

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**KARBON REGÜLASYONLARI IŞIĞINDA ENERJİ PERFORMANS
SÖZLEŞMELERİNİN FİNANSAL ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İdil Su TERZİ

Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı

Enerji Bilim ve Teknoloji Programı

ŞUBAT 2025

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**KARBON REGÜLASYONLARI IŞIĞINDA ENERJİ PERFORMANS
SÖZLEŞMELERİNİN FİNANSAL ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**İdil Su TERZİ
(301211060)**

Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı

Enerji Bilim ve Teknoloji Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Sermin ONAYGİL

ŞUBAT 2025

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**FINANCIAL ANALYSIS OF ENERGY PERFORMANCE CONTRACTS IN
LIGHT OF CARBON REGULATIONS**

M.Sc. THESIS

**İdil Su TERZİ
(301211060)**

Energy Science and Technology Division

Energy Science and Technology Programme

Thesis Advisor: Prof. Dr. Sermin ONAYGİL

FEBRUARY 2025

İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 301211060 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi İdil Su TERZİ, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "KARBON REGÜLASYONLARI IŞIĞINDA ENERJİ PERFORMANS SÖZLEŞMELERİNİN FİNANSAL ANALİZİ" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Sermin ONAYGİL**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Dr. Öğr. Ebru ACUNER TÜRET**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Nurettin UMURKAN

Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : 10 Ocak 2025

Savunma Tarihi : 13 Şubat 2025



Sevdiklerime,



ÖNSÖZ

Tez konumun seçiminde, işlenmesinde, karşılaştığım zorlukların çözümünde büyük emekleri olan tez danışmanım Prof. Dr. Sermin ONAYGİL'e değerli yardımlarından dolayı en içten minnetlerimi sunarım.

Bu tez çalışması boyunca her adımda yanımda olarak bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan, Rabia CİN'e ilgileri, sabırları ve değerli katkıları için teşekkürü bir borç bilirim.

Her zaman yanımda olup beni destekleyen başta babam olmak üzere aileme saygı ve sevgilerimi sunarım.

Ocak 2025

İdil Su TERZİ
(Elektrik Mühendisi)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	ix
İÇİNDEKİLER	xi
KISALTMALAR	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ	xv
ŞEKİL LİSTESİ	xvii
ÖZET	xix
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ	1
2. ENERJİ VERİMLİLİĞİ	5
2.1 Türkiye’de Enerji Verimliliği Destekleri	8
2.1.1 Verimlilik artırıcı proje destekleri.....	8
2.1.2 Gönüllü anlaşma destekleri	9
2.1.3 Beşinci bölge destekleri	10
2.1.4 KOSGEB destekleri	10
2.1.5 Bölgesel kalkınma ajansları	11
2.2 Enerji Hizmet Şirketleri.....	11
2.3 Enerji Performans Sözleşmeleri	13
2.3.1 Enerji performans sözleşmelerinin gelişimi.....	14
2.3.2 Enerji performans sözleşmesi türleri.....	15
2.3.2.1 Garantili tasarruf sözleşmeleri	15
2.3.2.2 Paylaşımlı tasarruf sözleşmesi	16
2.3.2.3 Kiralama	16
2.3.2.4 Yap-işlet-devret.....	16
2.3.2.5 Yakıt esaslı sözleşme (chauffage).....	16
2.3.2.6 İlk-giren (first-in)	17
2.3.2.7 İlk-çıkan (first-out).....	17
2.3.3 EPS finansman kaynakları	17
2.3.3.1 Kamu finansman kaynakları	18
2.3.3.2 Özel finansman kaynakları.....	18
2.3.4 Enerji performans sözleşmelerinin enerji hizmet şirketleri açısından önemi	19
2.3.5 Enerji performans sözleşmelerinin enerji verimliliği açısından önemi	20
2.4 Enerji Performans Sözleşmeleri’nin Türkiye’deki Durumu	20
3. AB SINIRDA KARBON DÜZENLEME MEKANİZMASI (SKDM)	23
3.1 Dünyadaki Emisyon Ticaret Sistemi	24
3.2 Türk Emisyon Ticaret Sistemi (Yerel ETS).....	29
4. FİNANSAL ARAÇLAR	35
4.1 Hibe ve Sübvansiyonlar, Vergi Teşvikleri	36
4.2 Krediler.....	37
4.3 Enerji Hizmetleri Şirketleri ve Enerji Performans Sözleşmeleri	38

