şimdiye kadar özetlenen bölümünde çalışmalar, farklı sonuçların olası açıklamaları çerçevesinde gruplandırılarak özetlenmiştir. Sermaye-enerji ikame edilebilirliği çalışmaları ulaşılan sonuçlar açısından ayrıışsa da makalelerin bazı temel konularda ortak noktalara sahip oldukları gözlemlenmektedir. Sermaye-enerji ikame edilebilirliği çalışmalarının ilk ortak noktası kullanılan esneklik ölçüleridir. Literatürün ilk yirmi yılında çalışmaların hepsinde Allen-Uzawa kısmi esneklikleri ve çapraz fiyat esnekliklerinin hesaplandığı görülmektedir. Thompson ve Taylor (1996), ilgili literatüre esneklik ölçüsü ile ilgili alternatif bir yaklaşım getiren ilk çalışmadır. Makalelerinde literatürdeki sekiz önemli sermaye-enerji ikame esnekliği çalışmasında hesaplanan Allen – Uzawa ikame esneklikleri, önerdikleri alternatif esneklik ölçüsü olan Morishima ikame esnekliği ile yeniden hesaplanmıştır. Esneklik ölçülerinin sonuçları karşılaştırıldığında; Morishima ikame esnekliğinin yatay kesit verisi ile zaman serisi verisi arasındaki dikotomi ortadan kaldırdığı, Allen-Uzawa ikame esnekliği sonuçlarındaki yüksek değişkenliğin azaldığı ve tüm çalışmalar için sermaye ve enerjinin ikame olduğu sonuçlarına ulaşılmıştır.

Benzer şekilde Frondel (2004, 2011) de çeşitli esneklik ölçülerini karşılaştırmalı olarak değerlendirmekte ve faktörler arası ikame esnekliklerinin esneklik ölçüsüne duyarlı olduğunu vurgulamaktadır. Bu katkılar sonrasında Morishima ikame esnekliği ve gölge ikame esnekliklerinin de raporlandığı çalışmalar literatürde yer almaya başlamıştır<sup>34</sup>. Ancak genel bir değerlendirme yapıldığında halen çapraz fiyat esneklikleri ve AES esnekliklerinin enerji-sermaye ikame edilebilirliği çalışmalarında hesaplanan dominant esneklikler olduğu görülmektedir. Bu esnekliklerin ayrıntılı teorik açıklamalarına ve karşılaştırmalarına tezin birinci bölümünde yer verilmiştir.

Sermaye-enerji ikame edilebilirliği çalışmalarının ikinci ortak noktası tercih edilen fonksiyonel formdur. Faktörler arası ikame esneklikleri, uygun görülen fonksiyonel formda üretim ya da maliyet fonksiyonu parametre tahminleri kullanılarak

<sup>34</sup> Morishima esnekliği hesaplanan çalışmalar için bkz : Nguyen ve Streitwaser (1999), Shankar vd. (2003), Tamminen ve Tuomaala (2012), Krishnapillai ve Thompson (2012), Kim ve Heo (2013), Haller ve Hyland (2014), Bardazzi vd. (2015).

Gölge fiyat esnekliğinin hesaplandığı çalışmalar için bkz : Nguyen ve Streitwaser (1999) ve Tamminen ve Tuomaala (2012).

hesaplanmaktadır<sup>35</sup>. Esnek fonksiyonel formlar arasında ise translog fonksiyonunun, ampirik uygulamalarda kullanım kolaylığı ve kısıtlayıcı varsayımları olmaması nedeniyle ikame esnekliği çalışmalarında sıklıkla tercih edildiği görülmektedir. Translog maliyet fonksiyonu dışında Genelleştirilmiş Cobb-Douglas [(Magnus (1979)], Genelleştirilmiş Leontief [(Morrison (1993), Thonsen (2000), Tovar ve Iglesias (2013) ] ve Doğrusal Logit maliyet fonksiyonunu [(Arnberg ve Bjoner (2007), Deininger vd. (2018)] kullanan çalışmalar bulunmaktadır.

Ayrıca ikame esnekliği çalışmalarında sabit ikame esneklikli üretim fonksiyonunun (CES) da kullanıldığı görülmektedir. Ancak sabit esneklikli üretim fonksiyonu faktörler arası ikame ilişkisi ile ilgili kısıtlayıcı varsayımları nedeniyle esnek fonksiyonel formlar kadar tercih edilmemektedir. CES üretim fonksiyonunun, genel denge modelleri için ikame esnekliklerini hesaplayan çalışmalarda tercih edildiği görülmektedir<sup>36</sup>.

## 2.2 MİKRO VERİ KULLANAN ÇALIŞMALAR

Sermaye enerji ikame edilebilirliği literatüründeki çalışmaların büyük kısmı ülke ya da endüstri düzeyindeki çalışmalardan oluşmaktadır. Ancak Solow (1987:612), sermaye ile enerjinin ikame ya da tamamlayıcı olması konusundaki ampirik anlaşmazlığın toplulaştırılmış veri ile çözülemeyeceğini vurgulamaktadır. Solow'a göre :

*“Faktör ikamesi mikro ekonomik bir olgudur ve en iyi mikro veri ile incelenebilir.”*

Solow'un veri niteliği ile ilgili önermesi araştırmacılar tarafından kabul görse de veri kısıtlaması nedeniyle uygulamaya konulması zaman almıştır. Zamanla mikro veriye ulaşım imkanları arttıkça literatüre mikro veri kullanan çalışmaların eklendiği görülmektedir.

<sup>35</sup> Kar fonksiyonu kullanan tek çalışma için bkz: Kintis ve Panas (1989)

<sup>36</sup> CES fonksiyonu kullanan bazı çalışmalar için bkz : Kemfert (1998), Koesler ve Schymura (2013), Okawa ve Ben (2006), Shen ve Whelley (2013), Su vd. (2012), Zha ve Zhou (2014), Van der Werf (2007).

Günümüze kadar yapılan mikro veri çalışmalarının tümü gelişmiş ülkeler için yapılmıştır. Yüksek kurumsal gelişmişlik düzeyi mikro veri çalışmaları için gerekli olan veri ulaşılabilirliği, çeşitliliği ve sürekliliğini sağlamaktadır. Dolayısıyla gelişmekte olan ülkelerin enerji ve çevre politikalarına duyarlılığının yanı sıra yüksek kurumsal gelişmişlik düzeyleri de bu çalışmaların yapılması için gerekli koşulları sağlamıştır.

Woodland (1993) konuyla ilgili mikro veri kullanan ilk çalışma olması açısından önem taşımaktadır. Çalışmada, güney doğu Avustralya bölgesindeki imalat sanayi firmaları için 1977 – 1985 dönemi verisi kullanılarak her bir yıl ve alt sektörler için yakıtlar arası ve faktörler arası ikame olanakları incelenmektedir. Translog maliyet fonksiyonu tahmin edilen makalede kullanılan yakıt paternine<sup>37</sup>, yıla ve alt endüstrilere özgü sonuçlar; çapraz fiyat esneklikleri kullanılarak raporlanmıştır. Bu raporlara göre örneğin 1984 yılında tüm alt sektörlerde sermaye ile kömür, yağ, gaz ve elektrik arasında ikame ilişkisi tespit edilmiştir. Hesaplanan esneklikler 0.012 – 0.082 aralığında değişmektedir. Ayrıca tüm yakıt paternleri için alternatif enerji kaynaklarının fiyatlarındaki artışın sermaye talebini arttırdığı sonucuna varılmıştır. Çalışmanın ulaştığı bir diğer önemli sonuç faktörler arası ikamenin yakıtlar arası ikameden anlamlı derecede yüksek olduğudur.

Mikro veri kullanarak yapılan diğer bir çalışmada Nguyen ve Streitwieser (1999), ilk mikro veri çalışmasında olduğu gibi yatay kesit verisi kullanmaktadırlar. Çalışmada, 1991 yılı için Amerika Birleşik Devletleri imalat sanayi firmalarında faktörler arası ikame olanakları belirlenmiş ve bu olanakların firma büyüklüğüne ve alt endüstrilere olan duyarlılıkları araştırılmıştır. Önceki çalışmadan farklı olarak translog üretim fonksiyonu üç aşamalı en küçük kareler yöntemiyle hesaplanmış ve tüm faktörler arasında ikame ilişkisi tespit edilmiştir. İkame esnekliğinin firma büyüklüğüne duyarlı olmadığı tespit edilirken, alt endüstriler için hesaplanan esnekliklerin farklılaştığı sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmada dikkate alınan temel esneklik olan Morishima ikame esnekliği 3.486 – 5.231 aralığında değişmektedir<sup>38</sup>.

<sup>37</sup> Dört farklı enerji kaynağının kullanımına göre dokuz farklı yakıt paterni tanımlanmış ve bu paternler için yapılan tahminlerde yakıtlar arası çapraz fiyat esneklikleri hesaplanmıştır.

<sup>38</sup> Morishima esnekliğinin yanı sıra çapraz fiyat esnekliği, AES ve gölge esneklik sonuçlarına da yer verilmiştir. Ancak teknik olarak üstün olduğu düşünülen Morishima esnekliği dikkate alınmıştır.

Arnberg ve Bjoner (2007) ise Danimarka imalat sanayi firmaları için 1993, 1995, 1996 ve 1997 yıllarını içeren mikro panel veri kullanarak elektrik ve diğer enerji türleri ile sermaye ilişkisini incelemektedir. Bu çalışma veri niteliği, kullanılan fonksiyonel form, yöntem, faktör ayrıştırması ve sonuçları açısından önceki mikro veri çalışmalarından farklılaşmaktadır. Sermaye ikame edilebilirliği hesaplanan bir mikro veri çalışmasında ilk defa panel mikro veri kullanılmıştır. Bu eğilimin veriler izin verdiği ölçüde ilerleyen çalışmalarda da devam ettiği görülmektedir. İkinci olarak bu çalışmada translog maliyet fonksiyonunun yanı sıra güçlülük sınaması olarak doğrusal logit maliyet fonksiyonunun da tahmini yapılmıştır. Tahmin yöntemi olarak literatürün büyük çoğunluğunun tercih ettiği tekrarlı görünürde ilişkisiz regresyon (*iterative seemingly unrelated regression-iSUR*) yöntemi tercih edilmiştir. Sermayenin makine ve bina<sup>39</sup>, enerjinin elektrik ve diğer enerji olarak ayrıştırıldığı analizin sonucunda makine ile iki enerji türünün tamamlayıcı olduğu tespit edilmiştir. Woodland (1993)'e benzer şekilde enerji türleri arası ikame olanaklarının sınırlı olduğu belirlenmiştir. Verinin zaman boyutu ortadan kaldırılarak 1995 yılı için esneklikler hesaplandığında ise önceki mikro veri çalışmalarında olduğu gibi sermaye ile enerji türleri arasında ikame ilişkisi tespit edilmektedir.

Haller ve Hyland (2014), mikro panel veri kullanarak faktörler arası ikameyi inceleyen diğer bir çalışmadır. Makalede İrlanda imalat sanayi için 1991 – 2009 dönemi firma verisi kullanılarak enerji ve sermaye ikame ilişkisi araştırılmaktadır. iSUR yöntemiyle translog maliyet fonksiyonu tahmini yapılan çalışmanın sonucunda tüm firmalar için enerji fiyatlarındaki %1 artışının sermaye talebini %0.04 arttığı tespit edilmiştir. Çalışmada raporlanan diğer bir esneklik olan Morishima ikame esnekliğine göre enerji fiyatlarındaki %1 artış, sermaye/enerji girdi oranını %1.5 arttırmaktadır. Firmalar genelinde elde edilen bu sonuçların firma özelliklerine ve zamana olan duyarlılıkları da incelenmiştir. Firma büyüklüğü ikame esnekliğini etkilemezken, firma sahipliğinin esneklikler üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. Enerji yoğunluğu, ikame esnekliğini etkileyen bir diğer firma özelliğidir. Enerji yoğunluğu arttıkça ikame esnekliğinin arttığı görülmektedir. Ayrıca enerji fiyatlarına duyarlılığın ticaret yapmayan ve yalnızca imalat yapan firmalarda en

---

<sup>39</sup> Sermayenin bina kısmı kısa dönemde sabit kabul edilmiştir. Enerji ile makine sermayesi arasındaki ilişki incelenmektedir.

güçlü olduğu tespit edilmiştir. Esnekliklerin zaman içinde değişimi<sup>40</sup> incelendiğinde ise sermaye ve enerji ikame edilebilirliğinin örneklem verisinin ilk döneminde azaldığı görülmektedir. Firma özellikleri ve zaman, sermaye-enerji ilişkisinin doğasını etkilememiş, tüm durumlarda ikame edilebilirlik ilişkisi devam etmiştir.

Bardazzi vd. (2015) makalesinde ise İtalya imalat sanayi firmalarının enerji fiyatlarına tepkisi, 2000 – 2005 dönemi mikro panel veri kullanılarak analiz edilmektedir. Faktörler arası ikamenin yanı sıra yakıtlar arası ikamenin de analiz edildiği çalışmada Fuss (1977) ve Pindyck (1979) çalışmalarında kullanılan iki aşamalı translog maliyet fonksiyonu, iSUR tekniği ile tahmin edilmiştir. Haller ve Hyland (2014) de olduğu gibi ikame esnekliklerinin firma özelliklerine, sektöre ve firma büyüklüğüne duyarlılığı incelenmektedir. Firma özelliği olarak teknoloji yoğunluğuna odaklanan çalışmada, yakın dönem sermaye-enerji ikame edilebilirliği çalışmalarında olduğu gibi çapraz fiyat esnekliği ve Morishima esnekliği birlikte raporlanmıştır. Bu sonuçlara göre farklı teknoloji yoğunluğu sınıflandırmaları ve tüm firmalar için enerji fiyatındaki artışın enerji/sermaye oranına etkisini gösteren Morishima esnekliği 0.95 – 1.26 arasında değişmektedir ve tüm firmalar için istatistiksel olarak anlamlıdır. Bu sonuçlara göre sermaye ve enerji ikamedir. Çapraz fiyat esneklikleri ise -0.05 – 0.103 aralığında değişmekte olup düşük teknolojili sektörlerde ikame ilişkisi, diğer tüm sektörlerde ise zayıf tamamlayıcılık ilişkisine işaret etmektedir. İlişki sadece düşük teknolojili firmalar ile orta yüksek teknolojili firmalar için istatistiksel olarak anlamlıdır.

Mikro veri kullanan son çalışmada Deininger vd. (2018), İsviçre imalat sanayi firmalarında 1997 – 2008 yılları arasında sermaye-enerji ilişkisini mikro panel veri kullanarak incelemektedir. Makalede Arnberg ve Bjoner (2007)'de olduğu gibi translog ve doğrusal logit maliyet fonksiyonları SUR tekniği ile tahmin edilmiştir. Firmaların enerji yoğunluğuna göre sınıflandırıldığı analiz sonucunda düşük ve orta enerji yoğunluklu firmalarda enerji ve sermayenin ikame; yüksek enerji yoğunluklu firmalarda ise tamamlayıcı olduğu belirlenmiştir. Raporlanan çapraz fiyat esnekliği hesaplamalarına

---

<sup>40</sup> Toplulaştırılma veri ile ikame edilebilirlik ilişkisinde yapısal kırılmaları inceleyen bir çalışma için bkz : Hesse ve Tarkka (1986)

göre enerji fiyatlarında %1 artış düşük ve orta yoğunluklu firmalardaki sermaye talebini %0.02 artırırken; yüksek enerji yoğunluklu firmalarda %0.09 azaltmaktadır<sup>41</sup>.

Bu bölümde enerji ile diğer üretim faktörleri arası ikame olanaklarını inceleyen mikro veri çalışmalarına yer verilmiştir. Bu çalışmaların kısa özeti Tablo 1’de sunulmaktadır. Çalışmaların genel bir değerlendirmesi yapıldığında birçok ortak noktayı paylaştıkları görülmektedir. İlk olarak günümüze kadar yapılan tüm çalışmalar gelişmiş ülkelerin imalat sanayi firmaları için yapılmıştır. Çalışmaların hepsinde esneklik hesaplamalarında translog maliyet ya da üretim fonksiyonundan tahmin edilen katsayılar kullanılmaktadır. Arnberg ve Bjoner (2007) ve Deininger vd. (2018) translog maliyet fonksiyonunun yanı sıra doğrusal logit maliyet fonksiyonundan tahmin edilen ikame esnekliklerine yer vermektedir. Hesaplanan esnekliklerde ise literatürde baskın olan Allen – Uzawa esnekliğinin mikro veri çalışmalarında tercih edilmediği gözlemlenmektedir. Son yıllardaki Morishima esnekliğinin faktörler arası ikamenin ölçülmesinde daha uygun bir esneklik ölçüsü olduğu düşüncesi mikro veri kullanan çalışmalara da yansımıştır. Nguyen ve Streitwieser (1999), Hyland ve Haller (2014) ve Bardazzi vd. (2015) çapraz fiyat esnekliği ve Morishima esnekliğini sonuçlarını beraber sunmuş ancak sonuçların değerlendirilmesinde Morishima esnekliklerini dikkate almışlardır. Bu çalışmaların dışındaki tüm çalışmalarda çapraz fiyat esneklikleri hesaplanmıştır.

Çalışmalar arasında sadece faktörler arası ikame esnekliklerini hesaplayan çalışmalar [Nguyen ve Streitwieser (1999), Hyland ve Haller (2014) ve Deininger vd. (2018)] olduğu gibi alternatif enerji türleri arasındaki ikame olanaklarını analize dahil eden çalışmalarda [Woodland (1993), Arnberg ve Bjoner (2007) ve Bardazzi vd. (2015) ] bulunmaktadır. Analize dahil edilen üretim faktörleri açısından değerlendirildiğinde ise Woodland (1993) ile Arnberg ve Bjoner (2007)’de veri kısıtlaması nedeniyle malzeme girdisi dahil edilmezken, diğer tüm çalışmalarda malzeme girdisi üretim fonksiyonunda yer

---

<sup>41</sup> Translog maliyet fonksiyonu tahminlerinden elde edilen sonuçlardır. Doğrusal logit maliyet fonksiyonu tahminleri neredeyse tüm esnekliklerde translog maliyet fonksiyonu tahminlerine yakındır. Bu tahminlerin değerlendirmesi için bkz : Deininger vd. (2018:9)



almaktadır. Dolayısıyla mikro veri çalışmalarında genel olarak eksik değişken nedeniyle ortaya çıkabilecek sapmaların olmadığı veya daha düşük derecede olduğu söylenebilir.

**Tablo 1. Mikro Veri Kullanan Çalışmalar**

Çalışma	Veri Seti	Fonksiyonel Form	Hesaplanan Esneklikler	Yöntem	Sonuç
<b>Woodland (1993)</b>	1977-85 Avusturalya İmalat Sanayi	Translog maliyet fonksiyonu (KLE)	CPE	Maximum likelihood	E - K ikame
<b>Nguyen &amp; Streitwieser (1999)</b>	1991 yılı ABD İmalat Sanayi firması	Translog üretim fonksiyonu (KLEM)	MES, AES, CPE, Gölge Esneklik	3SLS	E - K İkame
<b>Arnberg &amp; Bjoner (2007)</b>	1993 1995 Danimarka İmalat Sanayi 1996 1997	Translog maliyet fonksiyonu Doğrusal Logit (EOLC)	CPE	SUR	EL - K tamamlayıcı OE - K tamamlayıcı
<b>Tamminen &amp; Tuomaala (2012)</b>	2000 - 2009 Finlandiya İmalat, Tarım ve Servis Sektörleri	Translog maliyet fonksiyonu	MES, CPE, Gölge Esneklik	SUR	
<b>Hyland &amp; Haller (2014)</b>	2001 - 2009 İrlanda İmalat Sanayi	Translog maliyet fonksiyonu (KLEM)	MES, CPE	SUR	E - K İkame
<b>Bardazzi vd. (2015)</b>	2000 -2005 İtalyan İmalat Sanayi	Translog maliyet fonksiyonu (KLEM)	MES, CPE	SUR	E - K İkame (Düşük teknoloji sektörleri) E- K Tamamlayıcı (Diğer sektörler)
<b>Deininge vd. (2018)</b>	1997 - 2008 İsviçre İmalat Sanayi	Translog maliyet fonksiyonu (KLEM) Doğrusal Logit	CPE	SUR	E - K Tamamlayıcı (Enerji Yoğun Firmalar) E - K İkame (Diğer Firmalar)

Mikro veri çalışmalarından ilk ikisi yatay kesit kullanılarak yapılmıştır ancak firma verisine ulaşım imkanlarının artması ile birlikte sonraki çalışmalara zaman boyutunun eklendiği görülmektedir. Yatay kesit çalışmalarında sermaye ve enerjinin ikame olduğu tespit edilirken yapılan ilk mikro panel veri çalışmasında Arnberg ve Bjoner (2007), sermaye ve enerji türleri arasında tamamlayıcılık ilişkisi tespit etmiştir. Ancak Arnberg ve Bjoner (2007), ilgili literatürdeki yatay kesit ile zaman serisi çalışmalarının sonuçlar arasında ayrışmaya neden olduğu görüşünü mikro veri çalışmaları çerçevesinde değerlendirmek için erken olduğunu belirtmektedir. Nitekim diğer bir mikro panel veri

çalışmasında Haller ve Hyland (2014), enerji ve sermayenin ikame edilebilir olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Mikro veri çalışmalarının diğer bir dikkat çeken özelliği faktörler arası ilişkinin firma özelliklerine duyarlılığını da araştırmalarıdır. Çalışmalarda [(Nguyen ve Streitwieser (1993), Haller ve Hyland (2014), Bardazzi vd. (2015), Deininger vd. (2018)] ikame esnekliklerinin sektöre, zamana, firma büyüklüğüne ve çeşitli firma özelliklerine (yabancı sahipliği, teknoloji yoğunluğu, enerji yoğunluğu gibi) göre değişimi incelenmektedir. Analizler sonucunda esnekliklerin bu faktörlerden etkilendiği tespit edilmiştir.

### 3. BÖLÜM: VERİ ve YÖNTEM

Çalışmanın üçüncü bölümünde ampirik analizde kullanılan veri ve yöntem yer verilecektir. İlk olarak kullanılan veri seti ve özelliklerine yer verilecek; daha sonra analizde kullanılan değişkenler açıklanacaktır. Son olarak tahmin edilecek model ve tahmin yöntemi hakkında bilgi verilecektir.