4.4 Performans için Ödeme (Pay-for-Performance).....	38
4.5 Enerji Faturası Finansmanı (On-bill Finance).....	39
4.6 Kitle Fonlaması	40
4.7 Enerji Verimliliği Destekleme Tarifeleri.....	40
5. METODOLOJİ	43
5.1 Net Bugünkü Değer	43
5.2 İç Getiri Oranı.....	44
5.3 Ağırlıklandırılmış Ortalama Sermaye Maliyeti.....	45
5.4 Proje Serbest Nakit Akışı	46
5.5 Net Serbest Nakit Akışı	46
5.6 Uygulama Verileri	46
6. ANALİZ SONUÇLARI VE TARTIŞMALAR.....	53
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	63
KAYNAKLAR.....	67
ÖZGEÇMİŞ.....	77



KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
DTÖ	: Dünya Ticaret Örgütü
EE FITS	: Enerji Verimliliği Garantili Tarife Sistemi (Energy Efficiency Feed-in Tariff System)
EIB	: Avrupa Yatırım Bankası (European Investment Bank)
EPS	: Enerji Performans Sözleşmesi
ESCO	: Enerji Hizmet Şirketi (Energy Services Company)
ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
ETS	: Emisyon Ticaret Sistemi
EV	: Enerji Verimliliği
IRD	: İzleme, Raporlama ve Doğrulama
IRR	: İç Getiri Oranı (Internal Rate of Return)
KOBİ	: Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmeler
KOSGEB	: Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı
kW	: Kilowatt
MRV	: İzleme, Raporlama ve Doğrulama (Monitoring, Reporting and Verification)
MtCO_{2e}	: Megaton Karbon Dioksit Eşdeğeri
MW	: Megawatt
NDC	: Ulusal Katkı Beyanı
NFCF	: Net Serbest Nakit Akışı (Net Free Cash Flow)
NPV	: Net Bugünkü Değer (Net Present Value)
OBF	: Faturalı Finansman (On-bill Finance)
OPEX	: Operasyonel Giderler (Operational Expenditure)
ORC	: Organik Rankine Çevrimi (Organic Rankine Cycle)
P4P	: Performansa Dayalı Ödeme (Pay-for-Performance)
PFCF	: Proje Serbest Nakit Akışı (Project Free Cash Flow)
PTF	: Piyasa Takas Fiyatı
RE FITS	: Yenilenebilir Enerji Garantili Tarife Sistemi (Renewable Energy Feed-In Tariff System)

SKDM	: Sınırdaki Karbon Dzenleme Mekanizması (Carbon Border Adjustment Mechanism-CBAM)
SRC	: Buhar Rankine evrimi (Steam Rankine Cycle)
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
TL	: Türk Lirası
TLREF	: Türk Lirası Referans Faiz Oranı
VAP	: Verimlilik Artırıcı Projeler
WACC	: Ağrliklandırılmış Ortalama Sermaye Maliyeti (Weighted Average Cost of Capital)



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Dünya Çapında Uygulanan ETS Girişimleri Temel İstatistikleri	26
Çizelge 3.2 : Türkiye IRD Sistemi Temel İstatistikler (2020).....	31
Çizelge 5.1 : Modelde kullanılan proje maliyetleri	49
Çizelge 5.2 : 2 MW ORC projesi için modelde kullanılan veriler	50
Çizelge 5.3 : 6 MW ORC projesi için modelde kullanılan veriler	51
Çizelge 6.1 : PTF 4000 için 2 MW ORC projesi analizi	54
Çizelge 6.2 : PTF 3000 için 2 MW ORC projesi analizi	54
Çizelge 6.3 : PTF 2500 için 2 MW ORC projesi analizi	55
Çizelge 6.4 : PTF 4000 için 6 MW ORC projesi analizi	55
Çizelge 6.5 : PTF 3000 için 6 MW ORC projesi analizi	56
Çizelge 6.6 : PTF 2500 için 6 MW ORC projesi analizi	56



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : ESCO gelirinin ülkelere göre dağılımı.....	13
Şekil 2.2 : ESCO gelirleri, kamu ve özel sektör	13
Şekil 2.3 : Sözleşme türüne göre ESCO gelirleri	19
Şekil 3.1 : Kapsam 1 emisyonları koyu kırmızı ve sarı ile, Kapsam 2 ise açık kırmızı ve sarı ile gösterilmiştir. Noktalı çubuklar, SKDM ve ulusal bir ETS'nin uygulandığı senaryolar	33
Şekil 6.1 : Karbon emisyonu fiyatlandırması ve PTF'ye göre sözleşme süresi arasındaki ilişki	57
Şekil 6.2 : Karbon emisyonu fiyatlandırması ve proje büyüklüklerine göre sözleşme süresi değişimleri PTF = 4.000 TL/MWh	58
Şekil 6.3 : 6 MW ORC, Karbon emisyonu fiyatlandırmasına göre PFCF-NPV ve NFCF-NPV, PTF = 2.500 TL/MWh	59
Şekil 6.4 : 2 MW ORC karbon emisyonu fiyatlandırmasına göre proje geri dönüş süresi PTF = 4.000 TL/MWh	60
Şekil 6.5 : 6 MW ORC karbon emisyonu fiyatlandırmasına göre proje geri dönüş süresi PTF = 4.000 TL/MWh	60
Şekil 6.6 : Karbon emisyonu fiyatlandırmasına göre 2 MW ve 6 MW ORC projesi NPV-NFCF-geri dönüş maliyeti karşılaştırması PTF = 4.000 TL/MWh	61



KARBON REGÜLASYONLARI İŞİĞİNDA ENERJİ PERFORMANS SÖZLEŞMELERİNİN FİNANSAL ANALİZİ

ÖZET

Avrupa Birliği (AB), küresel ölçekte daha temiz üretim süreçlerini teşvik etmek amacıyla Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması (SKDM) geliştirmiştir. Bu mekanizma, AB'ye ithal edilen karbon yoğun malların üretimindeki emisyonlara maliyet yükleyerek, AB içindeki üretimle eşit karbon fiyatlandırması yapmayı amaçlamaktadır. SKDM, karbon kaçağını engellemeyi ve uluslararası ticarete adaleti sağlamayı hedeflemektedir. SKDM, Türkiye'nin AB'ye yaptığı ihracat üzerinde ek maliyetler yaratabilecek ve özellikle sanayi sektörlerinde karbon emisyonlarına bağlı ek yükler doğurabilecektir. 2023 yılında geçiş dönemiyle başlayan SKDM'nin ilk dönemi 2025 yılına kadar sürecek ve 2026 itibarıyla firmalar, ithal ürünlerin karbon emisyonlarını beyan etmek zorunda kalacaklardır.

Türkiye, Paris Anlaşması çerçevesinde 2053 yılına kadar net sıfır karbon emisyonu hedefi koymuştur. 2023 yılında açıklanan Ulusal Katkı Beyanı (NDC) çerçevesinde Türkiye, 2030 yılında emisyonlarını 695 milyon ton CO₂e seviyesinde sınırlama taahhüdü vermiştir. Bununla birlikte, Niyet Edilmiş Ulusal Katkı Beyanında, referans senaryoya kıyasla %21 olarak açıklanan sera gazı azaltım oranı, 2030 yılı için %41'e yükseltilmiştir. Ulusal Katkı Beyanı kapsamında, yıllık sera gazı salım miktarının referans senaryonun altında olması hedeflenmektedir. Bu kapsamdaki, hedefler 2023 için %29, 2024 için %35 olarak gerçekteşiş olup, 2025 için %35, 2026 için %36, 2027 için %37 sera gazı azaltımını hedeflenmektedir. Ancak, tarihsel emisyon trendlerine bakıldığında, bu hedefin gerisinde kalınması olasılığı vardır. 1990-2021 yılları arasında emisyonlar yıllık ortalama 11,2 MtCO₂e artmıştır ve bu hızla devam edilirse, 2030'daki emisyon seviyesi 653 MtCO₂e olabilecektir. Bu durum, hedeflenen 695 MtCO₂e'lik emisyon seviyesinin altında kalma riskini de işaret etmektedir.