#### 3.1 AMPİRİK MODEL ve ESNEKLİKLERİN HESAPLANMASI

Faktörler arası ikame esnekliğinin hesaplanması üç aşamalı bir süreç olarak özetlenebilir. Birinci aşamayı esnekliklerin primal ya da dual fonksiyondan hangisi ile tahmin edileceğine karar verme süreci oluşturmaktadır. Bu çalışmada ikame esneklikleri dual maliyet fonksiyonu tahmininden elde edilen katsayılar ile hesaplanmaktadır. Dual maliyet fonksiyonu tahmininin daha önce Bölüm 1’de açıklanan, gözlemlenebilir olgular ile çalışma, bazı sonuç ve formüllere maliyet fonksiyonundan hareketle daha kolay ulaşıyor olması gibi bir takım avantajları bulunmaktadır. Pindyck (1979), ikame esnekliği hesaplamalarında primal üretim fonksiyonu ya da dual maliyet fonksiyonu kullanmanın ikame esnekliği hesaplamalarını etkileyeceğini belirtmekle birlikte ampirik analizlerde girdi miktarı yerine girdi fiyatlarının dışsal olarak alınmasının daha doğru bir yaklaşım olduğunun altını çizmektedir. Benzer şekilde Nguyen ve Streitwieser (1999), üretim girdilerinin dışsal olduğu bir üretim fonksiyonu tahmini yerine; girdi fiyatlarının dışsal olduğu maliyet fonksiyonu tahmininin daha uygun olduğu yönünde güçlü argümanlar olduğunu sunmaktadır. Ancak kendi çalışmaları da dahil olmak üzere birçok çalışmada girdi fiyatları verisine ulaşılamaması ikame esnekliği hesaplamalarında üretim fonksiyonu tahminini zorunlu kılmaktadır.

Maliyet fonksiyonu tahmini için gerekli fiyat ve harcama verisine ulaşmak her zaman mümkün olmamakla birlikte bu çalışmada kullanılan veri seti, faktörlere yapılan harcamaları içermekte ve faktör fiyatlarının hesaplanmasına imkan vermemektedir. Bu nedenle çalışmada maliyet fonksiyonu tahmini yapılmasına karar verilmiştir.

İkinci aşamada, tahmin edilecek maliyet fonksiyonu için spesifik bir fonksiyonel form belirlenmesi gerekmektedir. Daha önce açıklanan avantajlardan yola çıkarak bu çalışmada, sermaye-enerji ikame edilebilirliği literatüründe en sık tercih edilen esnek fonksiyonel form olan translog maliyet fonksiyonu tercih edilmiştir. Üçüncü aşama, translog maliyet fonksiyonundan elde edilen faktör pay denklemlerinin uygun ekonometrik yöntem ile tahmin edilmesi ve tahmin edilen katsayılar kullanılarak ikame esnekliklerinin hesaplanmasını içermektedir. Buna göre, ilk olarak maliyet fonksiyonu tahmini için kullanılan ampirik model tanıtılacak, sonrasında tahmin yöntemi açıklanacak ve son olarak ikame esnekliklerinin nasıl hesaplandığı açıklanacaktır.

Bu çalışmada translog maliyet fonksiyonunun ve bu fonksiyondan elde edilen faktör pay denklemlerinin tahmininde Tekrarlı Görünürde İlişkisiz Regresyon (*Iterated Seemingly Unrelated Regressions-SUR*) tekniği uygulanmaktadır<sup>42</sup>. Hyland ve Haller (2014) çalışmasından hareketle firmalar arası maliyet fonksiyonu heterojenliklerini de dikkate alan dönüştürülmüş bir translog maliyet fonksiyonu kullanılmaktadır. Dönüştürülmüş translog maliyet modelinde ((3.1) numaralı denklem) temel dört üretim faktörlü maliyet fonksiyonuna, endüstri sabit etkileri ve firmaların kendilerine özgü özelliklerini ve firmaların kendilerine özgü özelliklerini kontrol edecek ilave değişkenler eklenmiştir . Kontrol değişkenleri arasında firmaların dış ticaret statülerini gösteren<sup>43</sup> bir kukla değişken ve firma büyüklüğünü<sup>44</sup> gösteren bir kukla değişken yer almaktadır. Kontrol değişkenleri  $Z_f$  vektöründe toplanmıştır. Firma düzeyinde kontrol değişkenlerinin modele dahil edilmesi firmaların maliyet fonksiyonlarındaki heterojenliği dikkate almamıza olanak vermektedir (Haller ve Hyland, 2014). Modele takvim etkisi ve doğrusal teknolojik gelişmeyi yakalamak üzere  $\lambda_t$ , zaman (yıl) kukla değişkeni eklenmiştir<sup>45</sup>.

<sup>42</sup> Tekrarlı görünürde ilişkisiz regresyon modelinde parametre tahminleri yakınsayana kadar tahmin edilen hata terimleri kovaryans matrisi ve parametre tahminleri üzerinde iterasyon yapılmaktadır.

<sup>43</sup> Ticaret statüleri: ticaret yapmayan, sadece ihracat yapan, sadece ithalat yapan ve hem ihracat hem ithalat yapan firmalar olmak üzere dört tanedir.

<sup>44</sup> Çalışan sayısı 20-49 olan firmalar küçük, 50-249 arasında olan firmalar orta ve 250'i ve üzeri olan firmalar büyük firma olarak adlandırılmaktadır.

<sup>45</sup> Ampirik modele zaman kukla değişkeni eklemek Hicks- neutral teknolojik gelişmeyi modellemek için yaygın bir yöntemdir (Haller ve Hyland, 2014).

$$\begin{aligned}
\ln(C_{f,t}) = & b_0 + \sum_{i=1}^4 a_i \ln(P_{if,t}) \\
& + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^4 b_{ij} \ln(P_{if,t}) \ln(P_{jf,t}) \\
& + \sum_{i=1}^4 c_i \ln(P_{if,t}) \ln(y_{f,t}) + \gamma \ln(y_{f,t}) \\
& + \sum_{i=1}^n \ln(P_i) \sum_{g=1}^{10} N_g + \sum_{i=1}^4 u_{if} \ln(P_{if}) + Z_f + \lambda_t, \\
& i \neq j
\end{aligned} \tag{3.1}$$

Yukarıdaki maliyet fonksiyonundan elde edilen faktör pay denklemleri aşağıdaki şekildedir :

$$S_{if,t} = a_i + \sum_{j=1}^4 b_{ij} \ln(P_{jf,t}) + c_i \ln(y_{f,t}) + \sum_{g=1}^{10} N_g + u_{if,t} \tag{3.2}$$

(3.1) ve (3.2) numaralı denklemlerde,  $f$ , firmaları ;  $t$  zamanı,  $i$  ise sermaye, emek, enerji ve malzemeden oluşan üretim faktörlerini temsil etmektedir. Buna göre;

$C_{f,t}$  = Her bir firmanın  $t$  yılındaki toplam maliyeti

$P_{if,t}$  = Her faktör için firmanın  $t$  yılında karşılaştığı fiyat

$y_{f,t}$  = Her bir firmanın  $t$  yılında çıktı düzeyi

$N_g$  = Her endüstriye ait kukla değişkeni

$u_{if,t}$  = Her firmanın her yıldaki hata terimleri'dir.

İyi huylu bir maliyet fonksiyonu tanımlamak için modele simetri ve doğrusal homojenlik kısıtları uygulanmıştır.

*Homojenlik kısıtları :*

Üretim faktörlerinin maliyet payları toplamının 1'e eşit olması gerekmektedir. Ayrıca doğrusal homojenlik için aşağıdaki kısıtlar sağlanmalıdır.

$j = 1, \dots, 4$  olmak üzere

$$\sum_{i=1}^4 a_i = 1 \quad (3.3)$$

$$\sum_{i=1}^4 b_{ij} = 0 \quad (3.4)$$

$$\sum_{i=1}^4 c_i = 0 \quad (3.5)$$

*Simetri kısıtı :*

$i = k, l, m, e$  ve  $i \neq j$  olmak üzere

$$b_{ij} = b_{ji} \quad (3.6)$$

şeklindedir.

Faktörler arası ikame esnekliğinin hesaplanmasında (3.1) ve (3.2) nolu denklemlerdeki katsayıların tahminine ihtiyaç duyulmaktadır. Birden fazla regresyon denklemi

tahminlerinde tek denklem tahmincisi<sup>46</sup> (*single equation estimator*) ya da sistem tahmincisi<sup>47</sup> (*system equation estimator*) yaklaşımlarından biri kullanılmaktadır. Zellner (1962), tek denklem tahmini yaklaşımlarından olan klasik en küçük kareler yönteminin sadece bazı özel durumlarda etkin tahminciler üretebildiğini ifade etmektedir. Johnston ve Dinardo (1997) ise doğru sistem spesifikasyonu yapıldığında sistem tahmincilerinin tek denklem tahmincilerinden daha etkin tahminciler ürettiğini belirtmektedir. Son olarak Greene (2002), tek denklem tahminlerinin hesaplama kolaylığı avantajına sahip olmasına rağmen kısıtlı bilgi ile tahmin yaptığını ifade etmektedir<sup>48</sup>.

Bu çalışmada faktörler arası ikame esneklikleri Tekrarlı Görünürde İlişkisiz Regresyon yaklaşımı (*Iterated Seemingly Unrelated Regression, iSUR*) ile tahmin edilmektedir<sup>49</sup>. Görünürde ilişkisiz regresyon yöntemi, sistemde yer alan denklemlerin hata terimleri arasındaki olası ilişkiyi dikkate alarak etkin tahminciler türettiği için tercih edilmektedir. Temel SUR modeli spesifikasyonu ilk defa Zellner (1962) tarafından yapılmıştır. Zellner, denklem sistemindeki tüm bilgiyi kullanarak tahmin etkinliğini arttırmayı hedeflediğini belirtmektedir. Görünürde ilişkisiz regresyon tahmininin ampirik uygulamalarda bir takım avantajları bulunmaktadır. Hyungsink ve Perron (2006), yöntemin tek denklem tahmininde ortaya çıkan bilgi kaybı dezavantajını ortadan kaldırmasına ek olarak denklemlerde yer alan parametreleri içeren kısıtların test edilmesine ve/veya modele dahil edilmesine imkan vermesi avantajının altını çizmektedir. Diğer yandan yöntemin çok sayıda teorik modele uygulanabilir olması ve tahmin kolaylığı da yöntemin tercih edilirliliğini arttırmış ve temel SUR modelinin teorik olarak geliştirilmesini ve genişletilmesini teşvik etmiştir (Fieberg, 2001).

<sup>46</sup> En küçük kareler (OLS), enstrüman değişken ile tahmin (IV), iki aşamalı en küçük kareler (2SLS) yaklaşımları tek denklem tahmincisinin örneklerindedir.

<sup>47</sup> Üç aşamalı en küçük kareler (3SLS), tam bilgi maksimum olabilirlik (FIML) ve görünürde ilişkisiz regresyon (SUR) yaklaşımları sistem tahmincileri arasındadır.

<sup>48</sup> Tek denklem tahmincileri diğer denklemlerdeki bilgiyi ihmal ettiği için kısıtlı bilgi yöntemleri (*limited information methods*) olarak da adlandırılırken; aynı anda iki veya daha fazla denklemin tahmin katsayılarını tahmin eden denklem sistemi tahmincileri mümkün olan en fazla bilgiyi kullandıkları için tam bilgi tahmincileri (*full information estimators*) olarak da adlandırılmaktadır (Greene, 2002).

<sup>49</sup> Literatürde ikame esnekliği hesaplamasında tercih edilen diğer bir yöntem üç aşamalı en küçük kareler yöntemidir. Üç aşamalı en küçük kareler yöntemi (3SLS), faktör fiyatları arasındaki içsellik sorununu dikkate aldığı için tercih edilmektedir. Deininger vd. (2018), SUR ve 3SLS yaklaşımlarının benzer sonuçlar verdiğini belirtmektedir. Bu yöntemi kullanarak yapılan çalışmalar için Berndt ve Wood (1975), Nguyen ve Streitwieser (1999) ve Bölük ve Koç (2010) çalışmalarına bakılabilir.

Her biri T gözlem içeren N adet denklemden oluşan bir temel görünürde ilişkisiz regresyon modelinin genel gösterimi aşağıdaki gibidir.

$$y_i = X_i\beta_i + u_i \quad i = 1, \dots, N \quad (3.7)$$

Denklemden  $y_i$  ve  $u_i$  T boyutlu vektörler olmak üzere;  $X_i$ ,  $T \times K_i$  boyutlu bir matris;  $\beta_i$  ise  $K_i$  boyutlu bir vektördür. Modeli bir bütün olarak matris formunda ifade etmek de mümkündür.

$$y = X\beta + u \quad (3.8)$$

Burada  $y$  ve  $u$ ,  $NT \times 1$  boyutlu bağımlı değişken ve hata terimleri vektörleri;  $X$ ,  $NT \times K$  boyutlu bağımsız değişkenler matrisi ve  $\beta$  ise tahmin edilecek  $K \times 1$  boyutlu bilinmeyen parametreler vektörü olup  $K = \sum_{i=1}^N K_i$  'dir.

$NT \times 1$  boyutlu hata terimleri vektörü için varsayımlar ise şu şekildedir : (i)  $E(u) = 0$ , (ii)  $E(u_{it}u_{js}) = \sigma_{ij}$  eğer  $t = s$  ise;  $E(u_{it}u_{js}) = 0$  eğer  $t \neq s$  ise.

Bu durumda hata terimleri kovaryans matrisi,

$$E(u_i u_j') = \sigma_{ij} I_T \quad (3.9)$$

olarak ifade edilir. Bu varsayım hata terimlerinin farklı denklemler arasında eş zamanlı olarak ilişkili olmasına izin verildiği ancak gözlemler arasında ilişkili olmasına izin verilmediği anlamına gelmektedir (Baum ve Christopher, 2006).

Toplam maliyet denklemi (3.1) ve faktör pay denklemleri (3.2) uygun parametreler ile ifade edildiğinde  $M + 1$  adet denklemin yer aldığı bir ekonometrik model elde



edilmektedir<sup>50</sup>. Bu modeli tahmin edebilmek için modele yukarıda verilen kısıtların dahil edilmesi ve faktör pay denklemlerine ait hata terimleri kovaryans matrisinin tekillik sorununun çözülmesi gerekmektedir. Bu sorun faktör pay denklemlerinden rastgele bir tanesi düşürülerek çözülmektedir (Greene, 2002). Bu amaçla ampirik analizde malzeme üretim faktörü düşürülmüş ve bu faktör payı artık olarak elde edilmiştir.

Maliyet denklemi ve faktör pay denklemlerinin her biri aslında kendi başına bir regresyonu temsil etmektedir. Ancak bu regresyonların tek denklem tahmincileri ile tahmin edilmesi daha önce anlatılan dezavantajlara sahiptir. Dolayısıyla,  $M + 1$  adet denklemden oluşan bu sistem, görünürde ilişkisiz regresyon tekniği ile tahmin edilmekte ve etkin tahminciler elde edilmektedir.

Sonrasında faktörler arası ikame esneklikleri, toplam maliyet ve faktör pay denklemlerinin tahmin edilen katsayıları kullanılarak hesaplanmaktadır. Esneklik tahminleri translog maliyet fonksiyonundan elde edilen parametre tahminlerinin doğrusal olmayan bir fonksiyonudur. Dolayısıyla bu esneklik tahminlerine ait standart hatalar için yaklaşık değerler, Taylor yaklaşımına dayanan delta yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır (Greene, 2002). Bölüm 1’de açıklandığı gibi çapraz fiyat esnekliği diğer ikame esnekliklerinin temelini oluşturmaktadır. Tahmin edilen parametreler ile çapraz fiyat esnekliği hesaplanırsa hesaplanan esneklikten yola çıkarak Allen Uzawa ikame esnekliğine ve Morishima ikama esnekliğine ulaşmak mümkün olmaktadır.

Buna göre bir faktörün kendi/çapraz fiyat esnekliği tahmin edilen parametlerden yola çıkarak aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır .

---

<sup>50</sup> Modele toplam maliyet denklemini dahil edip etmeme kararı tahmin edilmek istenen parametrelere bağlıdır(Greene, 2002). İkame esnekliği hesaplamaları için gerekli parametre tahminlerine faktör pay denklemleri ile ulaşılabilir. Ancak Diewert (1972), daha etkin tahminciler için sisteme toplam maliyet denkleminin dahil edilmesi gerektiğini belirtmektedir.

*Çapraz fiyat esnekliği :*

$$\varepsilon_{ij} = \sigma_{ij} * s_i = \frac{\hat{b}_{ij} + s_i * s_j}{s_i} \quad (3.10)$$

*Kendi fiyat esnekliği :*

$$\varepsilon_{ii} = \frac{\hat{b}_{ii} + s_i(s_i - 1)}{s_i} \quad (3.11)$$

Yukarıdaki ifadede yer alan  $\hat{b}_{ij}$ , toplam maliyet fonksiyonu ve maliyet pay denklemlerinde yer alan ilgili katsayının tahmin edilmiş değeridir.  $s_i$  ve  $s_j$  ise sırasıyla  $i$ . ve  $j$ . faktörün toplam maliyet içindeki paylarını göstermektedir. İkame esnekliklerinin standart hataları ise tahmin edilen katsayıların standart hataları kullanılarak delta yöntemi ile hesaplanmıştır<sup>51</sup>.

Bir üretim faktörü için çapraz fiyat esnekliğini hesapladıktan sonra çapraz fiyat esnekliği ile Allen-Uzawa ikame esnekliği arasındaki matematiksel ilişkiden yararlanarak Allen-Uzawa ikame esnekliğine de ulaşmamız mümkündür. Bölüm 1'de ayrıntılı şekilde anlatıldığı gibi Allen-Uzawa ikame esnekliği, çapraz fiyat esnekliğinin faktör payına bölünmesi ile elde edilmektedir.

Benzer şekilde Morishima ikame esnekliği de çapraz fiyat esnekliği hesaplamaları kullanılarak hesaplanabilmektedir. Morishima ikame esnekliği ve kendi/çapraz fiyat esnekliği arasındaki ilişki aşağıda verilmektedir.

---

<sup>51</sup>Delta metot, dönüştürülmüş rastgele değişkenlerin standart hatalarını birinci derece Taylor yakınsaması kullanarak hesaplayan bir yöntemdir. İkame esnekliklerinin standart hatalarının hesaplanmasında bu yöntem kullanılmıştır.

$$MES_{ij} = \varepsilon_{ij} - \varepsilon_{jj} \quad (3.12)$$

Maliyet ve faktör pay denklemlerinin parametre tahminleri ve faktör payları hesaplanmışken; esneklikler arası ilişkiler kullanılarak farklı esnekliklerin hesaplanması mümkün olmaktadır. Bu çalışmada faktörlerin çapraz/kendi ikame esneklikleri ile Morishima ikame esneklikleri sunulmaktadır. Allen-Uzawa ikame esnekliğinin sonuçlarına teorik bölümde açıklanan nedenler ile yer verilmemektedir. Farklı çalışmalar ile sonuçlar karşılaştırmak istendiğinde yukarıdaki ilişkilerden yola çıkarak Allen-Uzawa ikame esneklikleri hesaplanabilir.

### 3.2 VERİ SETİ

Sermaye-enerji ikame edilebilirliği literatürü zengin bir literatür olmakla birlikte firma düzeyinde veriye ulaşım kısıtları nedeniyle konuyla ilgili firma düzeyinde yapılan çalışma sayısı oldukça sınırlıdır. Var olan az sayıda çalışma ise gelişmiş ülkeler için yapılmıştır. Bu çalışmada gerek kullanılan veri setinin firma düzeyinde olması gerekse gelişmekte olan bir ülke için yapılmış olması nedeniyle sermaye-enerji ikame edilebilirliği literatürüne önemli katkılar sunulmaktadır.

Türkiye için toplulaştırılmış veri kullanılarak yapılan önceki çalışmalara<sup>52</sup> bakıldığında enerji ve sermaye ilişkisine yönelik farklı sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Literatür bölümünde ayrıntılarına değinilen ve 1963-1992 yılları ile 1980-2001 yılları arasındaki toplulaştırılmış veri setleri kullanılarak yapılan bu çalışmaların daha güncel ve daha uygun bir veri seti kullanılarak tekrarlanması Türkiye imalat sanayinde faktörler arası ikame ilişkilerine yönelik bilgilerin güncellenmesine katkı sağlayacaktır.

Firma düzeyinde yapılan daha önceki çalışmaların veri ulaşılabilirliğindeki kısıtlamalar nedeniyle ya zaman boyutu olmadan yatay kesit verisi ile ya da görece kısa zaman boyutlarına sahip panel veriler kullanılarak yapıldığı görülmektedir<sup>53</sup>. Türkiye için Yıllık

<sup>52</sup> Bknz : Dahl ve Erdoğan (2000) ve Bölük ve Koç (2010)

<sup>53</sup> Bu çalışmalar ile ilgili ayrıntılı bilgi çalışmanın literatür bölümünde yer almaktadır.

Sanayi ve Hizmet İstatistikleri 2003-2017 dönemine ait firma düzeyindeki veriye ulaşmamıza imkan verse de ampirik analizde kullanılan fiyat verilerini ulaşmak için kullandığımız ek veri setlerinin yarattığı kısıtlar, analizin zaman boyutunu 2005-2013 yılları ile sınırlamıştır.

Bu çalışmada kullanılan temel veri Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından girişimci düzeyinde toplanan A grubu mikro veri seti içinde yer alan “Yıllık Sanayi ve Hizmet İstatistikleri” dir. İlgili veri seti ile “Mikro Veriye Erişim Kullanımı Hakkındaki Yönerge” esaslarına uygun olarak TÜİK Başkanlığı Binasındaki Veri Araştırma Merkezi’nde çalışılmaktadır.