Türkiye, net sıfır karbon emisyonuna yönelik Emisyon Ticaret Sistemi (ETS) hazırlıkları yapmaktadır. Türkiye'de ETS'ye hazırlık kapsamında enerji, sanayi ve ulaştırma sektörlerinde sera gazı emisyonlarının izlenmesi ve raporlanması amacıyla çeşitli düzenlemeler yapılmıştır. 2014'te yürürlüğe giren Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesi ve Raporlanması Yönetmeliği ile Türkiye'de emisyonların izlenmesi için altyapı oluşturulmuştur. Aynı zamanda, karbon emisyonlarına dayalı bir ücretlendirme mekanizması tasarlanmış ve 2027-2032 yılları arasında uygulanacak farklı ücret seviyelerine yönelik senaryolar geliştirilmiştir. Türkiye'de yerel bir ETS kurulduğunda; 20 EURO/tCO₂e ve 50 EURO/tCO₂e gibi yerel karbon fiyatlarının uygulanması, Türkiye'nin sera gazı emisyonlarını sırasıyla %14 ve %23 oranında azaltabilme potansiyeline sahip olduğu rapor edilmiştir.

Türkiye, yerel ETS aracılığıyla enerji verimliliği uygulamalarına ağırlık vererek SKDM maliyetlerini azaltma ve karbonsuzlaşma sürecini hızlandırma potansiyeline sahiptir. Enerji verimliliği projeleri, enerji tüketimini azaltarak aynı üretim veya hizmet seviyelerini koruma ya da artırma amacını güden projelerdir. Bu projeler,

enerjinin daha etkin bir şekilde kullanılması ve israfın engellenmesi için yapılan çeşitli uygulamalardır. Enerji verimliliği, yalnızca enerji tasarrufu sağlamayı değil, aynı zamanda çevresel etkilerin azaltılmasını, maliyetlerin düşürülmesini ve sürdürülebilir enerji kullanımının teşvik edilmesini de hedeflemektedir. Endüstriyel enerji verimliliği projeleri, makinelerin verimliliğini artırmak, atık ısıyı geri kazanmak ve proses optimizasyonu sağlamak gibi stratejileri içerebilir. Başlıca enerji verimliliği projeleri arasında atık ısı geri kazanımı da yer almaktadır. Bu çalışmada kullanılan teknoloji olan Organik Rankine Çevrimi (ORC) bir atık ısı geri kazanım projesi olup, düşük sıcaklıkta atık ısıyı geri kazanarak elektrik üretir. Bu uygulamalarla endüstride, özellikle 70°C ile 300°C arasındaki sıcaklık aralığındaki atık ısılarından faydalanılmaktadır.