Yıllık Sanayi ve Hizmet İstatistikleri, tüm Türkiye’yi kapsayan, girişimci düzeyinde 2003-2017 yılları için toplanmış yıllık anket verilerinden oluşmaktadır. İstatistikler oluşturulurken tam sayım ve örneklem yöntemleri beraber kullanılmaktadır. Yirmi veya daha fazla çalışanı olan girişimler için tam sayım yöntemi kullanılırken; on dokuz ve daha az çalışanı olan girişimler için örneklem yöntemi tercih edilmiştir. Veri setinde firmalar ana faaliyet alanlarına<sup>54</sup> göre sınıflandırılmakta; sektörel sınıflandırma ise NACE (Statistical classifications of economic activities in the European Community) standart kodları temel alınarak yapılmaktadır. 2003–2006 yılları arasında EUROSTAT tarafından yayınlanan ekonomik faaliyet sınıflandırmasında NACE Rev 1.1. kullanılırken; 2006 yılı sonrası için NACE Rev. 2 standart kodları kullanılmaya başlanmıştır. Çalışmada daha güncel olan NACE Rev. 2 standart kodlarının kullanılmasına karar verilmiş bu nedenle dönüşüm tablolarından yararlanılarak 2006 yılı öncesindeki veriler için Rev. 2 karşılıkları belirlenmiştir. Yıllık Sanayi ve Hizmet İstatistikleri, Kısım A, O, T, U ile Kısım J, L ve S’nin bir bölümü hariç tüm sektörleri kapsamaktadır. Bu çalışma kapsamında Kısım C İmalat Sanayine dahil olan girişimlerin verileri kullanılmaktadır. Veri setinde ortalama çalışan sayısı, toplam personel gideri, girişim giderleri, gelirleri, maddi ve maddi olmayan yatırımlar, sermaye dağılımına ilişkin bilgiler gibi önemli temel

---

<sup>54</sup> Ana faaliyet konusu ilgili anket soru kağıdında şu şekilde tanımlanmaktadır : “Girişimin faaliyet konusu birden fazla ise ana faaliyet, gayri safi satış hasılatının en çok yaratıldığı faaliyettir. Birden fazla faaliyetin gayri safi satış hasılatı eşit ise daha fazla çalışanın yürüttüğü faaliyet ana faaliyettir.

değişkenler ve bu temel değişkenlerden yola çıkarak hesaplanan göstergeler yer almaktadır.

Ampirik uygulamaya başlamadan önce analizin amaçlarına uygun olarak veri düzenleme ve temizleme çalışmaları yapılmıştır. Veri temizleme sürecinde Hall ve Mairesse (1995) çalışması temel alınmıştır. Fiyat değişkenlerinin ve çıktının negatif, sıfır gibi hatalı değerler aldığı ya da beyan edilmediği gözlemler veri setine dahil edilmemiştir. Ayrıca çalışan sayısı, katma değer, çalışan başına sermaye, satışlar gibi değişkenlerde aşırı değişkenlik görülen gözlemler de veri setinin dışında bırakılmıştır. Veri setinden firma giriş ve çıkışları gözlemlenemediği için çalışan sayısı yıllık artış oranı yüzde 300'ün üzerinde ve yüzde -250'nin altında olan firmalar da veri setine dahil edilmemiştir. Benzer şekilde satışların yüzde 300'den büyük ya da küçük olduğu gözlemler de sınırlanmıştır. Bu eşik değerlere çok yakın zıplamalar ve düşüşler gösteren gözlemler ayrıca tek tek incelenmiş ve çalışan başına sermaye ve katma değer gibi temel oranlar çerçevesinde değerlendirilmiştir. Ayrıca veri setinde göze çarpan hatalar (ondalık değerde hatalar, komşu değerler arasında birden sıfıra düşüş ya da eksik gözlem olması ve daha sonra bir önceki değere dönmesi gibi) temizlenmiştir. Yatırım serilerindeki eksikler nedeniyle de ve kamu firmalarının çıkarılması nedeniyle de gözlem kayıpları olmuştur.

### 3.3 DEĞİŞKEN TANIMLARI

Çalışmada sermaye, emek, enerji ve malzeme üretim faktörleri arasındaki ikame edilebilirlik ilişkisi translog maliyet fonksiyonu tahmini yapılarak hesaplanmaktadır. Faktörler arası ikame esnekliklerinin belirlenmesi bu faktörlere ait harcama ve fiyat verilerinin kullanmasını gerekli kılmaktadır. Bu alt bölümde her faktör için harcama ve fiyat verilerinin hesaplanma süreçleri açıklanacaktır.

Translog maliyet fonksiyonu tahmininde kullanılan sermaye harcamaları ve sermaye fiyatı değişkenleri firma verilerinde yer almamaktadır. Haller ve Hyland (2014) çalışmasından hareketle sermaye harcamalarının sermaye stoğu ile temsil edilmesine karar verilmiştir. Ancak Yıllık Sanayi ve Hizmet İstatistiklerinde sermaye stoğu hesaplanmamaktadır. Bu nedenle istatistiklerde yer alan makine, teçhizat, bina ve yapı,

taşıma teçhizatı ve bilgisayar ve proglamlamaya ait yatırım serileri kullanılarak devamlı envanter yöntemi ile sermaye stoğu hesaplanmıştır<sup>55</sup>. Firmaların kendi dengeli büyüme yolunda olduğu varsayımı altında bir firmanın herhangi bir sermaye malı için başlangıç sermaye stoğu, başlangıç sermaye akımı, çıktının büyüme oranı ve yıpranma payı<sup>56</sup> toplamına bölünerek elde edilmektedir. Başlangıç yılında sıfır yatırım beyan eden firmalar için ise firmaların yatırım yapmadan üretim yapamayacağı varsayımı ile ilk pozitif yatırım bildirdikleri yıldan başlangıç yılına kadar iterasyon yapılmıştır. Aynı ayrı yatırım serilerinin sermaye stokları elde edildikten sonra elde edilen seriler toplulaştırılarak her bir firmanın sermaye stoğu serisi elde edilmiştir.

Sermayenin reel fiyatı için sermayenin kullanım maliyeti (*user cost of capital*) hesaplanmıştır<sup>57</sup>. Bölük ve Koç (2010), sermayenin kullanım maliyeti yaklaşımından yola çıkarak reel sermaye fiyatını şu şekilde tanımlamaktadır :

$$P_K = (i + \delta) * P_{I_{DEF}} \quad (3.13)$$

Yukarıdaki ifadede  $i$ , uzun dönem nominal faiz oranını;  $\delta$ , sabit ekonomik yıpranma payını ve  $P_{I_{DEF}}$   $t$  yılındaki yatırım deflatörünü temsil etmektedir.

Demiroğlu (2012) ise sermayenin kullanım maliyetinin; sermayenin alımında kullanılan fonların reel finansman maliyeti ( $r_i$ ), fiziksel yıpranma ( $\delta_i$ ) ve sermaye malının piyasa fiyatındaki değişimler ( $\frac{p_t^K}{p_t^K}$ ) olmak üzere üç birleşenden oluştuğunu ifade etmektedir. Bu durumda 1 liralık sermayenin kullanıcıya reel maliyeti aşağıda verilmektedir.

<sup>55</sup> Her yatırım serisi için ayrı ayrı yatırım deflatörü mevcut olmadığından, farklı sermaye mallarına ait yatırım serileri toplulaştırılmış yatırım deflatörü ile deflate edilmiştir. Kullanılan yatırım deflatörü Kalkınma Bakanlığı'ndan alınmıştır.

<sup>56</sup> Yılmaz ve Özler (2004

), takip ederek bina ve yapı, makine ve teçhizat, ulaşım teçhizatı ve bilgisayar ve programa için sırasıyla %5, %10, %20 ve %30 yıpranma oranları kullanılmıştır.

<sup>57</sup> Jorgenson (1975)'in sermayenin kullanım maliyeti yaklaşımı temel alınarak hesaplanmıştır.

$$R_i = r_i + \delta_i + \dot{p}_i^K / p_i^K \quad (3.14)$$

Ampirik analizde kullanılan reel sermaye fiyatı yukarıdaki ifade kullanılarak hesaplanmıştır. Reel finansman maliyeti olarak Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası veri merkezinden alınan ticari reel kredi faizi serisi kullanılmıştır. Yıpranma payları, Yılmaz ve Özler (2004) çalışmasından yola çıkarak bina ve yapı için %5 ve makine ve teçhizat için %10 olarak belirlenmiştir. Demiroğlu (2012) sermayenin kullanım maliyetinin üçüncü bileşeni olan sermaye malının piyasa fiyatındaki değişimler terimi için yatırım deflatörlerinin gayri safi yurt içi hasıla deflatörüne olan oranının uzun vade eğiliminin kullanılabileceğini belirtmektedir. Bu oran makine ve teçhizat için %2.2 ve inşaat yatırımları için %0.9'dır. Bu oranlar kullanılarak 2005-2013 yılları arasındaki bina ve yapı ile makine ve teçhizat için ayrı ayrı sermaye kullanım maliyetleri hesaplanmıştır. Son olarak, hesaplanan sermaye kullanım maliyetleri, her yıl için firma düzeyinde yatırım serilerindeki bina ve yapı ile makine ve teçhizat payları ile ağırlıklandırılarak firma düzeyinde değişen bir reel sermaye fiyatı serisi elde edilmiştir.

Emek harcamasına Yıllık Sanayi ve Hizmet İstatistiklerinde doğrudan yer verilmektedir. Emek harcamaları, her firma için personele yapılan brüt ödemeler, işverenin sosyal güvenlik ödemeleri, ihbar tazminatı ve kıdem tazminatını içeren tüm ödemeleri kapsamaktadır. Emek girdisi ise ortalama çalışan sayısı<sup>58</sup> ile ifade edilmektedir. Emek girdisine ait harcama ve miktar verisi kullanılarak emek fiyatına ulaşmak mümkündür. Emek fiyatı, firmaların toplam personel harcaması ortalama çalışan sayısına bölünerek elde edilmiştir. Hesaplanan emek fiyatı serisi yıllar içinde ve firma düzeyinde değişkenlik göstermektedir.

Yıllık Sanayi ve Hizmet İstatistiklerinde firmaların elektrik giderleri ve yakıt ve akaryakıt giderleri<sup>59</sup> de doğrudan yer almaktadır. Ancak anket verilerinde herhangi bir enerji kaynağına ait tüketim miktarı bilgisi bulunmamaktadır. Sanayi sektörünün enerji talebi

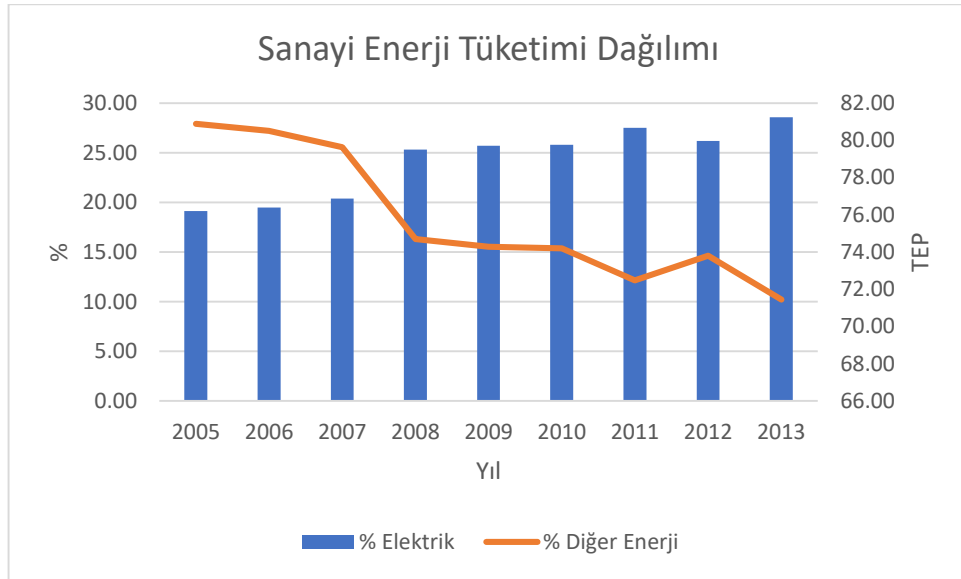
<sup>58</sup> İşveren tarafından her yıl Şubat, Mayıs, Ağustos ve Kasım aylarından beyan edilen ücretli çalışan sayısının ortalamasını ifade etmektedir.

<sup>59</sup> Kömür, ısı, buhar, sıcak su, doğal gaz, benzin, mazot, LPG vb.

ve enerji tüketimi dalgalı bir seyir izlemekle birlikte artma eğilimindedir. 2005 yılında 26.410 ton eşdeğer petrole eşit olan sanayi enerji tüketiminin 2017 yılına geldiğimizde 35.318 ton eş değer petrole<sup>60</sup> yükseldiği görülmektedir<sup>61</sup>.

Sanayi tüketimi enerji kaynaklarına göre incelendiğinde ise elektrik tüketiminin tüm enerji kaynakları arasında dikkat çekici bir paya sahip olduğu görülmektedir. Analize konu olan 2005-2013 döneminde, enerji kaynakları arasında önemli bir paya sahip olan elektrik enerjisinin payının ve dolayısıyla öneminin giderek arttığı gözlemlenmektedir. 2005 yılında sanayi enerji tüketimi içinde elektrik enerjisinin payı %19.12 iken 2013 yılına gelindiğinde bu pay %28.57'ye yükselmiştir.

**Şekil 1. Sanayi Elektrik Tüketimi Dağılımı**



**Kaynak :** 2005 – 2013 Ulusal Enerji Denge Tabloları (YEGM)

İmalat sanayi alt sektörlerinde de elektrik tüketiminin artma eğiliminde olduğu görülmektedir. Örneğin 2005 yılında kimya–petrokimya sektörlerinin enerji tüketiminde

<sup>60</sup> Ton eş değer petrol, çeşitli enerji kaynaklarının tek bir birim cinsinden tanımlanması için kullanılan enerji birimidir.

<sup>61</sup> Kaynak : Ulusal enerji denge genel tabloları.



elektrik enerjisinin payı %21 iken, 2009 yılına gelindiğinde aynı sektörler için elektrik enerjisinin payı %31.7'ye kadar yükselmiştir. 2014 yılına gelindiğinde ise aynı sektörler için söz konusu oranın %50 oranına ulaştığı görülmektedir.

Elektrik tüketiminin toplam enerji içindeki yükselen artışı ve diğer enerji kaynakları bileşenlerinin firma ya da sektör düzeyinde tüketim verilerine ulaşmanın elektrik enerjisine göre daha kısıtlı olması nedenleriyle bu çalışmada enerji üretim faktörünün elektrik ile temsil edilmesine karar verilmiştir. İlgili literatürde de çeşitli çalışmalarda elektriğin enerji faktörünü temsil ettiği görülmektedir<sup>62</sup>. Veri kısıtlarının aşılması durumunda enerji üretim faktörünün de ayrıştırıldığı hatta enerji kaynaklarının kendi aralarındaki ikame edilebilirliklerinin de incelendiği çalışmaların yapılması ilgili literatür için belirgin bir katkı olacaktır.

Sektörel elektrik fiyatlarını hesaplayabilmek için gerekli elektrik tüketim verilerine Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM) tarafından yayınlanan ulusal enerji genel denge tabloları<sup>63</sup> ile Türkiye Elektrik İletim A.Ş.'den (TEİAŞ) temin edilen sektörel elektrik tüketim verileri derlenerek ulaşılmıştır. Bu iki ayrı kaynaktan elde edilen tüketim verileri ortak sektörler için karşılaştırılarak tutarlılıkları kontrol edilmiştir. Her iki veri kaynağında da sektörel tüketim verileri iki hane düzeyinde gigawatt saat cinsinden sunulmaktadır. Gigawat cinsindeki elektrik tüketim miktarı ton eşdeğer petrole çevrilerek<sup>64</sup> elektrik fiyatı TEP/TL cinsinden hesaplanmıştır. Sektörel enerji fiyat serisi elde etmek için bu iki veri seti birleştirilerek mümkün olan en geniş kapsamlı enerji tüketim verisine ulaşılmaya çalışılmıştır<sup>65</sup>. Elektrik tüketim verilerine nadiren tek bir bölüm için ulaşmak mümkün olurken, bazı durumlarda ilgili bölümlerin elektrik tüketim verileri toplulaştırılarak sunulmuştur. Bu durumda ilgili bölümlerin elektrik harcamaları

<sup>62</sup> Bknz : Amberg ve Bjorner (2007), Bölük ve Koç (2010)

<sup>63</sup> Ulusal düzeldde enerji arz dağılımını, sektörel enerji tüketimini ve elektrik ve ısı üretim bilgilerini içeren tablolardır.

<sup>64</sup> 1 GwH = 85.9845 TEP

<sup>65</sup> Türkiye İstatistik Kurumu tarafından 2005, 2014 ve 2017 yıllarında “Sektörlere ve Kullanım Alanlarına Göre Nihai Enerji Tüketimi” istatistikleri yayınlamıştır. Bu istatistiklerden sadece 2014 yılında yayınlanan bülten, kısım ve bölüm düzeylerinde elektrik tüketimlerini içermektedir. 2005 ve 2017 yıllarındaki bültenlerde ise sadece kısım düzeyinde elektrik tüketim miktarları yer almaktadır. Bültenlerin sürekliliğinin olmaması ve içerik olarak tutarlı olmaması nedeniyle elektrik fiyatı türetilirken bu istatistiklerden yararlanmak mümkün olmamıştır.

da toplulaştırılarak bu bölümler için toplulaştırılmış elektrik fiyatı elde edilmiştir. Nihai durumda elde edilen elektrik fiyat serileri iki hane düzeyindeki sektörler için hesaplanmıştır<sup>66</sup>.

Son üretim faktörü olan malzeme faktörü için yapılan harcamalar Yıllık Sanayi ve Hizmet İstatistiklerinde firma düzeyinde yer almaktadır. Ancak diğer faktörlerden farklı olarak bu harcama verisinden sadece toplam maliyet ve faktör payları hesaplarında yararlanılmıştır. Nitekim malzeme fiyatları için doğrudan Türkiye İstatistik Kurumu tarafından yayınlanan NACE Rev. 1 sınıflandırmasına kısım, bölüm ve grup düzeyindeki yurt içi üretici fiyat endeksi kullanılmıştır<sup>67</sup>. İlgili fiyat endeksi 2005-2013 yılları için mevcuttur. Bu nedenle ampirik analize en son 2013 yılı dahil edilebilmiştir. Fiyat endeksi firma verisi ile birleştirilmeden önce NACE Rev.1 kodları NACE Rev 2 ile uyumlu hale getirilmiştir. Dönüştürme tabloları kullanılarak yapılan dönüşümler sonrasında birçok sektör için 4 hane düzeyinde üretici fiyat endeksi kullanılabilir hale gelmiştir. Dört hane düzeyinde endekse ulaşamadığı durumda ise iki hane düzeyindeki yurt içi üreti fiyat endeksi malzeme fiyatı olarak kullanılmıştır.

Son olarak çıktı; firmanın nihai ürünlerden yıllık satışları, sözleşmeli imalattan elde edilen gelirleri ve yıl sonunda nihai ürünlerin stok değerinden nihai ürünlerin yılbaşı stok değerinin çıkarılması ile elde edilen değerlerin toplanması ile elde edilmiştir. Çıktı, baz senesi 2003 olan 4 hane düzeyindeki üretici fiyat endeksi kullanılarak deflate edilmiştir.

Ampirik modelde standart translog maliyet fonksiyonuna endüstri sabit etkileri ve firma düzeyinde kontrol değişkenleri eklenmiştir. Endüstri sabit etkileri her bir alt sektör için zaman içinde değişmeyen yapısal özellikleri kontrol etmektedir. Analizde toplamda imalat sanayinin on alt sektörüne yer verilmiştir. Anket verileri daha fazla alt sektör için firma verisini içermektedir. Ancak elektrik tüketim verisinin sadece bu alt sektörler için ulaşılabilir olması diğer alt sektörleri elememizi zorunlu kılmıştır. Tablo 2’te ampirik

<sup>66</sup> Sadece elektrik tüketimi yüksek olan 23.51 Çimento ve 24.10 Demir-Çelik için dört hane düzeyinde elektrik tüketimine ulaşılmıştır. Bu alt bölümler için dörtlü düzeyde sektör sınıflandırmasına ait elektrik fiyatı kullanılmıştır.

<sup>67</sup> Endeksin baz yılı 2003 senesidir.

analize dahil edilen sektörlerin isimleri ve her bir sektörün toplam firma sayısı içindeki payları yer almaktadır.

**Tablo 2. Analizde Kullanılan Bölümler ve Toplam Gözlem İçindeki Payları**

Sektör	Bölüm	Endüstri Tanımı	Yüzde
1	10	Gıda ürünleri İmalatı	25.3
	11	İçeceklerin imalatı	1.37
	12	Tütün ürünleri imalatı	0.24
2	13	Tekstil ürünleri imalatı	28.94
	15	Deri ve ilgili ürünlerin imalatı	6.10
3	17	Kağıt ve kağıt ürünlerinin imalatı	5.28
4	19	Kok kömürü ve rafine edilmiş petrol ürünlerinin imalatı	0.42
	20	Kimyasalların ve kimyasal ürünlerin imalatı	6.11
5	23	Diğer metalik olmayan mineral ürünlerin imalatı	18.31
6	24	Ana metal sanayi	7.92
<b>Toplam</b>			100

Daha önce de belirtildiği gibi elektrik tüketim verilerinde bazı bölümlere ait tüketim verileri toplulaştırılarak verilmiştir. Yukarıdaki tabloda yer alan sektör sütunu bu toplulaştırmanın hangi bölümler için yapıldığını açıklamaktadır.

Translog maliyet fonksiyonuna dahil edilen diğer bir kukla değişken ticaret kukla değişkenidir. Bu kukla değişken her bir firmanın dış ticaret statüsüne göre 0 ya da 1 değerini almaktadır<sup>68</sup>. Analize dahil edilen tüm firmaların içinde %35.38'i dış ticaret yapmamaktadır, %14.76'sı sadece ithalat yapmaktadır, % 9.61'i sadece ihracat yapmakta ve son olarak %40.24'ü hem ihracat hem de ithalat yapmaktadır.

Firma büyüklüğü modelde yer alan diğer bir kukla değişkendir. Bu değişkende, veri setinde yer alan firmalar çalışan sayılarına göre dört kategoriye ayrılmıştır<sup>69</sup>. Çalışan sayısı 20-49 arasında olan firmalar küçük, 50-249 arasında olan firmalar orta, 250 ve üzeri olan firmalar ise büyük firma olarak nitelendirilmiştir. Çalışmaya çalışan sayısı 20 ve üzerinde olan firmalar dahil edilmiştir. Veri seti içindeki firmaların %54.62'si küçük ve %34.19'u ise orta büyüklükteki firmalar ve %11.20'si büyük firmalardan oluşmaktadır.

Ayrıca firmalar arasındaki faktörler arası ikamenin nasıl değiştiğini belirlemek için esneklik hesaplamaları firmalar farklı özelliklerine göre gruplandırılarak tekrarlanmıştır. Bu amaçla firmalar enerji kullanımına göre üç ayrı alt örnekleme ayrılmıştır. Deininger vd. (2018)'in çalışmasından hareketle toplam maliyet içerisinde enerji harcamalarının payı %1.1'in altında olan firmalar düşük enerji kullanımlı firmalar, enerji harcamaları payı %1.1 ile %2 arasında olan firmalar orta enerji kullanımlı firmalar ve son olarak enerji harcamaları payı %2 ve üzerinde olan firmalar yüksek enerji kullanımlı firmalar olarak adlandırılmaktadır. Bu sınıflandırmaya göre veri setindeki firmaların %48.53'ü düşük enerji kullanımlı, %22.19'u orta enerji kullanımlı ve son olarak %29.30'u yüksek enerji kullanımlı firmalardır. Ampirik analizin enerji kullanımına göre ayrılan alt örneklemeler için tekrarlanması faktörler arası ikame esnekliğinin enerji harcamaları payına

<sup>68</sup> Firmaların dış ticaret statüleri, Yıllık Sanayi ve Hizmet İstatistikleri ile Dış Ticaret İstatistikleri verileri birleştirilerek elde edilmiştir.

<sup>69</sup> Bu sınıflandırmada KOSGEB tarafından yapılan firma büyüklüğü sınıflandırması esas alınmıştır.

duyarlılığını görmemize imkan verecektir.Tablo 3’de yukarıda açıklanan değişkenlere ait özet istatistiklere yer verilmektedir.

**Tablo 3. Tanımlayıcı İstatistikler**

<i>Değişkenler</i>	<i>Ortalama</i>	<i>Standart Hata</i>
Sermaye Stoğu (1000TL)	23688.2	52540.3
Malzeme Harcamaları (1000TL)	14200.80	10800.4
Elektrik Harcamaları (1000 TL)	595.2	3940.1
Sermaye Fiyatı (%)	18.55	4.42
Malzeme Fiyatı (İndeks)	165.97	44.07
Emek Fiyatı (1000 TL)	15.40	11.45
Elektrik Fiyatı (TL/TOPE)	1657.97	475.78

## 4. BÖLÜM

### AMPİRİK BULGULAR

Bu tez çalışmasında Türkiye imalat sanayi için talebin fiyat esnekliği ve Morishima ikame esneklikleri 2005-2013 yılları için firma verisi kullanılarak hesaplanmaktadır. Bu amaçla dört faktörlü translog maliyet fonksiyonu ve her bir faktöre ait faktör pay denklemleri görünürde ilişkisiz regresyon yöntemi kullanılarak eş anlı olarak tahmin edilmiştir<sup>70</sup>. Bu denklemlerden elde edilen katsayılar kullanılarak firmaların talep esnekliği ve Morishima ikame esnekliği değerleri hesaplanmıştır.

Çalışmanın bu bölümünde, ampirik analizden elde edilen sonuçlara ve bu sonuçların daha önce yapılmış mikro veri çalışmaları ile karşılaştırılmasına yer verilmektedir. İkame esnekliği sonuçlarını tartışmadan önce tahmin edilen maliyet fonksiyonunun düzenlilik koşullarını sağlayıp sağlamadığının belirlenmesi gerekmektedir. Barnett (2002), düzenlilik koşulları sağlamadığında optimizasyon davranışının ikinci sıra koşullarının ve dualite teorisinin sekteye uğradığını; sonuçta elde edilen birinci sıra koşulların, talep fonksiyonlarının ve arz fonksiyonlarının geçersiz olduğunu belirtmektedir. Benzer şekilde Baum ve Linz (2009), konkavlığın ampirik olarak red edilmesinin esneklik tahminlerinin güvenilirliğini sarsacağına altını çizmektedir. Tez çalışmasında hesaplanan ikame esnekliklerinin güvenilirliğinden emin olmak için düzenlilik koşullarına bakılmıştır. Translog maliyet fonksiyonu tahminlerinde homojenlik ve simetri koşulları modele tahmin öncesinde doğrusal kısıtlar olarak dahil edilmektedir. Ancak translog maliyet fonksiyonunun konkavlık ve monotonluk özelliklerini global olarak sağlayıp sağlamadığı tahmin sonrasında test edilmektedir. Baum ve Linz (2009), global konkavlık koşulunun tahmin öncesinde modele kısıt olarak eklenebileceğini ancak bu durumda modelin esnekliğinin azalacağını belirtmektedir. Nitekim translog maliyet tahmini yapan çalışmalarda monotonluk ve konkavlık özellikleri tahmin sonrasında test edilmektedir<sup>71</sup>.

<sup>70</sup> Ampirik analizler Stata paket programda yapılmıştır.

<sup>71</sup> Bknz : Brendt ve Wood (1976), Griffin ve Gregory (1979), Fuss (1977), Haller ve Hyland (2014)

Translog maliyet fonksiyonunun temsil gücünü tespit etmek için ilk olarak, gözlemlenen maliyet payları ile tahmin edilen maliyet payları karşılaştırılmıştır. Tablo 4’de Türkiye imalat sanayinde analize konu olan firmalar için 2005-2013 döneminde gözlemlenen maliyet payları ile tahmin edilen maliyet payları sunulmaktadır. Tablo 4’de verilen değerler gözlemlenen değerler ile tahmin edilen değerlerin çok yakın olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, seçilen fonksiyonel formun temsil yeteneğinin güçlü olduğuna işaret etmektedir.

**Tablo 4. Tahmin Edilen Faktör Payları ile Gözlemlenen Örneklem Ortalamalarının Karşılaştırılması**

Faktör Payı	Tahmin Edilen		Örneklem Ortalaması	
	Ortalama	Standart Hata	Ortalama	Standart Hata
<b>Sermaye</b>	0.461	0.056	0.463	0.258
<b>Emek</b>	0.090	0.039	0.088	0.085
<b>Enerji</b>	0.021	0.009	0.021	0.030
<b>Malzeme</b>	0.428	0.091	0.428	0.247

İkinci olarak, tahmin edilen maliyet fonksiyonunun düzenlilik özelliklerini sağlaması için monotonluk ve quasi konkavlık koşullarını sağlaması gerekmektedir. Translog maliyet fonksiyonu için bu koşullar gözlemlerde ortaya çıkan monotonluk ve konkavlık ihlalleri incelenerek belirlenmiştir. Monotonluk, tahmin edilen maliyet paylarının negatif değerler almaması anlamına gelmektedir. Veri setinde sadece sermaye faktör payında 75 gözlemin ve malzeme faktör payında 149 gözlemin bu özelliği ihlal ettiği görülmüştür. Emek ve enerji faktör paylarında ise negatif değer alan gözlemler yer almamaktadır. Bu sonuca göre veri seti içinde yer alan 58408 gözlem içinde % 99.62’si monotonluk özelliğini sağlamaktadır. Monotonluk özelliğini sağlamayan gözlemler, ikame esneklikleri hesaplanmasından önce veri setinden düşürülmüştür.

Haller ve Hyland (2014), tahminlerden elde edilen Hessian matrisi negatif yarı belirli; başka bir deyişle örneklem ortalamasında değerlendirilen faktörlerin kendi fiyat esneklikleri negatif ise quasi konkavlık özelliğinin sağlandığını belirtmektedir. Bu çalışmadan yola çıkarak konkavlık özelliğinin geçerliliğini kontrol etmek için tahmin

edilen talebin kendi fiyat esneklikleri arasında negatif değerler alan gözlemler araştırılmıştır. Tahmin edilen talep esneklikleri içinde sermaye ve malzeme faktörlerinin kendi fiyat esnekliğinin pozitif olduğu gözlemlere rastlanmamıştır. Enerji faktörünün kendi fiyat esnekliğinin 57 gözlemde pozitif olduğu tespit edilmiştir. Emek faktöründe ise pozitif kendi fiyat esnekliği 1328 gözlemde bulunmaktadır<sup>72</sup>. Sonuç olarak toplamda gözlemlerin sadece %2.3'ü quasi konkavlık koşullarını ihlal etmektedir. Diğer yandan Fuss (1977), faktörlerin kendi fiyat esnekliklerinin negatif olması ve faktör ikilileri arasında genel olarak ikame ilişkisinin gözlemlenmesinin maliyeti minimize eden faktör talep teorisinin varsayımlarının korunduğuna işaret ettiğini belirtmektedir. Nitekim tüm gözlemler için ikili çapraz fiyat esneklikleri hesaplandığında malzeme ve emek haricinde tüm faktör ikilileri arasında ikame ilişkisi tespit edilmiştir.

#### 4.1 İMALAT SANAYİ ESNEKLİK HESAPLAMALARI

Tablo 5'de tüm gözlemlere ait translog maliyet fonksiyonu ve denklem pay denklemleri tahminlerine yer verilmektedir. Daha önce de belirtildiği gibi ikame esnekliği değerleri maliyet fonksiyonu ve faktör pay denklemlerinin eş anlı tahmininden elde edilen katsayılar kullanılarak hesaplanmaktadır. Maliyet fonksiyonu ve pay denklemlerinin tahmin edilen katsayıları, esneklikler ile ilgili doğrudan bir bilgi içermemektedir. Bu nedenle translog maliyet fonksiyonu katsayılarının tahminlerine sadece tüm gözlemler için yer verilmektedir. Tablo 5'de parametre tahminlerinin büyük çoğunluğunun istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Nguyen ve Streitwieser (1999), parametre tahmin sonuçlarının çoğunluğunun istatistiksel olarak anlamlı olmasının bu tahmin sonuçlarına dayanarak hesaplanan esneklik değerlerinin güvenilir olduğu anlamına geldiğini belirtmektedir.

<sup>72</sup> Thompson Jr ve Wolf (1993), emek maliyetinin toplam maliyet içindeki payının düşük olmasının pozitif kendi fiyat esnekliğine neden olabileceğini belirtmektedir. Bardazzi vd. (2015) ise pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı emek fiyat esnekliğinin ücret etkinliğinin bir göstergesi olabileceğini belirtmektedir. Çalışmalarında orta-yükseklikteki teknoloji yoğun sektörlerde emeğin kendi talep esnekliği pozitif bulunmuştur.



**Tablo 5. İmalat Sanayi Translog Maliyet Fonksiyonu Tahminleri**

<i>Parametre</i>	<i>Katsayı</i>	<i>Standart Hata</i>
$a_k$	0.658***	[0.0221]
$a_l$	0.325***	[0.00960]
$a_e$	0.0582***	[0.00334]
$a_m$	-0.0412***	[0.00721]
$b_{kk}$	0.00235	[0.00301]
$b_{kl}$	0.00162	[0.00100]
$b_{ke}$	0.00408***	[0.000381]
$b_{km}$	-0.00804***	[0.00280]
$b_{ll}$	0.0570***	[0.00130]
$b_{le}$	0.00109*	[0.000585]
$b_{lm}$	-0.0597***	[0.00190]
$b_{ee}$	0.0582***	[0.00334]
$b_{em}$	0.000353	[0.00118]
$b_{mm}$	0.0674***	[0.00375]
$c_k$	-0.0173***	[0.00144]
$c_l$	-0.0318***	[0.000617]
$c_e$	-0.00191***	[0.000188]
$c_m$	0.0510***	[0.00140]
$\gamma$	0.906***	[0.0138]
Gözlem sayısı : 58408 *** p<0.01, ** p<0.05 , *p<0.1		

Tablo 6’da tüm firmalar için hesaplanan talebin kendi ve çapraz fiyat esneklikleri sunulmaktadır. Esneklik tahminleri, translog maliyet fonksiyonundan elde edilen parametre tahminlerinin doğrusal olmayan bir fonksiyonudur. Dolayısıyla bu esneklik tahminlerine ait standart hatalar için yaklaşık değerler, Taylor yaklaşımına dayanan delta yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır (Greene, 2002)<sup>73</sup>. Tablo 6’da sunulan sonuçlara göre tüm çapraz fiyat esneklikleri %1 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır. Tüm faktörlerin kendi fiyat esneklikleri negatiftir. -1.245 ile enerji en yüksek kendi fiyat esnekliğine sahip faktörken; emek -0.276 ile kendi fiyat esnekliği en düşük

<sup>73</sup> Standart hatalar Stata 14 paket programında hesaplanmıştır.

üretim faktörüdür. Bulgular, Türkiye imalat sanayi firmalarının üretim sürecinde üretim faktörleri arasında en çok enerji fiyatındaki değişimlere tepki verdiğini göstermektedir.

Enerjinin kendi fiyat esnekliğine ilişkin sonuçların literatürde firma düzeyinde yapılan mikro veri çalışmaları ile uyumlu olduğu görülmektedir. Örneğin, Woodland (1993) Avustralya imalat sanayinde yatay kesit verisi ile çeşitli yakıt paternleri için ikame esnekliğini hesapladığı çalışmada tüm yakıt paternlerinde elektiriğin kendi fiyat esnekliğinin mutlak değerini birden büyük hesaplamıştır. Benzer şekilde Nguyen ve Streitwieser (1999)'ın Amerika imalat sanayi için yaptığı yatay kesit analizinde ortalama bir imalat sanayi firmasında enerji, en yüksek talep esnekliğine sahip faktördür. Arnberg ve Bjorner (2007)'in Danimarka imalat sanayi firmaları için yaptığı yatay kesit tahminlerinde -1.517 değeri ile elektrik en yüksek esnekliğe sahip faktör olup; sabit etkiler modelinin bulguları, en yüksek esneklik değerinde sahip faktörün makine olduğunu göstermektedir. Haller ve Hyland (2014) ise ortalama bir İrlanda imalat sanayi firmasında enerjinin -1.459 kendi fiyat esnekliği değeri ile en esnek faktör olarak tespit edildiği diğer bir çalışmadır. Benzer şekilde Bardazzi vd. (2015), İtalya imalat sanayi firmalarının genelinde ve teknoloji yoğunluklarına göre sınıflandırdıkları alt örneklerde enerji için -0.940 ile -1.310 değerleri arasında değişkenlik gösteren kendi fiyat esneklikleri hesaplamaktadır. Bu değerlere göre enerji tüm sınıflandırmalarda fiyat esnekliği en yüksek üretim faktörüdür. Son olarak Deininger vd. (2018) İsviçre imalat sanayi firmaları için panel veri kullanarak yaptığı doğrusal logit model tahminlerinde düşük enerji kullanımlı firmalar haricinde tüm firmalarda sermaye en yüksek talep esnekliğine sahip faktördür. Aynı çalışmada kullanılan translog model tahminine göre ise düşük ve yüksek enerji kullanımlı firmalarda enerji en yüksek kendi fiyat esnekliğine sahip faktör iken; tüm gözlemlerde ve orta enerji kullanımlı firmalarda sermaye en yüksek kendi talep esnekliğine sahip faktördür. Bu sonuçlara göre mikro veri çalışmalarının büyük çoğunluğunda enerji, kendi talep esnekliğinin en yüksek olan üretim faktörüdür. Bulgular, enerji fiyat şoklarına firmaların enerji taleplerini düşürerek cevap verdiğini göstermektedir.

**Tablo 6. İmalat Sanayi Talebin Kendi / Çapraz Fiyat Esneklikleri**

<i>Fiyat Esnekliği</i>	<i>Katsayı</i>	<i>Standart Hata</i>
$\varepsilon_{KK}$	-0.534***	[0.00653]
$\varepsilon_{KL}$	0.0933***	[0.00218]
$\varepsilon_{KE}$	0.0296***	[0.000826]
$\varepsilon_{KM}$	0.411***	[0.00606]
$\varepsilon_{LK}$	0.479***	[0.0112]
$\varepsilon_{LL}$	-0.276***	[0.0145]
$\varepsilon_{LE}$	0.0329***	[0.00651]
$\varepsilon_{LM}$	-0.237***	[0.0211]
$\varepsilon_{EK}$	0.658***	[0.0183]
$\varepsilon_{EL}$	0.142***	[0.0282]
$\varepsilon_{EE}$	-1.245***	[0.0651]
$\varepsilon_{EM}$	0.445***	[0.0566]
$\varepsilon_{MK}$	0.443***	[0.00654]
$\varepsilon_{ML}$	-0.0497***	[0.00443]
$\varepsilon_{ME}$	0.0216***	[0.00275]
$\varepsilon_{MM}$	-0.415***	[0.00877]
Gözlem Sayısı	56799	
<i>Parantez içindeki standart hatalar delta yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır.</i>		
<i>***p&lt;0.01, **p&lt;0.05, *p&lt;0.1</i>		

Tablo 6’da sunulan çapraz fiyat esneklikleri, emek ve malzeme faktör ikilisi haricinde tüm faktör ikililerinin ikame olduğunu ortaya koymaktadır. Esneklik değerleri faktörler arasında belirgin şekilde farklılaşmaktadır. Sonuçların literatürdeki diğer mikro veri çalışmaları ile uyumlu olduğu görülmektedir. Woodland (1993) ve Arnberg ve Bjorner (2007) faktör ikililerin büyük çoğunluğunda ikame ilişkisi tespit etmişlerdir. Nguyen ve Streitwieser (1999) ile Haller ve Hyland (2014) tüm firmaları kapsayan veri seti için tüm faktör ikililerinin ikame edilebilir olduğu sonucuna varmıştır. Benzer şekilde Deininger (2018), doğrusal logit modelde tüm veri seti için tüm faktör ikililerinin ikame olduğu sonucuna ulaşmıştır. Son olarak Bardazzi vd. (2015) çalışmasında tüm gözlemlerde emek ve malzeme faktör ikilileri dışındaki tüm faktör ikililerinin ikame olduğu tespit edilmiştir.

Firma düzeyinde yapılan çalışmaların genelinde faktör ikilileri arasında ikame ilişkisinin dominant olduğu görülmektedir. Üretim faktörleri arasındaki ikame ilişkisinin baskın olması imalat sanayi firmalarında üretim süreçlerinin görece esnek olduğu şeklinde değerlendirilebilir. Ancak tek başına esnekliğin işaretini değerlendirmek yanıltıcı olacaktır. Bu noktada hesaplanan esnekliklerin mutlak değerleri de önem kazanmaktadır. Nitekim Türkiye imalat sanayi firmalarında çapraz fiyat esneklikleri ikame faktör ikilileri arasında 0.0216 ile 0.658 arasındaki değerleri almaktadır. Bu değerler, faktör ikilileri arasında ikame ilişkisine işaret etmekle birlikte ikamenin sınırlı olduğunu göstermektedir. Türkiye İmalat sanayinde faktörler arasında ikame ilişkisinin sınırlı olması üretim yapısının esnekliğinin düşük olduğuna işaret etmektedir.

Tez çalışmasının konusu olan sermaye-enerji ikame edilebilirliği ekseninde çapraz fiyat esneklikleri incelendiğinde  $\varepsilon_{KE}$  esneklik değerinin 0.0296 olduğunu ve %1 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Bu değer enerji fiyatında ortaya çıkan %1 oranında bir artışın sermaye talebini %0.0296 arttıracığı anlamına gelmektedir. Çapraz fiyat esnekliğinin sıfırdan büyük olması sermaye ve enerji arasında ikame ilişkisine işaret etmektedir. Fakat esneklik değerinin 1'den küçük ve 0'a yakın olması analize dahil olan firmalarda sermaye ve enerji arasında ancak zayıf ikameden bahsedebileceğimiz anlamına gelir. Dolayısıyla çapraz fiyat esnekliği sonuçları, Türkiye imalat sanayi firmalarında sermaye ve enerji arasında zayıf ikame ilişkisi olduğunu göstermektedir.

Sermaye-enerji ikame edilebilirliği literatürü, sermaye ve enerji üretim faktörleri arasındaki ilişki ile ilgili ortak bir sonuca ulaşamamaktadır. Aynı durumun mikro veri kullanılarak yapılan çalışmalarda da devam ettiği görülmektedir. Tüm gözlemler için elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, yatay kesit verisi ile yapılan tahminlerde Woodland (1993) ve Nguyen ve Streitwieser (1999) iki faktör arasında zayıf ikame ilişkisi tespit etmiştir<sup>74</sup>. Amber ve Bjorner (2007), panel translog modelde hem elektriğin hem de diğer enerji türlerinin sermaye ile zayıf tamamlayıcı olduğu sonucuna ulaşmıştır. Aynı

<sup>74</sup> Woodland (1993), Avusturalya imalat sanayi firmalarında ilgili esneklik değerini 0.051 olarak hesaplamıştır. Nguyen ve Streitwieser (1999), Amerika imalat sanayi firmaları için tüm gözlemlerde aynı esnekliği 0.011 olarak hesaplamıştır.

çalışmanın yatay kesit translog model tahmini bulgularına göre elektrik ile sermaye zayıf ikame; diğer enerji ile sermaye ise zayıf tamamlayıcı faktörlerdir<sup>75</sup>. Diğer yandan Haller ve Hyland (2014), iki faktör arasında zayıf ikame edilebilirlik olduğu sonucuna ulaşırken; Bardazzi vd. (2015) söz konusu faktörler arasında zayıf tamamlayıcı ilişkisi tespit etmiştir<sup>76</sup>. Son olarak Deininger vd. (2018), translog maliyet modelde zayıf tamamlayıcılık ilişkisi gözlemlenmiştir ancak ilişki istatistiksel olarak anlamlı değildir<sup>77</sup>. Bulgular, Türkiye imalat sanayi ile İrlanda imalat sanayinin sermaye-enerji ikame ilişkisi açısından benzediğini göstermektedir. Bu benzerliğin iki ülkenin imalat sanayi firmalarının maliyet yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir. Translog maliyet pay denklemlerinden hesaplanan katsayıların sifira yakın değerler alması çapraz fiyat esnekliği sonuçlarının fiyatı değişen faktörün maliyet payı tarafından belirlenmesi sonucunu doğurmaktadır. İrlanda imalat sanayindeki ortalama bir firmanın sermaye maliyet payı 0.452 iken; Türkiye imalat sanayinde ortalama firmanın sermaye maliyet payı 0.463 olarak gözlemlenmektedir. Enerji maliyet payı ise İrlanda için 0.018 iken; Türkiye için 0.021 olarak hesaplanmıştır<sup>78</sup>. Sermaye-enerji ikame edilebilirliğindeki bu benzerliği, iki ülkenin gelişmişlik düzeyleri ve imalat sanayi firmalarının yapısal özelliklerinden bağımsız olarak maliyet yapısındaki bu benzerliğin yarattığı düşünülmektedir.