Enerji verimliliği yatırımlarının önündeki başlıca engeller arasında yüksek yatırım maliyetleri, finansmana erişim eksiklikleri ve uzun geri ödeme süreleri bulunmaktadır. Bu engelleri aşmak için devletler ve finansal kurumlar, hibeler, sübvansiyonlar, krediler ve vergi teşvikleri gibi araçlar sunmaktadır. AB’de enerji verimliliği finansmanı, geleneksel araçlardan sübvansiyon edilmiş kredilere kadar geniş bir yelpazeye sahiptir. Ancak, bu araçların en büyük sınırlaması, kamu bütçelerine bağımlı olmaları ve büyük ölçekli piyasa uygulamaları için sürdürülebilir olmamalarıdır. Bu nedenle, enerji verimliliği yatırımlarında daha etkili sonuçlar elde etmek için yenilikçi finansal araçların daha geniş çapta uygulanması gerekmektedir. Karbon emisyonlarının azaltılması amacıyla, karbon ticaret sistemlerinin etkin uygulamaları ve yerel karbon ticaret mekanizmaları, enerji verimliliği projelerinin finansmanına katkı sağlayabilecektir. Ayrıca, Performansa Dayalı Ödeme (P4P), Faturalı Finansman (OBF), kitle fonlaması, enerji verimliliği destekleme tarifeleri (EE FITs) ve Enerji Performans Sözleşmeleri (EPS) gibi finansman modelleri, enerji tasarruflarından elde edilen gelirlerle projeleri finanse etmeyi sağlayan araçlardır. Türkiye’de enerji verimliliği projelerinin daha geniş bir ölçekte uygulanabilmesi için finansal kaynakların çeşitlendirilmesi gerekmektedir. Düşük faizli krediler, yeşil tahviller ve karbon ticaretinden elde edilecek gelirler gibi finansal araçlar, bu projelerin finansmanını daha cazip hale getirebilir. Özellikle EPS gibi finansal modeller, enerji tasarrufları üzerinden ödeme yapılmasını sağlayarak projelerin finansal sürdürülebilirliğini artırabilir. Ödemeler elde edilen tasarruflar üzerinden yapılabildiği için EPS modeli, enerji verimliliği projelerine yatırım yapmayı daha az riskli hale getirebilmektedir. Ancak, Türkiye’deki mevcut elektrik fiyatları ve sınırlı finansman kaynakları, enerji verimliliği projelerinin hayata geçirilmesinde engeller oluşturabilmektedir. Bu nedenle, Türkiye’nin enerji verimliliği alanındaki yatırımları artırabilmesi için daha güçlü ve esnek bir finansal altyapıya ihtiyacı vardır.

Bu tez çalışmasında, gelecekte kurulacak olan yerel ETS ile olası maliyetlerin dahil edildiği bir enerji verimliliği projesi gerçek saha verileri ile EPS modeli kullanılarak analiz edilmiştir. 2 MW ve 6 MW enerji üreten Organik Rankine Çevrimi projeleri için maliyet üzerinden gelir elde etmeye dayalı bir analiz yapılmıştır. Proje, ekipman değerine göre belirlenen tasarruf miktarına göre faturalandırılmakta ve belirli periyotlarda ödemeler yapılmaktadır. Ödemeler, paranın zaman değeri göz önünde bulundurularak hesaplanmaktadır. Sözleşme süresi, gerekli geliri karşılayacak şekilde belirlenmekte ve optimum sözleşme süresi, proje başlangıcındaki finansman gereksinimleri ve giderleri dikkate alınarak hesaplanan serbest nakit akışı ve proje sonunda elde edilen gelirlerden işletme maliyetleri ve finansman giderleri çıkarılarak belirlenmektedir. Model sonuçları, karbon emisyonlarının azaltılması ve enerji verimliliği sağlanarak karbon fiyatı tasarruflarının EPS modeline dahil edilmesinin,

enerji verimliliği projelerini daha uygulanabilir hale getirebileceğini göstermektedir. Ayrıca, enerji verimliliği projelerinin hayata geçirilmesi için finansman kaynaklarının çeşitlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Türkiye, yerel ETS'sini kurarak karbon emisyonlarını sınırlayabilir ve bu sayede enerji verimliliği projelerinin finansmanını glendirebilir. Bu sistem, Türkiye'nin uluslararası karbon ticaretiyle entegrasyonunu artırarak enerji verimliliği yatırımlarını cazip hale getirebilir.





FINANCIAL ANALYSIS OF ENERGY PERFORMANCE CONTRACTS IN LIGHT OF CARBON REGULATIONS

SUMMARY

The European Union (EU) has developed the Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) to promote cleaner production processes on a global scale. This mechanism aims to apply the same carbon pricing to the production of carbon-intensive goods imported into the EU as is applied to domestic production. CBAM aims to prevent carbon leakage and ensure fairness in international trade. It began its transition phase in 2023 and will continue until 2025. Starting in 2026, companies will be required to declare the carbon emissions of imported products and obtain corresponding certificates.