Türkiye imalat sanayi firmaları için hesaplanan çapraz fiyat esnekliklerinin diğer bir özelliği asimetrik olmalarıdır. Tüm gözlemler için hesaplanan  $\varepsilon_{EK}$  değeri bu asimetrik yapıyı yansıtmaktadır. Tablo 3’de görüldüğü gibi sermaye fiyatında ortaya çıkan %1 artış, enerji talebini yüzde %0.658 oranında arttırmaktadır. İki faktör arasındaki ikame esnekliği değişen faktör fiyatı sermaye olduğunda çok daha güçlü bir ikame ilişkisine işaret etmektedir. İlgili literatür incelendiğinde genel olarak enerjinin sermaye ikamesinin

<sup>75</sup> Danimarka imalat sanayi için yapılan çalışmada panel translog modelde ilgili esneklikler elektrik için -0.061, diğer enerji için -0.049 olarak hesaplanmıştır. Elektrik için hesaplanan esneklik istatistiksel olarak anlamlı değildir. Yatay kesit translog model tahminlerinde ise aynı esneklikler sırasıyla 0.206 ve -0.197 olarak hesaplanmıştır. Her ikisi de istatistiksel olarak anlamlıdır.

<sup>76</sup> İrlanda ve İtalya imalat sanayi firmaları için yapılan çalışmalarda  $\varepsilon_{KE}$  değeri sırasıyla 0.037 ve -0.021 olarak hesaplanmıştır.

<sup>77</sup> İsviçre imalat sanayi firmaları için yapılan tahminlerde, translog modelde  $\varepsilon_{KE} = -0.007$  iken doğrusal logit modelde aynı katsayı 0.010 ile zayıf ikame edilebilirlik ilişkisine işaret etmektedir. Ancak her iki esneklik de istatistiksel olarak anlamlı değildir.

<sup>78</sup> Karşılaştırmada gözlemlenen örneklem ortalamalarından yararlanılmıştır.

( $\sigma_{EK}$ ), sermayenin enerji ikamesini ( $\sigma_{KE}$ ) domine ettiği görülmektedir. Örneğin Haller ve Hyland (2014) de tüm gözlemlerde  $\varepsilon_{KE}$  değerini 0.037,  $\varepsilon_{EK}$  değerini ise 0.921 olarak hesaplamıştır. Kim ve Heo (2013), sermaye ve enerji faktörleri arasındaki asimetrinin iki nedeni olduğunu belirtmektedir. İlk olarak, sermaye fiyatının uzun dönemde enerji fiyatından daha hızlı artması bu asimetriye neden olabilir. İkinci olarak, enerji maliyetlerinin sermaye maliyetinden belirgin derecede az olduğu durumda maliyeti minimize eden bir firmanın sermaye maliyetlerine karşı daha duyarlı olması beklenmektedir. Tablo 4.1'den de görüldüğü üzere ikinci argüman Türkiye imalat sanayi firmaları için geçerlidir. Gözlemlenen ve tahmin edilen sermaye maliyet payı 0.46; enerji maliyet payı ise 0.02'dir. Dolayısıyla firmaların yüksek sermaye maliyet oranı nedeniyle sermaye fiyatındaki değişimlere daha duyarlı oldukları görülmektedir.

Tablo 7'de tüm gözlemler için hesaplanan Morishima esneklikleri sunulmaktadır. Morishima esneklikleri Bölüm 3'te açıklandığı gibi faktörlerin kendi ve çapraz fiyat esneklikleri arasındaki ilişkiden yola çıkarak hesaplanmıştır. Standart hatalar ise yine delta yöntemi ile hesaplanmıştır.

**Tablo 7. İmalat Sanayi Morishima Esneklikleri**

<i>Morishima Esnekliği</i>	<i>Katsayı</i>	<i>Standart Hata</i>
$\sigma_{KL}^M$	0.369***	[0.0143]
$\sigma_{KE}^M$	1.274***	[0.0653]
$\sigma_{KM}^M$	0.825***	[0.0140]
$\sigma_{LK}^M$	1.013***	[0.0149]
$\sigma_{LE}^M$	1.278***	[0.0689]
$\sigma_{LM}^M$	0.178***	[0.0273]
$\sigma_{EK}^M$	1.191***	[0.0208]
$\sigma_{EL}^M$	0.418***	[0.0303]
$\sigma_{EM}^M$	0.860***	[0.0604]
$\sigma_{MK}^M$	0.976***	[0.0128]
$\sigma_{ML}^M$	0.226***	[0.0182]
$\sigma_{ME}^M$	1.266***	[0.0674]
Gözlem Sayısı	56799	
Parantez içinde verilen standart hatalar delta yöntemi ile hesaplanmıştır.		
*** p<0.01 ** p<0.05 * p<0.1		

Morishima ikame esneklikleri tüm faktör ikilileri arasında ikame ilişkisi olduğunu göstermektedir. Tüm esnekliler %1 anlamlılık düzeyinde anlamlıdır. Morishima ikame esnekliklerinin 1'den büyük değer alması ilgili faktör ikilisi arasında güçlü bir ikame ilişkisine işaret etmektedir. Tabloya göre enerji fiyatındaki %1 artış,  $K/E$  oranında %1.274 artışa neden olmaktadır. Sermaye fiyatındaki %1 artış ise  $K/E$  oranında %1.191 artışa neden olmaktadır. Morishima ikame esnekliği de çapraz fiyat esnekliği gibi asimetrik bir ikame ölçüsüdür. Dolayısıyla iki faktör arasındaki ikame ilişkisinin gücü ve yönü fiyatı değişen faktöre bağlı olarak değişebilir. İkame asimetrisinin ortadan kalkmasının sebebi Thompson ve Taylor (1995)'in de belirttiği gibi Morishima ikame esnekliğinin maliyet paylarına duyarlı bir esneklik ölçüsü olmamasıdır.

Daha önce Bölüm 1 ve Bölüm 2'de açıklandığı üzere çapraz fiyat esnekliği ve Allen-Uzawa ikame esneklikleri literatürde en sık kullanılan esneklik hesaplamalarıdır. Morishima ikame esnekliğinin, çapraz fiyat esnekliği ve Allen-Uzawa ikame

esnekliklerinden teorik üstünlüğü kabul edilse de her çalışmada sonuçlarına yer verilmemektedir. Konuyla ilgili mikro veri çalışmaları arasında Nguyen ve Streitwieser (1999), Haller ve Hyland (2014) ve Bardazzi vd. (2015) çalışmalarında Morishima ikame esnekliği sonuçları sunulmaktadır. Bu çalışmaların hepsinde  $\sigma_{KE}^M$  esneklik değeri 1'den büyüktür. Sonuç olarak literatürdeki mikro veri çalışmalarının tümünde sermaye-enerji faktörleri arasında güçlü ikame ilişkisi tespit edilmiştir. Türkiye imalat sanayi firmaları için hesaplanan esneklik de bu sonucu desteklemektedir.

Sonuç olarak Türkiye imalat sanayi firmalarında sermaye-enerji çapraz fiyat esneklik ölçüsüne göre zayıf ikame iken; Morishima ikame esnekliği ölçüsüne göre güçlü ikamedir. Her iki esneklik sonucunun da teorik öngörüler ile uyumlu olduğu görülmektedir. Örneğin Frondel ve Schimidt (2002), çapraz fiyat esnekliklerinin mutlak değer olarak düşük olmasını düşük enerji maliyet payı ile açıklamaktadır. Dolayısıyla Türkiye imalat sanayinde çapraz fiyat esnekliği sonuçlarının işaret ettiği sermaye-enerji arasındaki zayıf ikame ilişkisi imalat sanayi genelinde gözlemlenen düşük enerji payı ile açıklanabilir. Diğer yandan Thompson ve Taylor (1995) ve Koetse vd. (2008) çalışmaları ilgili literatürde önemli çalışmaların çapraz fiyat esnekliği ve Morishima ikame esnekliği değerlerini yeniden hesaplamışlardır. Her iki çalışma sonucunda da Morishima ikame esnekliklerinin çapraz fiyat esnekliklerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Diğer yandan Frondel (2004), çeşitli esneklik ölçülerinin faktör ikililerini tamamlayıcı ya da ikame olarak sınıflandırırken aynı sonucu vermeyebileceğini belirtmektedir. Bölüm 1'de açıklandığı üzere matematiksel olarak Morishima ikame esnekliği, çapraz fiyat esnekliğine göre daha fazla faktörler arası ikame ilişkisi bulma eğilimindedir. Çapraz fiyat esnekliğine göre tamamlayıcı olan iki faktör, Morishima ikame esnekliğine göre ikame olabilir. Ancak çapraz fiyat esnekliğine göre ikame olan iki faktör; talebin kendi fiyat esnekliği her zaman negatif olduğu için her zaman Morishima ikamedir. İkame esnekliğinin gücünü ise fiyatı değişen faktörün kendi fiyat esnekliği belirler. Fiyatı değişen faktörün kendi fiyat esnekliği arttıkça Morishima ikame esnekliği daha yüksek değerler alır. Dolayısıyla enerjinin kendi talep esnekliği yüksek olduğunda çapraz fiyat esnekliğine göre zayıf ikame olan iki faktör, Morishima ikame esnekliğine göre güçlü ikame olacaktır. Teorik olarak ise Morishima ikame esnekliği, faktörler arasındaki



teknolojik ikame olanaklarını yansıtırken; çapraz fiyat esnekliği, faktörler arasında ikame ve gelir etkisini birlikte içeren ekonomik ikame potansiyelini yansıtmaktadır (Koetse vd., 2008). Ampirik bulgular, Türkiye imalat sanayi firmalarının sermayeyi enerjiye ikame edebilecek teknolojik potansiyele sahip olduğunu ancak fiyat artışı sonrası ortaya çıkan gelir etkisinin ikame potansiyelini sınırladığını göstermektedir.

Çapraz fiyat esnekliği sonucunda ortaya çıkan zayıf ikame ilişkisinin üç nedeni olabilir. İlk olarak çapraz fiyat esnekliği hesaplamalarında  $\hat{b}_{KE}$  sifıra yakın değerler aldığından çapraz fiyat esnekliği sonuçlarında fiyatı değişen faktörün maliyet payı etkili olmaktadır. Türkiye imalat sanayi için hesaplanan çapraz fiyat esnekliği de bu durumun bir yansımasıdır. İkinci olarak Türkiye imalat sanayi firmalarının üretim yapılarının yeterince esnek olmaması ikame esnekliği hesaplamalarına zayıf ikame esnekliği ilişkisi olarak yansımaktadır. Son olarak firmaların finansman kısıtları gelir etkisinin daha baskın olmasına neden olarak zayıf bir ikame ilişkisi gözlemlenmesine neden olabilir.

Tez çalışmasında tahmin edilen çapraz fiyat esnekliği ve Morishima esneklikleri farklı firma grupları için de hesaplanmıştır. Bu amaçla büyüklük, ticaret statüsü ve teknoloji yoğunluğu açısından farklılaşan grupların ikame esneklikleri hesaplanmıştır. Ayrıca üç faktörlü translog model ve dört faktörlü translog model tahminleri karşılaştırılmış ve malzeme faktörünün modele dahil edilmemesinin esneklik değerleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu amaçla ampirik model bölümünde tanıtılan model, yukarıdaki özelliklerine göre gruplandırılan firmalar için tekrar tahmin edilmiş ve ikame esneklikleri hesaplanmıştır.

## 4.2 FİRMA BÜYÜKLÜĞÜNE GÖRE ESNEKLİK HESAPLAMALARI

Veri seti ilk olarak firma büyüklüklerine göre gruplandırılarak esneklik tahminleri yapılmıştır. Firma büyüklüklerine göre ayrıştırılan firma gruplarına ait talebin kendi ve çapraz fiyat esneklikleri Tablo 8’de sunulmaktadır.

**Tablo 8. Firma Büyüklüklerine Göre Talebin Kendi / Çapraz Fiyat Esneklikleri**

<i>Fiyat Esnekliği</i>	<i>Küçük Firma</i>		<i>Orta Firma</i>		<i>Büyük Firma</i>	
$\varepsilon_{KK}$	-0.616***	[0.0100]	-0.511***	[0.0104]	-0.517***	[0.0189]
$\varepsilon_{KL}$	0.130***	[0.00294]	0.0934***	[0.00300]	0.0787***	[0.00544]
$\varepsilon_{KE}$	0.0334***	[0.00111]	0.0315***	[0.00137]	0.0389***	[0.00274]
$\varepsilon_{KM}$	0.452***	[0.00848]	0.386***	[0.00911]	0.400***	[0.0164]
$\varepsilon_{LK}$	0.600***	[0.0136]	0.508***	[0.0163]	0.483***	[0.0334]
$\varepsilon_{LL}$	-0.297***	[0.0148]	-0.243***	[0.0195]	-0.267***	[0.0396]
$\varepsilon_{LE}$	0.00957	[0.00637]	0.0393***	[0.0103]	0.109***	[0.0255]
$\varepsilon_{LM}$	-0.313***	[0.0233]	-0.304***	[0.0289]	-0.325***	[0.0580]
$\varepsilon_{EK}$	0.748***	[0.0248]	0.677***	[0.0295]	0.751***	[0.0528]
$\varepsilon_{EL}$	0.0464	[0.0309]	0.155***	[0.0409]	0.341***	[0.0803]
$\varepsilon_{EE}$	-0.882***	[0.0634]	-1.402***	[0.104]	-2.354***	[0.230]
$\varepsilon_{EM}$	0.0883	[0.0699]	0.570***	[0.0882]	1.262***	[0.182]
$\varepsilon_{MK}$	0.486***	[0.00911]	0.436***	[0.0103]	0.490***	[0.0201]
$\varepsilon_{ML}$	-0.0729***	[0.00544]	-0.0631***	[0.00600]	-0.0649***	[0.0116]
$\varepsilon_{ME}$	0.00424	[0.00336]	0.0299***	[0.00463]	0.0801***	[0.0115]
$\varepsilon_{MM}$	-0.417***	[0.0109]	-0.403***	[0.0123]	-0.505***	[0.0241]
<b>Gözlem Sayısı</b>	31276		19977		5546	
Küçük Firma : Çalışan sayısı 20-49 arasında olan firmalar Orta Firma : Çalışan sayısı 50-249 arasında olan firmalar Büyük Firma : Çalışan sayısı 250 ve üzeri olan firmalar Parantez içindeki standart hatalar delta yöntemi ile hesaplanmıştır. *** p<0.01 ** p<0.05 * p<0.1						

Üretim faktörleri arasındaki ikame esneklikleri; firmaların finansal kısıtlarına, üretim teknolojisinin ve süreçlerinin esnekliğine ve organizasyonel yapılarına<sup>79</sup> göre değişkenlik gösterebilir (Nguyen ve Streitwieser, 1999). Tablo 8’de sunulan sonuçlar, firma gruplarına göre ayrı ayrı hesaplanan çapraz fiyat esnekliği tahminlerinin, tüm gözlemler için hesaplanan esneklikle ( $\varepsilon_{KE} = 0.0296$ ) karşılaştırıldığında görece olarak biraz daha yüksek olduğunu göstermektedir. Her bir firma grubu içinde değerlendirdiğimizde ise enerji fiyatındaki artışın sermaye talebi üzerine etkisinin ( $\varepsilon_{KE}$ ) firma büyüklüğünden

<sup>79</sup> Yönetimin yapısı firmaların fiyat değişikliklerine tepki hızını belirleyebilir. Örneğin küçük firmalar amacı kar maksimizasyonu olan yöneticiler tarafından yönetilirken; büyük firmalar kendi fayda fonksiyonunu maksimize etme amacı olan yöneticiler tarafından yönetilmektedir. Eğer bu teori doğru ise küçük firmalar fiyat şokları karşısında girdi kombinasyonlarını etkin bir şekilde değiştirirken; büyük firmalar cevap vermekte yavaş kalabilir (Nguyen ve Streitwieser, 1999).

etkilenmediği görülmektedir. Diğer yandan enerjinin kendi fiyat esnekliğinin ( $\epsilon_{EE}$ ) firma grupları arasında değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Ortalama bir imalat sanayi firması için -1.245 olarak hesaplanan enerjinin kendi fiyat esnekliği; küçük firmalar için -0.882, orta büyüklükteki firmalar için -1.402 ve büyük firmalar için -2.354 olarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar firma büyüklüğü arttıkça firmaların enerji fiyat şoklarına duyarlılıklarının arttığını göstermektedir. Ancak firma büyüklüğü ve farklı firma büyüklüğünün ortaya çıkardığı özellikler (üretim yapısı, organizasyon yapısı gibi) sermaye-enerji ikame edilebilirliğini etkilememektedir.

Sermaye fiyatındaki artışın enerji talebi üzerindeki etkisi ( $\epsilon_{EK}$ ) ise tüm gözlemlerde olduğu gibi daha yüksektir. Çapraz fiyat esnekliği değeri, sermaye fiyatındaki %1 artışın enerji talebini küçük firmalarda % 0.748, orta büyüklükteki firmalarda % 0.677 ve son olarak büyük firmalarda % 0.751 arttırdığını göstermektedir. Sonuçlar, firma büyüklüğüne göre ayrılmış gruplarda sermaye ve enerji arasındaki asimetric ikamenin devam ettiğini göstermektedir.

**Tablo 9. Firma Büyüklüklerine Göre Morishima Esneklikleri**

<i>Morishima Esnekliği</i>	<i>Küçük Firma</i>		<i>Orta Firma</i>		<i>Büyük Firma</i>	
$\sigma_{KL}^M$	0.427***	[0.0145]	0.336***	[0.0195]	0.346***	[0.0399]
$\sigma_{KE}^M$	0.916***	[0.0633]	1.434***	[0.105]	2.392***	[0.231]
$\sigma_{KM}^M$	0.869***	[0.0182]	0.789***	[0.0203]	0.905***	[0.0381]
$\sigma_{LK}^M$	1.216***	[0.0210]	1.019***	[0.0232]	1.001***	[0.0462]
$\sigma_{LE}^M$	0.892***	[0.0656]	1.441***	[0.111]	2.462***	[0.246]
$\sigma_{LM}^M$	0.104***	[0.0300]	0.0985***	[0.0359]	0.180**	[0.0703]
$\sigma_{EK}^M$	1.364***	[0.0292]	1.188***	[0.0340]	1.268***	[0.0605]
$\sigma_{EL}^M$	0.344***	[0.0335]	0.398***	[0.0440]	0.608***	[0.0898]
$\sigma_{EM}^M$	0.505***	[0.0749]	0.973***	[0.0934]	1.767***	[0.193]
$\sigma_{MK}^M$	1.102***	[0.0188]	0.947***	[0.0203]	1.007***	[0.0384]
$\sigma_{ML}^M$	0.224***	[0.0194]	0.179***	[0.0242]	0.202***	[0.0483]
$\sigma_{ME}^M$	0.887***	[0.0661]	1.432***	[0.108]	2.434***	[0.240]
<p>Küçük Firma : Çalışan sayısı 20-49 arasında olan firmalar  Orta Firma : Çalışan sayısı 50-249 arasında olan firmalar  Büyük Firma : Çalışan sayısı 250 ve üzeri olan firmalar  Parantez içindeki standart hatalar delta yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır.  *** p&lt;0.01 ** p&lt;0.05 * p&lt;0.1</p>						

Firma büyüklüklerine göre hesaplanan Morishima ikame esneklikleri Tablo 9’da sunulmaktadır. Buna göre ortalama bir imalat sanayi firması için enerji fiyatındaki değişimin sermaye ve enerji oranına etkisini gösteren Morishima ikame esnekliği  $\sigma_{KE}^M$ ; küçük firmalarda 0.916, orta büyüklükteki firmalarda 1.434 ve büyük firmalarda 2.392 olarak hesaplanmıştır. Çapraz fiyat esnekliği ( $\epsilon_{KE}$ ) değerleri firma büyüklüğüne göre anlamlı bir değişim göstermezken, Morishima esneklikleri ( $\sigma_{KE}^M$ ) anlamlı şekilde değişkenlik göstermektedir. Firma büyüklüğüne göre hesaplanan Morishima esneklik değerleri, firma büyüklüğü arttıkça teknolojik ikame olanaklarının arttığını göstermektedir. Ayrıca firma büyüklüğü ile birlikte enerjinin kendi fiyat esnekliğinin de arttığı görülmektedir. Bu nedenle büyük firmalar, enerji fiyat belirsizliklerine karşı kendilerini korumak için enerji tasarruf eden teknolojilere daha fazla yatırım yapıyor olabilir.

Diğer yandan sermaye fiyatındaki artışın enerji ve sermaye oranı üzerine etkisini gösteren Morishima esnekliği değeri ( $\sigma_{EK}^M$ ), firma büyüklüğünden etkilenmemektedir. Bunun nedeni sermayenin kendi fiyat esnekliğinin ( $\varepsilon_{KK}$ ), firma büyüklüğünden etkilenmemesidir. Enerjinin kendi fiyat esnekliğinin firma büyüklüğüne duyarlı olması ancak sermayenin kendi talep esnekliğinin firma büyüklüğüne duyarlı olmaması iki faktörün Morishima ikame esneklikleri arasında asimetric bir yapı oluşması sonucunu doğurmuştur.

İlgili literatürde Nguyen ve Streitwieser (1999) ve Haller ve Hayland (2014) ikame esnekliklerini farklı büyüklükteki firma gruplarına göre hesaplayan diğer çalışmalardır. Nguyen ve Streitwieser (1999) çalışmasında Amerikan imalat sanayi firmalarında sermayenin enerji yerine ikame edilebilirliğini gösteren çapraz fiyat esnekliğinin ( $\varepsilon_{KE}$ ) firma büyüklüğüne duyarlı olduğu görülmektedir. Esneklikler küçük ve büyük firma grubu için zayıf ikame ilişkisi olduğunu gösterirken; orta büyüklükteki firmalar için zayıf tamamlayıcılık ilişkisi bulunmuştur. Haller ve Hyland (2014) ise firma büyüklüğüne göre ayrılmış firma gruplarının hepsinde çapraz fiyat esnekliklerinde sermaye-enerji arasında zayıf ikame edilebilirlik ilişkisi tespit etmiştir. Morishima ikame esnekliği değerleri ( $\sigma_{KE}^M$ ) ise aynı faktör ikilisi için 1'den büyüktür ve güçlü ikame edilebilirliğe işaret etmektedir. Firma grupları arasında anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Sonuç olarak tez çalışmasının sonuçları çapraz fiyat esnekliği hesaplamalarında yatay kesit verisi kullanan Nguyen ve Streitwieser (1999) çalışması ile çelişirken; panel veri kullanan Haller ve Hayland (2014) çalışması ile uyumludur. Morishima esnekliklerinde ise tüm çalışmalarda tüm firma gruplarında güçlü ikame edilebilirlik tespit edilmiştir. Ancak önceki iki çalışmada Morishima ikame esneklikleri arasında firma büyüklüğüne göre anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. Türkiye imalat sanayi firmalarında ise Morishima ikame esnekliği ( $\sigma_{KE}^M$ ) firma büyüklüğü arttıkça artmaktadır. Morishima ikame esnekliğinin firma büyüklüğüne duyarlılığının nedeni Türkiye imalat sanayi firmalarının enerjinin kendi fiyat esnekliklerinin firma büyüklüğü arttıkça yükselmesi; Amerika ve İrlanda imalat sanayi firmalarının ise enerjinin kendi fiyat esnekliğinin firma büyüklükleri arasında değişkenlik göstermemesidir.

### 4.3 TİCARET STATÜSÜNE GÖRE ESNEKLİK HESAPLAMALARI

Türkiye imalat sanayi firmaları ticaret statülerine göre gruplandırılarak çapraz fiyat esnekliği ve Morishima esneklikleri hesaplanmıştır. Tablo 10’da ticaret statülerine göre gruplandırılan firmaların kendi talep esneklikleri ve çapraz fiyat esneklikleri sunulmaktadır.

**Tablo 10. Ticaret Statüsüne Göre Talebin Kendi Fiyat ve Çapraz Fiyat Esneklikleri**

<i>Talep Esnekliği</i>	<i>Ticaret Yapmayan</i>		<i>Sadece İhracat</i>		<i>Sadece İthalat</i>		<i>Çift Yönlü Ticaret</i>	
$\varepsilon_{KK}$	-0.578***	[0.0119]	-0.526***	[0.0157]	-0.592***	[0.0179]	-0.504***	[0.00942]
$\varepsilon_{KL}$	0.125***	[0.00428]	0.0806***	[0.00420]	0.0945***	[0.00536]	0.0741***	[0.00247]
$\varepsilon_{KE}$	0.0327***	[0.00160]	0.0345***	[0.00210]	0.0262***	[0.00208]	0.0268***	[0.00102]
$\varepsilon_{KM}$	0.421***	[0.0103]	0.411***	[0.0143]	0.471***	[0.0161]	0.403***	[0.00889]
$\varepsilon_{LK}$	0.480***	[0.0164]	0.536***	[0.0279]	0.475***	[0.0270]	0.477***	[0.0159]
$\varepsilon_{LL}$	-0.271***	[0.0220]	-0.242***	[0.0399]	-0.0967**	[0.0449]	-0.284***	[0.0217]
$\varepsilon_{LE}$	0.0289***	[0.00899]	0.0214	[0.0204]	0.0657***	[0.0142]	0.0217**	[0.00949]
$\varepsilon_{LM}$	-0.238***	[0.0315]	-0.316***	[0.0568]	-0.444***	[0.0519]	-0.215***	[0.0314]
$\varepsilon_{EK}$	0.647***	[0.0317]	0.721***	[0.0440]	0.606***	[0.0482]	0.659***	[0.0251]
$\varepsilon_{EL}$	0.149***	[0.0462]	0.0674	[0.0644]	0.302***	[0.0653]	0.0828**	[0.0362]
$\varepsilon_{EE}$	-0.807***	[0.0910]	-1.428***	[0.160]	-0.749***	[0.125]	-1.500***	[0.102]
$\varepsilon_{EM}$	0.012	[0.0935]	0.639***	[0.130]	-0.159	[0.136]	0.758***	[0.0911]
$\varepsilon_{MK}$	0.473***	[0.0116]	0.453***	[0.0157]	0.541***	[0.0185]	0.413***	[0.00911]
$\varepsilon_{ML}$	-0.0697***	[0.00920]	-0.0523***	[0.00942]	-0.101***	[0.0118]	-0.0341***	[0.00500]
$\varepsilon_{ME}$	0.000682	[0.00532]	0.0336***	[0.00683]	-0.0079	[0.00676]	0.0316***	[0.00380]
$\varepsilon_{MM}$	-0.404***	[0.0163]	-0.434***	[0.0201]	-0.432***	[0.0236]	-0.410***	[0.0113]
<b>Gözlem Sayısı</b>	19245		8565		5491		23498	
Parantez içerisindeki standart hatalar delta yöntemi ile hesaplanmıştır. *** p<0.01 ** p<0.05 * p<0.1								

Enerji fiyatındaki artışın sermaye talebi üzerindeki etkisini gösteren  $\varepsilon_{KE}$  esneklik değeri, firma grupları arasında anlamlı bir değişim göstermemektedir. İlgili esneklik değeri firma grupları arasında 0.0262 ile 0.0345 arasında değişmektedir. Ayrıca hesaplanan değerlerin ortalama bir Türkiye imalat sanayi firması için hesaplanan esneklik değerinden ( $\varepsilon_{KE} = 0.0296$ ) de farklılaşmadığı görülmektedir. Sonuçlar, enerji fiyatındaki değişim

sonrasında firmaların enerji faktörü yerine sermaye ikame etme kapasitesinin firmaların ticaret statüsüne göre değişmediğini göstermektedir. Benzer şekilde sermaye fiyatındaki değişimin enerji talebi üzerinde yarattığı etkiyi gösteren  $\varepsilon_{EK}$  değeri, firma grupları arasında anlamlı bir değişkenlik göstermemektedir. Çapraz fiyat esnekliği değerleri, firma grupları arasında 0.606 ile 0.721 arasında değişmektedir. Ortalama bir firmada olduğu gibi ticaret statülerine göre ayrılmış firma grupları için de sermaye-enerji esneklik hesaplarında asimetri görülmektedir.

**Tablo 11. Ticaret Statüsüne Göre Morishima İkame Esneklikleri**

<i>Tablo 7. Ticaret Statüsüne Göre Morishima İkame Esneklikleri</i>								
<i>Morishima Esnekliği</i>	<i>Ticaret Yapmayan</i>		<i>Sadece İhracat</i>		<i>Sadece İthalat</i>		<i>Çift Yönlü Ticaret</i>	
$\sigma_{KL}^M$	0.396***	[0.0219]	0.322***	[0.0393]	0.191***	[0.0456]	0.359***	[0.0215]
$\sigma_{KE}^M$	0.840***	[0.0909]	1.462***	[0.161]	0.775***	[0.125]	1.527***	[0.102]
$\sigma_{KM}^M$	0.825***	[0.0248]	0.846***	[0.0326]	0.903***	[0.0375]	0.813***	[0.0193]
$\sigma_{LK}^M$	1.059***	[0.0246]	1.062***	[0.0373]	1.067***	[0.0383]	0.981***	[0.0209]
$\sigma_{LE}^M$	0.836***	[0.0948]	1.449***	[0.173]	0.815***	[0.130]	1.522***	[0.107]
$\sigma_{LM}^M$	0.166***	[0.0438]	0.119*	[0.0695]	-0.0122	[0.0681]	0.196***	[0.0382]
$\sigma_{EK}^M$	1.225***	[0.0365]	1.248***	[0.0508]	1.198***	[0.0557]	1.162***	[0.0285]
$\sigma_{EL}^M$	0.419***	[0.0484]	0.309***	[0.0761]	0.399***	[0.0821]	0.367***	[0.0408]
$\sigma_{EM}^M$	0.416***	[0.101]	1.073***	[0.139]	0.273*	[0.147]	1.169***	[0.0961]
$\sigma_{MK}^M$	1.051***	[0.0229]	0.979***	[0.0310]	1.133***	[0.0357]	0.916***	[0.0183]
$\sigma_{ML}^M$	0.201***	[0.0300]	0.189***	[0.0478]	-0.00472	[0.0550]	0.250***	[0.0259]
$\sigma_{ME}^M$	0.808***	[0.0953]	1.461***	[0.166]	0.741***	[0.130]	1.532***	[0.106]

Parantez içerisindeki standart hatalar delta yöntemi ile hesaplanmıştır.  
 \*\*\* p<0.01 \*\* p<0.05 \* p<0.1

Aynı firma grubu için hesaplanan Morishima ikame esneklikleri Tablo 11’de sunulmaktadır. Enerji fiyatındaki artışın sermaye-enerji oranında yarattığı değişimi gösteren Morishima esnekliği  $\sigma_{KE}^M$ , ticaret yapmayan ve sadece ithalat yapan firmalar için 1’in altında; sadece ihracat yapan ve çift yönlü ticaret yapan firmalar için ise 1’in üzerinde değerler almaktadır. Morishima ikame esnekliğinin bu firmalar için değişkenlik göstermesi sadece ihracat yapan ve çift yönlü ticaret yapan firmaların enerjinin kendi fiyat esnekliğinin diğer firmalardan daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Bulgular, firmaların enerji fiyatındaki değişimlere duyarlılıkları artıkça enerji fiyat değişimlerinin

olumsuz etkilerini bertaraf edebilmek için teknolojik ikame olanaklarına yoğunlaştıklarını göstermektedir. Fiyatı değişen faktör sermaye olduğunda iki faktörün oransal değişimini gösteren  $\sigma_{EK}^M$  esneklik değeri, tüm firma grupları arasında 1'den büyük değerler almıştır. Firma grupları arasında sermayenin kendi fiyat esnekliğinin benzer olması bu sonucu doğurmuştur.

Haller ve Hyland (2014), ticaret statülerine göre ayrılan firma grupları arasında sermaye-enerji çapraz fiyat esnekliğinin değişmediğini belirlemiştir. Sonuçlar tüm firma grupları için zayıf ikame edilebilirliğe işaret etmektedir ve Türkiye imalat sanayi firmalarının aynı gruplar için hesaplanan çapraz fiyat esnekliği ile uyumludur. Morishima ikame esnekliği ise İrlanda imalat sanayi firmalarında tüm ticaret statüsü gruplarında 1'den büyüktür ve güçlü ikame edilebilirlik olduğunu göstermektedir. Morishima ikame esnekliğinin firmaların ticaret statüsüne göre değişmemesi firma grupları arasında enerji talep esnekliğinin de değişken olmamasından kaynaklanmaktadır.

#### **4.4 FİRMALARIN ENERJİ YOĞUNLUĞUNA GÖRE İKAME ESNEKLİĞİ HESAPLAMALARI**

Tez çalışmasının bu alt bölümünde Türkiye imalat sanayi firmaları enerji kullanım yoğunluklarına göre gruplandırılarak analizler tekrarlanmıştır. Gruplandırma firmaların gözlemlenen enerji maliyet paylarından yararlanılarak yapılmıştır. Deininger vd. (2018)'nin takiben toplam maliyet içinde enerji maliyet oranı 0.01'in altında olan firmalar az enerji yoğun; 0.01'den büyük ve 0.02'den küçük olan firmalar orta enerji yoğun firmalar ve 0.02 ve üstü olan firmalar enerji yoğun firmalar olarak adlandırılmıştır. Tablo 12'de enerji yoğunluklarına göre gruplandırılan firmaların kendi talep esnekliklerine ve çapraz fiyat esnekliklerine yer verilmektedir. Sonuçlar, Türkiye imalat sanayi firmalarında enerjinin toplam maliyet içindeki payı arttıkça sermayenin enerji yerine ikame edilebilirliğini gösteren  $\varepsilon_{KE}$  çapraz fiyat esnekliğinin arttığını göstermektedir. Örneğin, düşük enerji yoğunluklu bir firma için enerji fiyatında ortaya çıkan yüzde %1 artış sermaye talebini % 0.005 arttırırken; orta enerji yoğunluklu bir firmada aynı oranda bir değişim sermaye talebini %0.0142 arttırmakta ve son olarak yüksek enerji yoğunluklu



bir firmada aynı oranda ortaya çıkan bir enerji fiyat artışı sermaye talebini %0.0744 oranında arttırmaktadır.

Esneklik hesaplamalarına göre Türkiye imalat sanayi firmalarında enerjinin toplam maliyet içindeki payı arttıkça sermayenin enerji yerine ikame edilebilirliği artmaktadır. Bir faktörün toplam maliyet içindeki payının o faktörün üretim sürecindeki önemini yansıttığı düşünüldüğünde enerji kullanım oranı yüksek olan firmalar olası enerji şoklarında üretim süreçlerinin aksamaması için enerji ile sermayeyi ikame edebilme kapasitelerini daha yüksek tutmaya çalışmalıdır. Diğer yandan enerjinin kendi fiyat esnekliğinin de ( $\varepsilon_{EE}$ ), firmaların enerji yoğunluğu arttıkça arttığı görülmektedir. Firmaların enerji kullanımını arttıkça enerji fiyatındaki değişimlere duyarlılığının artması da diğer faktörler ile ikame kapasitelerini yüksek tutmak için gerekli önlemleri almaları gerektiği anlamına gelmektedir. Gelecek enerji fiyatlarındaki belirsizlik, enerji maliyeti daha yüksek olan firmaların enerji tasarruf eden teknolojilerini daha yoğun kullanmasını teşvik ediyor olabilir. Sonuçlar, Türkiye imalat sanayinde enerji kullanımını yüksek firmaların üretim sürecinde aksama yaşanmaması için gerekli önlemleri aldığına işaret etmektedir. Diğer yandan Frondel ve Schmidt (2002), çapraz fiyat esnekliği tahminlerinde faktör maliyet paylarının belirleyici olduğunu belirtmektedir. Türkiye imalat sanayi firmaları için bu argümanın geçerli olduğu görülmektedir.

Enerjinin sermaye yerine ikamesinin ( $\varepsilon_{EK}$ ) ise tüm enerji yoğunluklarına göre sınıflandırılmış firmalar için sermayenin enerji yerinde ikamesinden daha güçlü bir ikame ilişkisi gösterdiği görülmektedir. Daha önce de belirtildiği gibi bu durum Türkiye imalat sanayi firmalarında toplam maliyet içerisinde sermaye payının yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.

**Tablo 12. Enerji Yoğunluğuna Göre Talebin Kendi / Çapraz Fiyat Esneklikleri**

<i>Talep Esnekliği</i>	<i>Az Enerji Yoğun</i>		<i>Orta Enerji Yoğun</i>		<i>Enerji Yoğun</i>	
$\varepsilon_{KK}$	-0.425***	[0.00918]	-0.533***	[0.0122]	-0.633***	[0.0111]
$\varepsilon_{KL}$	0.0593***	[0.00220]	0.0723***	[0.00377]	0.142***	[0.00459]
$\varepsilon_{KE}$	0.00523***	[0.00009]	0.0142***	[0.000154]	0.0744***	[0.00228]
$\varepsilon_{KM}$	0.361***	[0.00865]	0.447***	[0.0118]	0.417***	[0.0101]
$\varepsilon_{LK}$	0.449***	[0.0166]	0.366***	[0.0191]	0.456***	[0.0148]
$\varepsilon_{LL}$	-0.155***	[0.0221]	-0.252***	[0.0291]	-0.346***	[0.0235]
$\varepsilon_{LE}$	0.0120***	[0.00108]	0.0113***	[0.00107]	0.0707***	[0.0122]
$\varepsilon_{LM}$	-0.306***	[0.0305]	-0.125***	[0.0372]	-0.182***	[0.0302]
$\varepsilon_{EK}$	0.538***	[0.0102]	0.447***	[0.00483]	0.602***	[0.0185]
$\varepsilon_{EL}$	0.163***	[0.0147]	0.0703***	[0.00661]	0.178***	[0.0307]
$\varepsilon_{EE}$	-0.766***	[0.0358]	-0.983***	[0.0169]	-1.348***	[0.0750]
$\varepsilon_{EM}$	0.064	[0.0391]	0.467***	[0.0175]	0.568***	[0.0600]
$\varepsilon_{MK}$	0.402***	[0.00965]	0.440***	[0.0116]	0.448***	[0.0108]
$\varepsilon_{ML}$	-0.0451***	[0.00449]	-0.0244***	[0.00724]	-0.0607***	[0.0101]
$\varepsilon_{ME}$	0.000693	[0.000423]	0.0146***	[0.000550]	0.0755***	[0.00798]
$\varepsilon_{MM}$	-0.358***	[0.0105]	-0.430***	[0.0141]	-0.463***	[0.0171]
<i>Gözlem Sayısı</i>	27852		12533		16414	
<p>Az Enerji Yoğun Firmalar : Toplam maliyet içinde enerji maliyetinin oranı 0.01'in altında olan firmalar</p> <p>Orta Enerji Yoğun Firmalar : Toplam maliyet içinde enerji maliyet oranı 0.01'in üstünde 0.02'nin altında olan firmalar</p> <p>Enerji Yoğun Firmalar : Toplam maliyet içinde enerji maliyet oranı 0.02 ve üstü olan firmalar</p> <p>Parantez içerisindeki standart hatalar delta yöntemi ile hesaplanmıştır.</p> <p>*** p&lt;0.01 ** p&lt;0.05 * p&lt;0.1</p>						

Deininger (2018)'in farklı enerji kullanımına göre elde ettiği esneklik sonuçlarında; doğrusal logit modelde sadece düşük enerji kullanımlı firmalar ile yüksek enerji kullanımlı firmalarda anlamlı esneklik sonuçları elde edilmiştir. Esneklik değeri, yüksek enerji kullanımlı firmalar için mutlak değer olarak daha yüksek olmakla birlikte; düşük enerji yoğunluklu firmada faktörlerin ikame olduğu, yüksek enerji firmada ise tamamlayıcı olduğu görülmektedir. Diğer yandan translog maliyet modelinde tüm firma gruplarında hesaplanan çapraz fiyat esneklikleri istatistiksel olarak anlamsızdır.

Tablo 13'de enerji yoğunluğuna göre gruplandırılan firmalar için Morishima ikame esneklikleri sunulmaktadır. Enerji fiyatındaki artışın  $K/E$  oranında ortaya çıkardığı değişimi gösteren  $\sigma_{KE}^M$ , tüm firma gruplarında 1'e yakın değerler almaktadır, dolayısıyla

tüm firma gruplarında sermaye-enerji güçlü ikamedir. Çapraz fiyat esnekliklerinde olduğu gibi Morishima esneklikleri de enerji yoğunluğu arttıkça artmaktadır. Diğer yandan sermaye fiyatındaki artışın  $E/K$  üzerindeki etkisini gösteren  $\sigma_{EK}^M$  değerleri de 1'e yakın ve firma grupları arasında görece az değişim göstermektedir.

**Tablo 13. Enerji Yoğunluklarına Göre Morishima Esneklikleri**

<i>Morishima Esnekliği</i>	<i>Az Enerji Yoğun</i>		<i>Orta Enerji Yoğun</i>		<i>Enerji Yoğun</i>	
$\sigma_{KL}^M$	0.214***	[0.0217]	0.324***	[0.0287]	0.487***	[0.0239]
$\sigma_{KE}^M$	0.771***	[0.0358]	0.998***	[0.0169]	1.422***	[0.0760]
$\sigma_{KM}^M$	0.718***	[0.0187]	0.877***	[0.0249]	0.880***	[0.0245]
$\sigma_{LK}^M$	0.874***	[0.0216]	0.900***	[0.0252]	1.090***	[0.0216]
$\sigma_{LE}^M$	0.778***	[0.0360]	0.995***	[0.0171]	1.418***	[0.0821]
$\sigma_{LM}^M$	0.052	[0.0359]	0.305***	[0.0466]	0.282***	[0.0434]
$\sigma_{EK}^M$	0.963***	[0.0147]	0.980***	[0.0134]	1.235***	[0.0242]
$\sigma_{EL}^M$	0.318***	[0.0261]	0.322***	[0.0295]	0.523***	[0.0390]
$\sigma_{EM}^M$	0.422***	[0.0411]	0.897***	[0.0232]	1.031***	[0.0697]
$\sigma_{MK}^M$	0.827***	[0.0187]	0.973***	[0.0235]	1.082***	[0.0211]
$\sigma_{ML}^M$	0.110***	[0.0260]	0.228***	[0.0355]	0.285***	[0.0320]
$\sigma_{ME}^M$	0.766***	[0.0362]	0.998***	[0.0174]	1.423***	[0.0819]

Az Enerji Yoğun Firmalar : Toplam maliyet içinde enerji maliyetinin oranı 0.01'in altında olan firmalar  
Orta Enerji Yoğun Firmalar : Toplam maliyet içinde enerji maliyet oranı 0.01'in üstünde 0.02'nin altında olan firmalar  
Enerji Yoğun Firmalar : Toplam maliyet içinde enerji maliyet oranı 0.02 ve üstü olan firmalar  
Parantez içerisindeki standart hatalar delta yöntemi ile hesaplanmıştır.  
\*\*\* p<0.01 \*\* p<0.05 \* p<0.1

#### **4.5 ÜÇ FAKTÖRLÜ VE DÖRT FAKTÖRLÜ MALİYET FONKSİYONUNDAN İKAME ESNEKLİĞİ HESAPLAMALARI**

Bu alt bölümde üç faktörlü maliyet fonksiyonu tahmin sonuçlarından hesaplanan esnekliklerle dört faktörlü maliyet fonksiyonundan hesaplanan esnekliklerin karşılaştırılmasına yer verilecektir. Malzeme üretim faktörünün analize dahil edilmemesi sermaye-enerji ikame edilebilirliği çalışmalarında elde edilen farklı sonuçlara yönelik açıklamalardan biridir. Koetse vd. (2008) modele malzeme faktörünü dahil etmemenin sapmalı esneklik hesaplarına neden olacağını belirtmektedir. Ayrıca Frondel ve Schmidit (2002), malzeme faktörünün modelden çıkarılmasının faktör paylarını değiştirerek faktör paylarına duyarlı bir esneklik ölçüsü olan çapraz fiyat esnekliğinin sonuçlarını değiştireceğini belirtmektedir.

Tablo 14’de üç faktörlü maliyet fonksiyonunun tahmininden elde edilen talebin kendi ve çapraz esneklikleri ile dört faktörlü maliyet fonksiyonunun tahmininden elde edilen talebin kendi ve çapraz fiyat esneklikleri sonuçları sunulmaktadır.