Türkiye has set a target of net-zero carbon emissions by 2053 under the Paris Agreement and is making preparations for an Emissions Trading System (ETS). The Greenhouse Gas Emissions Monitoring and Reporting Regulation, enacted in 2014, established the infrastructure for tracking emissions in Türkiye. Türkiye's ETS aims to limit emissions to 695 million tons of CO₂e by 2030. However, there are discrepancies, such as certain sectors (e.g., gypsum, glass) being excluded from the ETS. Through a local ETS, Türkiye can reduce CBAM costs and accelerate the decarbonization process by increasing carbon prices.

Significant barriers to energy efficiency investments include high investment costs, lack of access to finance, and long payback periods. To overcome these obstacles, governments and financial institutions offer tools such as grants, subsidies, loans, and tax incentives. In the EU, energy efficiency financing covers a broad spectrum, from traditional tools to subsidized loans. However, the major limitation of these tools is their dependence on public budgets, making them unsustainable for large-scale market applications. Therefore, to achieve more effective results in energy efficiency investments, innovative financial instruments need to be applied on a wider scale.

The principle of "invoice neutrality" requires that the savings from energy efficiency projects cover the project costs. Carbon emission taxes can increase the profitability of projects and shorten payback periods. To reduce carbon emissions, effective implementations of carbon trading systems and local carbon trading mechanisms can contribute to the financing of energy efficiency projects. Additionally, financing models such as Pay-for-Performance (P4P), On-bill finance (OBF), crowdfunding, energy efficiency support tariffs (EE FITs), and Energy Performance Contracts (EPC) allow projects to be financed with the savings generated from energy efficiency.

In Türkiye, diversifying financial resources is essential to enable energy efficiency projects to be implemented on a broader scale. Financial tools such as low-interest loans, green bonds, and revenue from carbon trading can make financing these projects more attractive. In particular, financial models like EPC can increase the financial sustainability of projects by making payments based on energy savings. The EPC model can make investing in energy efficiency projects less risky because payments

are made from the savings achieved. However, the current electricity prices and limited financing resources in Türkiye pose barriers to the implementation of energy efficiency projects. Therefore, Türkiye needs a stronger and more flexible financial infrastructure to increase its investments in energy efficiency.

Global sustainability goals and efforts to reduce carbon emissions have increased the economic appeal of energy efficiency projects. Establishing a carbon trading system aligned with the EU can encourage large energy-consuming industries to invest in energy efficiency projects. Carbon trading can facilitate investment in energy efficiency projects by large energy consumers to achieve emission reductions, thereby improving the financial sustainability of such projects. These projects not only provide direct energy savings but also contribute to achieving environmental goals. When considering both the economic returns and environmental benefits of energy efficiency projects, they become critically important for broader economic development and environmental sustainability.

In this study, a real analysis of an energy efficiency project, incorporating the costs of an upcoming local ETS, has been conducted using the EPC model. For Organic Rankine Cycle (ORC) projects producing 2 MW and 6 MW of energy, an analysis based on the revenue generated from equipment costs and savings has been conducted. The project is billed based on the savings determined by the equipment's catalogue value, and payments are made in specified periods. These payments are calculated with the time value (Net Present Value) of money considered. The contract duration is determined in such a way that it covers the required revenue, and the optimal contract length is determined by calculating the project free cash flow at the beginning of the project, considering financing requirements and expenses, and ensuring that the net free cash flow remains positive after deducting operating and financing costs from the revenue generated at the end of the project. The model results indicate that incorporating tax savings from reduced carbon emissions and energy efficiency improvements into the EPC model can make the projects more viable for Energy Service Companies (ESCO).

Moreover, diversifying financial resources and making them more accessible are crucial for the implementation of energy efficiency projects. Developing financial tools such as low-interest loans, green bonds, and publicly supported financing instruments can facilitate the financing of projects. Moreover, to enhance the reliability of energy efficiency projects, advanced measurement and monitoring systems must be established to ensure the accuracy and sustainability of savings. These systems will enable effective tracking of energy savings, providing a transparent view of the projects' effectiveness. Furthermore, the traceability of energy efficiency project outcomes will increase investor confidence, paving the way for greater private sector investment. As investors gain trust in the projects, long-term investments in energy-efficient technologies will rise. Moreover, the ability to monitor the success of these projects will be beneficial for evaluating the effectiveness of public policies.

Ensuring the long-term sustainability of energy efficiency projects depends not only on increasing and effectively using financial resources but also on the development of sound policies and regulatory frameworks. By establishing a local ETS, Türkiye could integrate more effectively into global carbon trading systems. The efficient integration of both local and global carbon trading systems could increase energy efficiency investments and strengthen the financial sustainability of these projects.

For Türkiye to play a leading role in scaling up energy efficiency projects, it is essential to diversify financial instruments, expand public financial support mechanisms, and leverage advanced monitoring technologies. The effective coordination of these elements will enhance the success of energy efficiency projects and help overcome the barriers within the sector. Future efforts to refine these strategies will shed light on how to ensure the long-term success and sustainability of energy efficiency projects, ultimately securing their place as a central component of Türkiye's sustainable development agenda.





1. GİRİŞ

Enerji verimliliği (EV), sürdürülebilir kalkınma ve çevresel koruma hedeflerine ulaşmada kritik bir rol oynamaktadır. Hem ekonomik hem de çevresel faydalar sağlamak için enerji tüketiminin etkin bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, enerji verimliliği projelerinin finansmanı, projelerin başarıya ulaşması için önemli bir unsurdur. Enerji Performans Sözleşmesi (EPS), bu projelerin finansmanını sağlamada etkin bir araç olarak öne çıkmaktadır. EPS, enerji tasarrufu sağlayan projelere yatırım yapmayı teşvik eden bir finansman modeli sunar; bu model, özel sektör ile kamu sektörünün iş birliğini güçlendirerek, enerji verimliliği projelerinin ekonomik fizibilitesini artırır ve finansal riskleri minimize eder.

Enerji Performans Sözleşmeleri (EPS), enerji projelerinin finansmanı ve uygulanması için yenilikçi bir yaklaşım olarak dünya çapında ilgi görmüştür [1]. Genellikle Enerji Hizmet Sözleşmeleri olarak da adlandırılan bu sözleşmeler, bir tesisin enerji performansını iyileştirmek için anahtar teslimi bir çözüm sağlayan yatırım masrafları enerji tasarrufları ile ödenen ve üçüncü taraf bir enerji hizmet şirketini (ESCO) içeren işbirlikçi bir sözleşme olarak karşımıza çıkar. Bu işbirlikçi model, yalnızca tesis sahiplerinin ön sermaye yükünü hafifletmekle kalmamakta, aynı zamanda ESCO ile müşteri arasındaki çıkarların uyumlu olmasını da sağlamaktadır. Çünkü, müşteri yalnızca elde edilen enerji tasarrufları doğrultusunda ödemelerini gerçekleştirmektedir. Bu anlaşmaların birkaç yıl sürecek şekilde yapılandırılmasıyla, paydaşlar genellikle gelişmiş mali öngörülebilirlikten yararlanmaktadır.

EPS akıllı sayaçlar, enerji yönetim sistemleri ve yenilenebilir enerji kaynakları gibi gelişmiş teknolojilerin entegrasyonunu da kolaylaştırabilmektedir. Bu sözleşmeler yenilikçi çözümlerden yararlanarak uzun vadeli sürdürülebilirlik hedeflerine katkıda bulunurken, aynı zamanda karbon ayak izlerini de azaltabilmektedir.

Bu sözleşmelerin kapsamı, yalnızca enerji verimli teknolojilerin tesislere adaptasyonunu değil, kapsamlı tesis değerlendirmelerini, devam eden izleme ve bakım hizmetlerini de içermektedir. Bu bütünsel yaklaşım, enerji performansının yalnızca

iyileşmesini değil, aynı zamanda süreç içerisinde devamlılığını da sağlayarak daha dayanıklı ve uyarlanabilir bir enerji yönetimi çerçevesi oluşturmaktadır.