**Tablo 14. KLE ve KLEM Modelleri Kendi/Çapraz Fiyat Esneklikleri**

<i>Fiyat Esnekliği</i>	<i>KLEM</i>		<i>KLE</i>	
$\varepsilon_{KK}$	-0.534***	[0.00653]	-0.153***	[0.00287]
$\varepsilon_{KL}$	0.0933***	[0.00218]	0.107***	[0.00244]
$\varepsilon_{KE}$	0.0296***	[0.000826]	0.0453***	[0.00101]
$\varepsilon_{KM}$	0.411***	[0.00606]		
$\varepsilon_{LK}$	0.479***	[0.0112]	0.432***	[0.00985]
$\varepsilon_{LL}$	-0.276***	[0.0145]	-0.417***	[0.00955]
$\varepsilon_{LE}$	0.0329***	[0.00651]	-0.0148***	[0.00569]
$\varepsilon_{LM}$	-0.237***	[0.0211]		
$\varepsilon_{EK}$	0.658***	[0.0183]	0.789***	[0.0176]
$\varepsilon_{EL}$	0.142***	[0.0282]	-0.0639***	[0.0246]
$\varepsilon_{EE}$	-1.245***	[0.0651]	-0.725***	[0.0301]
$\varepsilon_{EM}$	0.445***	[0.0566]		
$\varepsilon_{MK}$	0.443***	[0.00654]		
$\varepsilon_{ML}$	-0.0497***	[0.00443]		
$\varepsilon_{ME}$	0.0216***	[0.00275]		
$\varepsilon_{MM}$	-0.415***	[0.00877]		
<b>Gözlem Sayısı</b>	56799		56866	
Parantez içindeki standart hatalar delta yöntemi ile hesaplanmıştır. *** p<0.01 ** p<0.05 * p<0.1				

Enerji fiyatındaki değişimin sermaye talebi üzerine etkisini gösteren  $\varepsilon_{KE}$  değeri, dört faktörlü modelde üç faktörlü modelden daha zayıf bir ikame edilebilirlik ilişkisi olduğunu göstermektedir. Togar ve Iglesias (2013), İngiltere için sektörel düzeyde yaptığı esneklik hesaplarında üç faktörlü ve dört faktörlü model için esneklikleri hesaplamıştır. Çalışmanın sonucunda bu çalışmada olduğu gibi üç faktörlü modelde mutlak değer olarak daha yüksek esneklikler elde edilmiştir. Frondel ve Schmidt (2002), tüm faktörler dikkate alındığında enerjinin maliyet payının sıfıra yakın olduğu durumlarda modelden malzeme faktörünün düşürülmesinin modelin tahmin sonuçlarını, çapraz fiyat esnekliklerinin işaretlerinde istatistiksel olarak anlamlı değişikliklere yol açacak kadar değiştirmeyeceğini belirtmektedir. Nitekim Tablo 14’de görüldüğü gibi modelden malzeme faktörünü çıkarmak ilgili çapraz fiyat esnekliğinde işaret değişimine neden olmamış, esnekliklerin sadece mutlak değer olarak artmasına neden olmuştur. Benzer şekilde  $\varepsilon_{EK}$  çapraz esneklik değeri de üç faktörlü modelde dört faktörlü modelden daha yüksek elde edilmiştir.

Sonuçlar, dışlanmış faktör nedeniyle diğer faktörlerin maliyet paylarında ortaya çıkan artışın çapraz fiyat esnekliklerini yukarı yönde arttırdığını göstermektedir.

Üç faktörlü model ile dört faktörlü modelin Morishima ikame esnekliği karşılaştırılmasına Tablo 15’de yer verilmektedir. Bulgular, dört faktörlü modelde hesaplanan  $\sigma_{KE}^M$  Morishima ikame esnekliği değerinin ( $\sigma_{KE}^M = 1.274$ ), üç faktörlü modelden hesaplanandan ( $\sigma_{KE}^M = 0.771$ ) daha yüksek olduğunu göstermektedir. Bu fark, dört faktörlü modelde enerjinin kendi fiyat esnekliğinin üç faktörlü modelden daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Diğer yandan  $\sigma_{EK}^M$  esneklik değeri her iki modelde de 1’e yakındır ancak üç faktörlü modelde mutlak değer olarak daha düşüktür. Sonuçlar, literatürde belirtildiği gibi Morishima ikame esnekliğinin çapraz fiyat esnekliği gibi faktör paylarına duyarlı bir esneklik ölçüsü olmadığını göstermektedir.

**Tablo 15. KLE ve KLEM Modelleri Morishima Esneklikleri**

<i>Morishima Esnekliği</i>	<i>KLEM</i>		<i>KLE</i>	
$\sigma_{KL}^M$	0.369***	[0.0143]	0.525***	[0.0117]
$\sigma_{KE}^M$	1.274***	[0.0653]	0.771***	[0.0307]
$\sigma_{KM}^M$	0.825***	[0.0140]		
$\sigma_{LK}^M$	1.013***	[0.0149]	0.585***	[0.0126]
$\sigma_{LE}^M$	1.278***	[0.0689]	0.711***	[0.0349]
$\sigma_{LM}^M$	0.178***	[0.0273]		
$\sigma_{EK}^M$	1.191***	[0.0208]	0.942***	[0.0193]
$\sigma_{EL}^M$	0.418***	[0.0303]	0.353***	[0.0285]
$\sigma_{EM}^M$	0.860***	[0.0604]		
$\sigma_{MK}^M$	0.976***	[0.0128]		
$\sigma_{ML}^M$	0.226***	[0.0182]		
$\sigma_{ME}^M$	1.266***	[0.0674]		
Parantez içindeki standart hatalar delta yöntemi ile hesaplanmıştır. *** p<0.01 ** p<0.05 * p<0.1				

#### 4.6 TÜRKİYE İÇİN YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR İLE KARŞILAŞTIRMA

Türkiye için sermaye ve enerji arasındaki ikame edilebilirlik ilişkisi daha önce iki çalışmada toplulaştırılmış veri kullanılarak incelenmiştir. Bu çalışmalardan ilkinde Dahl ve Erdoğan (2000), 1963-1992 dönemi için sermaye-enerji çapraz fiyat esnekliklerini ekonomi geneli, endüstri geneli ile imalat ve madencilik sektörleri için hesaplamıştır. Çalışmanın sonucunda tüm durumlarda sermaye ile enerji arasında ikame ilişkisi tespit edilmiştir. Buna göre  $\varepsilon_{KE}$  değeri ekonomi geneli için 0.03; imalat sanayi için 0.07 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler ortalama bir Türkiye imalat sanayi firması için hesaplanan 0.0296 değeri ile genel olarak uyumludur.

Diğer yandan Bölük ve Koç (2010), imalat sanayi girdi ve çıktı verilerinden yararlanarak 1980-2001 döneminde, imalat sanayinde sermaye ve enerji arasında tamamlayıcılık ilişkisi tespit etmiştir ( $\varepsilon_{KE} = -0.421$ ). Ancak Morishima ikame esnekliği iki girdi arasında ikame ilişkisi olduğunu göstermektedir ( $\sigma_{KE}^M = 0.457$ ). Bu çalışmada elde edilen çapraz fiyat esnekliği mutlak değer olarak firma düzeyinde elde edilen esneklik değerlerinden yüksek ve işaret olarak farklı iken; Morishima ikame esnekliği değeri firma düzeyinde hesaplanan ortalama değerden küçüktür. Bu çalışma ile mevcut tez çalışmasında hesaplanan ikame esnekliklerinin sonuçlarının iki neden ile farklılaştığı düşünülmektedir. Öncelikli olarak Bölük ve Koç (2010) çalışması imalat sanayi sektörü için toplulaştırılmış veri kullanılarak yapılmış bir çalışmadır. Solow (1987), toplulaştırılmış veri ile yapılan ikame esnekliği tahminlerinin enerji fiyat şoklarına tüm ekonomik tepkileri yakaladığını belirtmektedir. Miller (1986) çalışmasında da belirtildiği gibi bu durumda esneklik hesapları yukarı yönlü sapmalı olabilir. İkinci olarak çalışmanın dönemi elektrik piyasalarında liberalleşme öncesi dönemi kapsamaktadır. Bu dönemde çapraz fiyat esnekliğinin tamamlayıcılık ilişkisi olduğunu göstermesi, elektrik piyasalarında liberalleşme öncesinde gelir etkisinin ikame etkisine baskın olması ile açıklanabilir.

## SONUÇ

Sermaye ve enerji ikame edilebilirliği literatürü; analize konu olan ülkeler, dönemler ve sonuçları itibariyle çok zengin bir literatürdür. Bununla birlikte, firma düzeyinde mikro verilere erişimin kısıtlı olması nedeniyle ilişki birçok çalışmada toplulaştırılmış veriler kullanılarak araştırılmıştır. Ancak faktör ikamesi esas olarak mikro iktisadi bir olgudur ve bu nedenle mikro düzeydeki verilerle incelenmesi çok daha uygundur. Son dönemlerde mikro verilere ulaşım imkanlarının artması ile birlikte sermaye-enerji ikame edilebilirliği firma düzeyinde de incelenmeye başlanmış olsa da toplulaştırılmış veri ile yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında mikro veri çalışmalarının oldukça az sayıda olduğu görülmektedir.

Türkiye imalat sanayi için 2005-2013 dönemine ait firma düzeyinde verilerin kullanıldığı bu tez çalışmasında, translog maliyet fonksiyonu tahminlerinden hareketle çapraz fiyat esneklikleri ve Morishima ikame esneklikleri hesaplanarak sermaye ve enerji üretim faktörleri arasındaki ikame olanakları araştırılmaktadır. Çalışmanın literatüre üç önemli katkısı bulunmaktadır. Öncelikle bu çalışma literatürde gelişmekte olan bir ülke için sermaye ve enerji ikame edilebilirliğini firma düzeyinde araştıran ilk çalışmadır. İkinci olarak, görebildiğimiz kadarıyla, Türkiye için daha önce yapılmış sadece iki çalışma mevcuttur ve bu çalışmalar ekonomi genelinde ve sektör düzeyinde toplulaştırılmış veri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu tez çalışmasında sermaye-enerji ikame esnekliği hesapları, Türkiye imalat sanayi için daha güncel ve mikro düzeyde gözlemler içeren daha uygun bir veri seti ile yeniden hesaplanmaktadır. Çalışma sonuçları, hem uluslararası çalışmalar ile karşılaştırmalar için hem de Türkiye'nin enerji, yatırım ve çevre politikaları için önemli öngörüler içermektedir. Ayrıca ikame esnekliği sonuçlarının enerji ekonomisi literatürüne, enerji-büyüme ilişkisi ve enerji politikalarının geri tepme etkisi konularında da katkı sunmaktadır. Diğer yandan, enerji ile diğer girdiler arasındaki ikame esnekliği çevre ve enerji politikalarının analizinde kullanılan genel denge modelleri açısından da kritik bir değişkendir. Son olarak çalışmada malzeme faktörünün dahil olduğu ve olmadığı translog modellerden hesaplanan ikame esneklikleri karşılaştırılarak faktör çıkarma (*factor omission*) tartışmalarına mikro düzeyde kanıt sunulmaktadır.



Çapraz fiyat esnekliği hesaplamaları ortalama bir Türkiye imalat sanayi firmasında enerji fiyatındaki %1 artışın sermaye talebini %0.0296 arttırdığını gösterirken; Morishima ikame esnekliği hesaplamalarına göre enerji fiyatındaki %1 artışın sermaye enerji girdi oranını %1.274 oranında arttırmaktadır. Hesaplanan ikame esnekliklerinin diğer mikro veri çalışmaları ile genel olarak uyumlu olduğu görülmektedir. Türkiye imalat sanayi firmalarında, Amerika ve İrlanda imalat sanayi firmalarında olduğu gibi tüm gözlemlerde ve firma gruplarında sermayenin enerjiye ikame olduğu tespit edilmiştir. İkame esnekliği değerlerinin özellikle İrlanda imalat sanayi ile oldukça uyumlu olduğu görülmektedir. Bu benzerliğin iki ülkenin imalat sanayi firmalarının maliyet yapısındaki benzerlikten kaynaklandığı düşünülmektedir. Diğer yandan Danimarka, İtalya ve İsviçre için yapılan çalışmalarda tüm gözlemlerde ve çeşitli firma grupları için yapılan hesaplamalarda, sermayenin enerji için tamamlayıcı bir faktör olduğu durumlar da tespit edilmiştir. Bu farkların, imalat sanayi firmalarının maliyet yapısı, enerji yoğunluğu gibi ülkelerin kendine özgü yapısal özellikleri, analize konu olan dönem ve fonksiyonel form tercihlerinden kaynaklanıyor olabileceği düşünülmektedir.

Ayrıca mikro veri çalışmalarının tümünde sermayenin enerjiye ikamesini gösteren çapraz fiyat esnekliği değeri  $\varepsilon_{KE}$ , sifıra yakın değerler almakta ve zayıf ikame ya da tamamlayıcılık ilişkisine işaret etmektedir. Bu durum tüm ülkelerde enerjinin toplam maliyet içindeki payının diğer faktörlerden düşük olmasından ve çapraz fiyat esnekliği değerlerinin ikame etkisi yanında gelir etkisini de içermesinden kaynaklanmaktadır. Çapraz fiyat esnekliği sonuçları mutlak değer olarak değerlendirildiğinde gelişmekte olan ülkelerde ve gelişmiş ülkelerde enerji fiyat şoklarının aynı etki gücüne sahip olduğu görülmektedir.

Literatürde Morishima ikame esneklikleri daha önce Amerika, İrlanda ve İtalya imalat sanayi firmaları için hesaplanmıştır. Morishima ikame esnekliği sonuçlarına göre gelişmiş ülkelerde tüm gözlemlerde ve çeşitli firma gruplarında enerji fiyatındaki değişimin sermaye-enerji oranına etkisi, sermayenin enerjiye güçlü ikame olduğunu göstermektedir. Türkiye için hesaplanan Morishima ikame esneklikleri de bu sonuç ile uyumludur. Toplaştırılmış veri ile yapılan sermaye-enerji ikame edilebilirliği çalışmalarında olduğu gibi mikro veri çalışmalarında da Morishima ikame esnekliği

hesapları çalışma sonuçları arasındaki farklılıkları azaltmaktadır. Sonuçlar hem gelişmekte olan bir ülke olan Türkiye’de hem de gelişmiş ülkelerde sermayenin enerjiye teknolojik ikamesinin mümkün olduğuna işaret etmektedir.

Türkiye için toplulaştırılmış veri kullanarak yapılan çalışmaların ilki olan Dahl ve Erdoğan (2000) çalışması ile mevcut tez çalışmasının sonuçlarının uyumlu olduğu görülmektedir. Diğer yandan sektörel veri kullanılarak yapılan ve daha yakın bir döneme ait olan Bölük ve Koç (2010) çalışmasında, çapraz fiyat esnekliklerine göre sermayenin enerjiye tamamlayıcı bir faktör olduğu tespit edilirken; Morishima ikame esnekliğine göre iki faktör ikamedir. Hesaplanan çapraz fiyat esnekliğinin mutlak değer olarak firma düzeyinde hesaplanan esneklikten büyük olduğu görülmektedir. Toplulaştırılmış veri kullanılarak hesaplanan esneklik değerlerinin firma düzeyindeki değerlerden daha büyük olması beklentiler ile uyumludur. Tamamlayıcılık ilişkisi ise Türkiye’de elektrik piyasalarının liberalleşme öncesi dönemde gelir etkisinin ikame etkisine baskın olduğunu göstermektedir. Sektörel düzeyde hesaplanan Morishima ikame esnekliği ikame ilişkisine işaret etmektedir ancak firma düzeyinde hesaplanan değerden daha düşüktür. Bu sonuç, Türkiye’nin teknolojik ikame olanaklarının son yirmi yılda gelişme gösterdiğine işaret etmektedir.

Tez çalışmasında çapraz fiyat esneklikleri ve Morishima ikame esneklikleri, farklı firma grupları için de hesaplanmıştır. Bu kapsamda veri setinde yer alan firmalar; firma büyüklüklerine, ticaret statülerine ve enerji kullanım yoğunluklarına göre gruplandırılarak translog maliyet fonksiyonu tahminleri tekrarlanmış ve her bir firma grubu için ikame esneklikleri hesaplanmıştır. Hesaplamalar, sermayenin enerjiye ikamesini gösteren çapraz fiyat esnekliklerinin ( $\epsilon_{KE}$ ) firma büyüklüğü ve firma ticaret statüsünden etkilenmediğini göstermektedir. Diğer yandan firmaların enerji kullanım yoğunluğu arttıkça çapraz fiyat esnekliklerinin arttığı görülmektedir. Bu sonuç, çapraz fiyat esnekliğinin faktör maliyet paylarına duyarlılığından kaynaklanmaktadır. Ayrıca tüm firma gruplarında çapraz fiyat esnekliği değerleri ( $\epsilon_{KE}$ ) zayıf ikame ilişkisine işaret etmektedir.

Diğer yandan sermaye faktörünün enerjiye teknik ikamesini gösteren Morishima ikame esnekliğinin ( $\sigma_{KE}^M$ ), firma büyüklüğü ve firmaların enerji kullanım yoğunluğu arttıkça arttığı ve sadece ihracat yapan firmalar ile çift yönlü ticaret yapan firmalarda daha yüksek olduğu görülmektedir. Morishima ikame esnekliklerinin bu firmalar için yüksek olması bu firmalar için sermayenin enerji yerine teknolojik ikame olanaklarının daha yüksek olduğunu göstermektedir.

Tez çalışmasında ayrıca malzeme faktörünün dahil olduğu ve olmadığı maliyet fonksiyonu tahminleri kullanılarak ikame esneklikleri hesaplamaları karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma, ikame esnekliği ölçülerinin maliyet fonksiyonuna dahil edilen faktörlere duyarlılığını göstermektedir. Sonuç olarak malzeme faktörünün maliyet fonksiyonuna dahil edilmemesi sermayenin enerjiyi ikamesini gösteren çapraz fiyat esnekliğinde işaret değişikliğine yol açmamıştır. Ancak malzemenin maliyet fonksiyonuna dahil edilmediği modelde sermayenin enerjiye ikamesi ve enerjinin sermayeye ikamesini gösteren çapraz fiyat esnekliklerinin mutlak değer olarak daha yüksek olduğu görülmektedir. Diğer yandan Morishima ikame esneklikleri ise her iki esneklik için de daha düşük mutlak değere sahiptir.

Sermayenin enerjiye ikamesini gösteren çapraz fiyat esnekliği ve Morishima ikame esnekliği değerleri tüm gözlemlerde ve tüm firma gruplarında sermaye ile enerji arasında ikame ilişkisi olduğunu göstermektedir. Ancak bu ilişkinin gücünün ikame esnekliği ölçüsüne göre değiştiği görülmektedir. Ekonomik ikame potansiyelini gösteren çapraz fiyat esnekliği iki girdi arasında zayıf ikame ilişkisi olduğunu gösterirken; teknolojik ikame potansiyelini gösteren Morishima ikame esnekliği güçlü ikame ilişkisine işaret etmektedir. Buna göre tez çalışmasında elde edilen ampirik bulgular, Türkiye imalat sanayi firmalarının sermayeyi enerjiye ikame edebilecek teknolojik potansiyele sahip olduğunu ancak fiyat artışı sonrası ortaya çıkan gelir etkisinin ikame potansiyelini sınırladığını göstermektedir. Bu sonuçlar, enerji fiyat artışını içeren enerji ve çevre politikalarının (örneğin vergi politikalarının) sermaye talebini olumsuz etkilemeyeceğini ancak enerji tasarrufu üzerinde anlamlı bir etki de yaratmayacağını göstermektedir. Diğer yandan firmaların enerji verimliliğini arttıran teknolojiler kullanmasını teşvik eden politikaların enerji tasarrufu açısından daha etkin sonuçlar doğurması beklenmektedir.

Tez çalışmasında hesaplanan çapraz fiyat esnekliği ve Morishima ikame esnekliği asimetrik ikame ölçüleridir. Dolayısıyla enerji ve sermaye arasında belirlenen ikame ya da tamamlayıcılık ilişkisinin gücü hangi faktörün fiyatının değiştiğine bağlı olarak değişmektedir. Tez çalışmasında hesaplanan çapraz fiyat esneklik değerleri; enerjinin sermayeye ikamesinin, sermayenin enerjiye ikamesinden baskın olduğunu göstermektedir. Bu sonuç, Türkiye imalat sanayinde enerji tasarrufu sağlamak için sermaye maliyetini azaltan yatırım politikalarının, enerji fiyatını yükselten enerji vergi politikalarından daha etkin olacağını göstermektedir.

Sermaye ve enerji arasındaki ilişkinin belirlenmesi enerji tüketimini azaltmak için uygulanan politikaların ya da enerji fiyat şoklarının uzun dönem büyüme üzerinde ortaya çıkabilecek etkilerin belirlenmesi açısından da önemlidir. Türkiye imalat sanayi firmaları için tespit edilen ikame ilişkisi, enerji fiyatındaki artışların en azından faktörler arası ikame ilişkileri çerçevesinde sermaye talebinde azalmaya neden olmayacağına işaret etmektedir.

Son olarak, sermaye-enerji ikame edilebilirliği sonuçlarının son yıllarda enerji ekonomisi literatüründe önemli bir tartışma konusu olan geri tepme etkisi (*rebound effect*) ile de ilişkisi bulunmaktadır. Enerji ve diğer girdiler arasındaki teknik ve ekonomik ikame kolaylığı geri tepme etkisinin belirleyenleri arasında yer almaktadır. Çalışmalar, enerjinin diğer girdiler ile teknik ikamesi kolaylaştıkça geri tepme etkisinin azaldığını göstermektedir. Morishima ikame esnekliği sonuçları Türkiye imalat sanayinde geri tepme etkisinin sınırlı olacağına işaret etmektedir.

Günümüzde çeşitli uluslararası anlaşmalar ile özellikle gelişmiş olan ülkeler tarafından benimsenen kirletici gazların yayılımını azaltma politikaları, enerjinin üretim sürecinde oynadığı rolü kritik hale getirmektedir. Türkiye de çevre politikaları çerçevesinde sera gazı salınımlarını azaltmayı hedeflemektedir. Bu amaçla tasarlanan politikalar, enerji verimliliğinin artırılması ve enerji tüketiminin azaltılmasını gerektirmektedir. Dolayısıyla sermaye-enerji ikame edilebilirliğine ilişkin hesaplamalar, çevre politikalarının etkinliği hakkında bilgi vermesi açısından da önem taşımaktadır. Türkiye imalat sanayi için elde edilen sonuçlar enerji fiyatında yükselmeye neden olacak fiyat

politikalarının etkinliğinin gelir etkisi nedeniyle sınırlı olduğunu; bu nedenle teknolojik gelişme temelli politikaların tercih edilmesi gerektiğini göstermektedir.

Asimetrik ikame sonuçları sermaye fiyatındaki artışın enerji talebi üzerindeki etkisinin enerji fiyatındaki artışın sermaye talebi üzerindeki etkisinden daha yüksek olduğunu göstermektedir. Ayrıca Türkiye imalat sanayi firmalarında enerjinin kendi fiyatındaki değişimlere duyarlı olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar hep beraber değerlendirildiğinde enerji fiyatını yükseltecek bir enerji vergi uygulamasının, firmaların finansman olanaklarını iyileştiren bir politika ile desteklendiğinde daha etkin bir enerji tasarruf politikası olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Firmaların, finansal destekleri yenilenebilir enerji kaynaklarına aktarması durumunda ise bu etkinliğin daha da artacağı düşünülmektedir.

Tez çalışmasında elde edilen sonuçlar çeşitli şekillerde genişletilebilir. Veri kısıtlarının ortadan kalkması halinde farklı enerji kaynakları da analize dahil edilerek faktörler arası ikamenin yanı sıra yakıtlar arası ikame sonuçları da hesaplanabilir. Diğer yandan translog maliyet fonksiyonundan farklı bir esnek fonksiyonel form kullanılarak esneklik hesaplarının seçilen fonksiyonel forma olan duyarlılığı incelenebilir. Son olarak esneklik hesaplarında çıktı etkisini de dikkate alan bir esneklik ölçüsünün kullanılması fiyat şoklarının makro ekonomik etkilerinin de analize dahil edilmesine imkan verecektir.

## KAYNAKÇA

- Adetutu, M. O. (2014). Energy efficiency and capital-energy substitutability: Evidence from four OPEC countries. *Applied Energy*, 119, 363-370.
- Alarcón, S. (2005). *Input Substitution in the Spanish Food Industry* (No. 724-2016-49149).
- Allen, R. G. D. (1938). *Mathematical analysis for economists*.
- Apostolakis, B. E. (1990). Energy—capital substitutability/complementarity: The dichotomy. *Energy Economics*, 12(1), 48-58.
- Arnberg, S., & Bjørner, T. B. (2007). Substitution between energy, capital and labour within industrial companies: A micro panel data analysis. *Resource and Energy Economics*, 29(2), 122-136.
- Arrow, K. J., Chenery, H. B., Minhas, B. S., & Solow, R. M. (1961). Capital-labor substitution and economic efficiency. *The review of Economics and Statistics*, 43(3), 225-250.
- Bardazzi, Rossella, Filippo Oropallo, and Maria Grazia Paziienza. "Do manufacturing firms react to energy prices? Evidence from Italy." *Energy Economics* 49 (2015): 168-181.
- Baum, C. F., & Linz, T. (2009). Evaluating concavity for production and cost functions. *The Stata Journal*, 9(1), 161-165.
- Baum, C. F., & Christopher, F. (2006). *An introduction to modern econometrics using Stata*. Stata press.
- Barnett, W.A. "Tastes and Technology: Curvature is not Sufficient for Regularity." *Journal of Econometrics*, 108 (2002), 199-202.
- Berndt, E. R., & Christensen, L. R. (1973). The translog function and the substitution of equipment, structures, and labor in US manufacturing 1929-68. *Journal of econometrics*, 1(1), 81-113.

- Berndt, E. R., & Morrison, C. J. (1979). Income redistribution and employment effects of rising energy prices. *Resources and Energy*, 2(2-3), 131-150.
- Berndt, E. R., & Wood, D. O. (1975). Technology, prices, and the derived demand for energy. *The review of Economics and Statistics*, 259-268.
- Blackorby, C., & Russell, R. R. (1989). Will the real elasticity of substitution please stand up?(A comparison of the Allen/Uzawa and Morishima elasticities). *The American economic review*, 79(4), 882-888.
- Blackorby, C., & Russell, R. Robert, "The Partial Elasticity of Substitution," Discussion Paper No. 75-1, Economics, University of California, San Diego, 1975.
- Blackorby, C., Primont, D., & Russell, R. R. (2007). The Morishima gross elasticity of substitution. *Journal of Productivity Analysis*, 28(3), 203-208.
- Boisvert, R. N. (1982). The Translog Production Function: Its properties, its several interpretations and estimation problems.
- Bölük, G., & Koç, A. A. (2010). Electricity demand of manufacturing sector in Turkey: A translog cost approach. *Energy Economics*, 32(3), 609-615.
- Caves, D. W., Christensen, L. R., & Tretheway, M. W. (1980). Flexible cost functions for multiproduct firms. *The Review of Economics and Statistics*, 477-481.
- Chambers, R. G. (1988). *Applied production analysis: a dual approach*. Cambridge University Press.
- Christopoulos, D. K., & Tsionas, E. G. (2002). Allocative inefficiency and the capital-energy controversy. *Energy Economics*, 24(4), 305-318.
- Cobb, C. W. (1928). Douglas PH Theory of production. *American Economic Review, Supplement*, 18(1), 139-165.
- Costantini, V., & Paglialunga, E. (2014). Elasticity of substitution in capital-energy relationships: how central is a sector-based panel estimation approach?. *SEEDS WP*, 13, 52-80.
- Dahl, C., & Erdogan, M. (2000). Energy and interfactor substitution in Turkey. *Opec Review*, 24(1), 1-22.

- Deiningner, S. M., Mohler, L., & Mueller, D. (2018). Factor substitution in Swiss manufacturing: empirical evidence using micro panel data. *Swiss journal of economics and statistics*, 154(1), 6.
- Demiroglu, U. (2012). *Turkiye'de Sermaye Stogu ve Sermaye Hizmetleri Endeksi* (No. 1226). Research and Monetary Policy Department, Central Bank of the Republic of Turkey.
- Diewert, W. E. (1971). An application of the Shephard duality theorem: A generalized Leontief production function. *Journal of political economy*, 79(3), 481-507.
- Diewert, W. E. (1974). *Applications of duality theory*.
- Fieberg D.G. (2001). Seemingly Unrelated Regressions. Baltagi, B. H. (Eds.), *A companion to theoretical econometrics*. Oxford: Blackwell.
- Field, B. C., & Grebenstein, C. (1980). Capital-energy substitution in US manufacturing. *The Review of Economics and Statistics*, 207-212.
- Frondel, M. (2004). Empirical assessment of energy-price policies: the case for cross-price elasticities. *Energy Policy*, 32(8), 989-1000.
- Frondel, M. (2011). Modelling energy and non-energy substitution: A brief survey of elasticities. *Energy Policy*, 39(8), 4601-4604.
- Fuss, M. A. (1977). The demand for energy in Canadian manufacturing: An example of the estimation of production structures with many inputs. *Journal of econometrics*, 5(1), 89-116.
- Fuss, M., McFadden, D., & Mundlak, Y. (1978). Functional forms in production theory. *Production Economics: A Dual Approach to Theory and Applications*, 1, 219-268.
- Gallant, A. R. (1981). On the bias in flexible functional forms and an essentially unbiased form: the Fourier flexible form. *Journal of Econometrics*, 15(2), 211-245.
- Garofalo, G. A., & Malhotra, D. M. (1988). Aggregation of capital and its substitution with energy. *Eastern Economic Journal*, 14(3), 251-262.
- Greene, W. H. (2002). *Econometric analysis*. Pearson Education India.



- Griffin, J. M., & Gregory, P. R. (1976). An intercountry translog model of energy substitution responses. *The American Economic Review*, 66(5), 845-857.
- Hall, B. H., & Mairesse, J. (1995). Exploring the relationship between R&D and productivity in French manufacturing firms. *Journal of econometrics*, 65(1), 263-293.
- Haller, S. A., & Hyland, M. (2014). Capital–energy substitution: Evidence from a panel of Irish manufacturing firms. *Energy Economics*, 45, 501-510.
- Hamermesh, D.S., 1993. *Labor Demand*. Princeton University Press, New Jersey.
- Hicks, J. R. 1932. *The Theory of Wages*, reprinted in *The Theory of Wages*, 2nd edn, London, Macmillan, 1963.
- Hicks, J. R., & Allen, R. G. (1934). A reconsideration of the theory of value. Part I. *Economica*, 1(1), 52-76.
- Hicks, J. R., & Allen, R. G. (1934). A reconsideration of the theory of value. Part II. A mathematical theory of individual demand functions. *Economica*, 1(2), 196-219.
- Hunt, L. C. (1984). Energy and capital: substitutes or complements? Some results for the UK industrial sector. *Applied Economics*, 16(5), 783-789.
- Hunt, L. C. (1986). Energy and capital: substitutes or complements? A note on the importance of testing for non-neutral technical progress. *Applied Economics*, 18(7), 729-735.
- Hyungsik, R. M., & Perron, B. (2006). *Seemingly unrelated regressions*. Department of Economics University of Southern California & Departement de sciences économiques, CIREQ, and CIRANO Université de Montréal.
- Iqbal, M. (1986). Substitution of labour, capital and energy in the manufacturing sector of Pakistan. *Empirical Economics*, 11(2), 81-95.
- Kahn, R. F. (1933). III.--The Elasticity of Substitution and the Relative Share of a Factor. *The Review of Economic Studies*, 1(1), 72-78.

- Kemfert, C. (1998). Estimated substitution elasticities of a nested CES production function approach for Germany. *Energy Economics*, 20(3), 249-264.
- Kim, J., & Heo, E. (2013). Asymmetric substitutability between energy and capital: Evidence from the manufacturing sectors in 10 OECD countries. *Energy Economics*, 40, 81-89.
- Kintis, A. A., & Panas, E. E. (1989). The capital—energy controversy: further results. *Energy Economics*, 11(3), 201-212.
- Koetse, M. J., De Groot, H. L., & Florax, R. J. (2008). Capital-energy substitution and shifts in factor demand: A meta-analysis. *Energy Economics*, 30(5), 2236-2251.
- Krishnapillai, S., & Thompson, H. (2012). Cross section translog production and elasticity of substitution in US manufacturing industry. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 2(2), 50-54.
- Lau, L. J. (1978). Testing and imposing monotonicity, convexity and quasi-convexity constraints. *Production economics: A dual approach to theory and applications*, 1, 409-453.
- Lin, B., & Ahmad, I. (2016). Energy substitution effect on transport sector of Pakistan based on trans-log production function. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 56, 1182-1193.
- Lin, B., & Xie, C. (2014). Energy substitution effect on transport industry of China-based on trans-log production function. *Energy*, 67, 213-222.
- Lin, B., & Xie, X. (2015). Factor substitution and rebound effect in China's food industry. *Energy Conversion and Management*, 105, 20-29.
- Ma, H., Oxley, L., & Gibson, J. (2009). Substitution possibilities and determinants of energy intensity for China. *Energy Policy*, 37(5), 1793-1804.
- Magnus, J. R. (1979). Substitution between energy and non-energy inputs in the Netherlands 1950-1976. *International Economic Review*, 20(2), 465-484.
- McFadden, D. (1963). Constant elasticity of substitution production functions. *The Review of Economic Studies*, 30(2), 73-83.

- Medina, J., & Vega-Cervera, J. A. (2001). Energy and the non-energy inputs substitution: evidence for Italy, Portugal and Spain. *Applied Energy*, 68(2), 203-214.
- Miller, E. M. (1986). Cross-sectional and time-series biases in factor demand studies: explaining energy-capital complementarity. *Southern Economic Journal*, 745-762.
- Morishima, M. (1967). A few suggestions on the theory of elasticity. *Keizai Hyoron (Economic Review)*, 16, 144-150.
- Morrison, C. (1993). Energy and capital: Further exploration of EK interactions and economic performance. *The Energy Journal*, 217-243.
- Mundlak, Y. (1968). Elasticities of substitution and the theory of derived demand. *The Review of Economic Studies*, 35(2), 225-236.
- Nadiri, M. I. (1982). Producers theory. *Handbook of mathematical economics*, 2, 431-490.
- Nguyen, S. V., & Streitwieser, M. L. (1999). Factor substitution in US manufacturing: does plant size matter?. *Small Business Economics*, 12(1), 41-57.
- Okagawa, A., & Ban, K. (2008). Estimation of substitution elasticities for CGE models. *Discussion Papers in Economics and Business*, 16.
- Özatalay, S., Grubaugh, S., & Long, T. V. (1979). Energy substitution and national energy policy. *The American Economic Review*, 69(2), 369-371.
- Pavelescu, F. M. (2011). Some aspects of the translog production function estimation. *Romanian Journal of Economics*, 32(1), 41.
- Pindyck, R. S. (1977). Interfuel substitution and the industrial demand for energy: an international comparison.
- Pitt, M. M. (1985). Estimating industrial energy demand with firm-level data: the case of Indonesia. *The Energy Journal*, 6(2), 25-39.
- Robinson, J. V. 1933. *The Economics of Imperfect Competition*, London, Macmillan, New York, St Martin's Press, 1969.

- Roy, J., Sanstad, A. H., Sathaye, J. A., & Khaddaria, R. (2006). Substitution and price elasticity estimates using inter-country pooled data in a translog cost model. *Energy economics*, 28(5-6), 706-719.
- Samuelson, P. A. (1954). The pure theory of public expenditure. *The review of economics and statistics*, 387-389.
- Shankar, B., Piesse, J., & Thirtle, C. (2003). Energy substitutability in transition agriculture: estimates and implications for Hungary. *Agricultural Economics*, 29(2), 181-193.
- Shen, K., & Whalley, J. (2017). Capital–labor–energy substitution in nested CES production functions for China. In *THE ECONOMIES OF CHINA AND INDIA Cooperation and Conflict: Volume 2: Competitiveness, External Cooperation Strategy and Income Distribution—Changes in China* (pp. 15-27).
- Serletis, A. (2012). *Interfuel Substitution*. World Scientific.
- Solow, J. L. (1987). The capital-energy complementarity debate revisited. *The American Economic Review*, 605-614.
- Stern, D. I. (2012). Interfuel substitution: a meta-analysis. *Journal of Economic Surveys*, 26(2), 307-331.
- Su, X., Zhou, W., Nakagami, K. I., Ren, H., & Mu, H. (2012). Capital stock-labor-energy substitution and production efficiency study for China. *Energy Economics*, 34(4), 1208-1213.
- Tamminen, S., & Tuomaala, E. (2012). *Variation in price and substitution elasticities between sectors—A microdata analysis*.
- Thompson, G. D. (1988). Choice of flexible functional forms: review and appraisal. *Western Journal of Agricultural Economics*, 13(1836-2016-151055), 169-183.
- Thompson, P., & Taylor, T. G. (1995). The capital-energy substitutability debate: a new look. *The Review of Economics and Statistics*, 565-569.

- Thomsen, T. (2000). Short cuts to dynamic factor demand modelling. *Journal of Econometrics*, 97(1), 1-23.
- Tovar, M. A., & Iglesias, E. M. (2013). Capital-energy relationships: an analysis when disaggregating by industry and different types of capital. *The Energy Journal*, 129-150.
- Urga, G., & Walters, C. (2003). Dynamic translog and linear logit models: a factor demand analysis of interfuel substitution in US industrial energy demand. *Energy Economics*, 25(1), 1-21.
- Uzawa, H. (1962). Production functions with constant elasticities of substitution. *The Review of Economic Studies*, 29(4), 291-299.
- Van der Werf, E. (2008). Production functions for climate policy modeling: An empirical analysis. *Energy economics*, 30(6), 2964-2979.
- Williams, M., & Laumas, P. (1981). The relation between energy and non-energy inputs in India's manufacturing industries. *The Journal of Industrial Economics*, 113-122.
- Woodland, A. D. (1993). A micro-econometric analysis of the industrial demand for energy in NSW. *The Energy Journal*, 57-89.
- Yılmaz, K., & Özler, Ş. (2004). *Foreign direct investment and productivity spillovers: Identifying linkages through product-based measures*. Koç University, Istanbul, Mimeograph.
- Yi, F. (2000). Dynamic energy-demand models: a comparison. *Energy Economics*, 22(2), 285-297.
- Zellner, A. (1962). An efficient method of estimating seemingly unrelated regressions and tests for aggregation bias. *Journal of the American Statistical Association*, 57(298), 348-368.
- Zha, D., & Ding, N. (2014). Elasticities of substitution between energy and non-energy inputs in China power sector. *Economic Modelling*, 38, 564-571.
- Zha, D., & Zhou, D. (2014). The elasticity of substitution and the way of nesting CES production function with emphasis on energy input. *Applied Energy*, 130, 793-798.



**HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ**  
**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**  
**DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU**

**HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ**  
**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**  
**İKTİSAT ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA**

Tarih: 25/09/2019

Tez Başlığı : Sermaye - Enerji İkame Edilebilirliği : Türkiye İmalat Sanayi Örneği

Yukarıda başlığı gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler ve d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 97 sayfalık kısmına ilişkin, 24/09/2019 tarihinde tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda işaretlenmiş filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 3 'tür.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1-  Kabul/Onay ve Bildirim sayfaları hariç
- 2-  Kaynakça hariç
- 3-  Alıntılar hariç
- 4-  Alıntılar dâhil
- 5-  5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

  
25/09/2019

Adı Soyadı: Pınar SEZER

Öğrenci No: N11145532


Anabilim Dalı: İktisat

Programı: İktisat

Statüsü:  Doktora  Bütünleşik Dr.

**DANIŞMAN ONAYI**

UYGUNDUR.

  
Doç. Dr. Başak DALGIÇ



**HACETTEPE UNIVERSITY  
GRADUATE SCHOOL OF SOCIAL SCIENCES  
Ph.D. DISSERTATION ORIGINALITY REPORT**

**HACETTEPE UNIVERSITY  
GRADUATE SCHOOL OF SOCIAL SCIENCES  
ECONOMICS DEPARTMENT**

Date: 25/09/2019

Thesis Title : Capital - Energy Substitution : The Case of Turkish Manufacturing Industry

According to the originality report obtained by my thesis advisor by using the Turnitin plagiarism detection software and by applying the filtering options checked below on 24/09/2019 for the total of 97 pages including the a) Title Page, b) Introduction, c) Main Chapters, and d) Conclusion sections of my thesis entitled as above, the similarity index of my thesis is 3 %.

Filtering options applied:

- Approval and Declaration sections excluded
- Bibliography/Works Cited excluded
- Quotes excluded
- Quotes included
- Match size up to 5 words excluded

I declare that I have carefully read Hacettepe University Graduate School of Social Sciences Guidelines for Obtaining and Using Thesis Originality Reports; that according to the maximum similarity index values specified in the Guidelines, my thesis does not include any form of plagiarism; that in any future detection of possible infringement of the regulations I accept all legal responsibility; and that all the information I have provided is correct to the best of my knowledge.

I respectfully submit this for approval.

  
25/09/2019

**Name Surname:** Pinar SEZER

**Student No:** N11145532

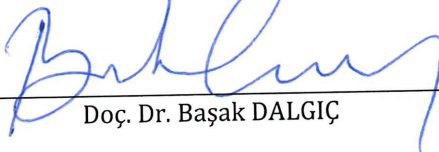
**Department:** Economics

**Program:** Economics

**Status:**  Ph.D.  Combined MA/ Ph.D.

**ADVISOR APPROVAL**

APPROVED:

  
Doç. Dr. Başak DALGIÇ



**HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ**  
**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**  
**TEZ ÇALIŞMASI ETİK KOMİSYON MUAFİYETİ FORMU**

**HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ**  
**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**  
**İKTİSAT ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA**

Tarih: 25/09/2019

Tez Başlığı: Sermaye – Enerji İkame Edilebilirliği : Türkiye İmalat Sanayi Örneği

Yukarıda başlığı gösterilen tez çalışmam:

1. İnsan ve hayvan üzerinde deney niteliği taşımamaktadır,
2. Biyolojik materyal (kan, idrar vb. biyolojik sıvılar ve numuneler) kullanılmasını gerektirmemektedir.
3. Beden bütünlüğüne müdahale içermemektedir.
4. Gözlemsel ve betimsel araştırma (anket, mülakat, ölçek/skala çalışmaları, dosya taramaları, veri kaynakları taraması, sistem-model geliştirme çalışmaları) niteliğinde değildir.

Hacettepe Üniversitesi Etik Kurullar ve Komisyonlarının Yönergelerini inceledim ve bunlara göre tez çalışmamın yürütülebilmesi için herhangi bir Etik Kurul/Komisyon'dan izin alınmasına gerek olmadığını; aksi durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

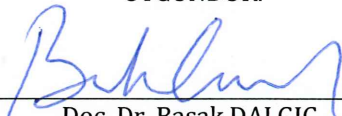
Gereğini saygılarımla arz ederim.

  
25.09.2019

**Adı Soyadı:** Pınar SEZER  
**Öğrenci No:** N11145532  
**Anabilim Dalı:** İktisat  
**Programı:** İktisat  
**Statüsü:**  Yüksek Lisans  Doktora  Bütünleşik Doktora

**DANIŞMAN GÖRÜŞÜ VE ONAYI**

UYGUNDUR.

  
Doç. Dr. Başak DALGIÇ

**Detaylı Bilgi:** <http://www.sosyalbilimler.hacettepe.edu.tr>

**Telefon:** 0-312-2976860

**Faks:** 0-3122992147

**E-posta:** [sosyalbilimler@hacettepe.edu.tr](mailto:sosyalbilimler@hacettepe.edu.tr)





**HACETTEPE UNIVERSITY  
GRADUATE SCHOOL OF SOCIAL SCIENCES  
ETHICS COMMISSION FORM FOR THESIS**

**HACETTEPE UNIVERSITY  
GRADUATE SCHOOL OF SOCIAL SCIENCES  
ECONOMICS DEPARTMENT**

Date: 25/09/2019

Thesis Title: Capital - Energy Substitution : The Case of Turkish Manufacturing Industry

My thesis work related to the title above:

1. Does not perform experimentation on animals or people.
2. Does not necessitate the use of biological material (blood, urine, biological fluids and samples, etc.).
3. Does not involve any interference of the body's integrity.
4. Is not based on observational and descriptive research (survey, interview, measures/scales, data scanning, system-model development).

I declare, I have carefully read Hacettepe University's Ethics Regulations and the Commission's Guidelines, and in order to proceed with my thesis according to these regulations I do not have to get permission from the Ethics Board/Commission for anything; in any infringement of the regulations I accept all legal responsibility and I declare that all the information I have provided is true.

I respectfully submit this for approval.

  
25/09/2019

**Name Surname:** Pinar SEZER

**Student No:** N11145532

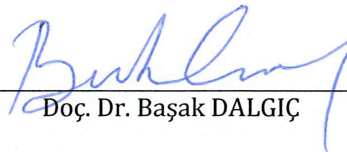
**Department:** Economics

**Program:** Economics

**Status:**  MA  Ph.D.  Combined MA/ Ph.D.

**ADVISER COMMENTS AND APPROVAL**

APPROVED.

  
Doç. Dr. Başak DALGIÇ