Sürdürülebilir uygulamalara olan talep arttıkça, enerji performans sözleşmeleri de yeşil altyapıya doğru geçişte giderek daha önemli bir mekanizma olarak görülmektedir. Aynı zamanda, çeşitli sektörlerde bir enerji sorumluluğu kültürü oluştururken yatırımı teşvik etmektedir. Özetle, bu sözleşmeler enerji açısından verimli teknolojilerin yaygın bir şekilde benimsenmesini sağlamak için bir katalizör görevi görmekte ve sonuçta önemli maliyet tasarrufları ile çevresel faydalar sağlamaktadır.

Ayrıca, enerji performans sözleşmelerinde bulunan esneklik, her tesisin özel ihtiyaçlarına ve koşullarına göre özelleştirilmesine olanak tanımaktadır. Bu uyarlanabilirlik, kuruluşların operasyonel ve sürdürülebilirlik hedefleriyle uyumlu çözümler sağladığı için önemlidir. Mevcut altyapının yeniden donatılması veya son teknoloji yenilenebilir enerji uygulamalarının entegre edilmesi gibi çalışmalar, bu sözleşmelerin çok yönlülüğünü ortaya koymakta ve ticari binalardan endüstriyel tesislere kadar farklı sektörlerde enerji verimliliği uygulamalarında karşılaşılan zorluklarla etkili bir şekilde uyumlu çözümler yaratılmasına olanak sağlanmaktadır [2-4].

EPS'nin sürekli izlenmesi ve değerlendirilmesiyle üretilen veriler, enerji kullanım kalıpları ve verimlilik eğilimleri hakkında değerli içgörüler sağlamaktadır. Bu veriler yalnızca mevcut stratejilerin iyileştirilmesine yardımcı olmakla kalmamakta, aynı zamanda gelecekteki projelere altyapı hazırlayarak genel enerji yönetimi uygulamalarını geliştirmektedir. Enerji tasarruflarını ve çevresel etkiyi nicelleştirme yeteneği, enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji projelerine sürekli yatırım yapılması için durumu güçlendirmektedir ve enerji performans sözleşmelerinin sürdürülebilir kalkınmanın temel taşı rolünü pekiştirmektedir. Bu sözleşmeler yardımıyla enerji verimliliği ile yenilenebilir enerji uygulamaları arasındaki boşluk ve dengesizlikler kapatılarak, enerji tasarrufu sağlanmasının yanı sıra sürdürülebilir bir gelecek için önemli bir altyapı da oluşturulabilmektedir.

Sonuç olarak, enerji performans sözleşmeleri, finansal uygulanabilirliği, teknolojik inovasyonu ve paydaş katılımını birleştiren enerji yönetimine dönüştürücü bir yaklaşımı temsil etmektedir. Tüm tekno-ekonomik parametreler tanımlandıktan sonra,

yatırım harcamaları konusunda mühendislik ekonomisinin standart yöntemleri kullanılarak ve enerji tasarrufundan beklenen tasarruflar karşılaştırılarak ekonomik olarak en uygun seçimler belirlenebilir. Ancak, genellikle enerji fiyatlarındaki yüksek belirsizlikten kaynaklanan gelecekteki maliyet tasarruflarının muhasebesinin öngörülmesinde zorluklar söz konusudur. Enerji iyileştirme yatırımları genellikle geri döndürülemez nitelikte olduğundan, belirsiz gelecek hakkında gerçekçi varsayımların belirlenmesi önemlidir. Belirsizliğin iyileştirilmesi yönünde olumlu bir ekonomik etkisi varsa, yatırımı erteleme seçeneği de değerlendirilebilir. Finansal fizibilitesi olumsuz olan veya yatırımın geri dönüş süresi uzun yılları kapsayan projelerde yatırımı erteleme seçeneği önem arz etmektedir.

Enerji performans sözleşmeleri (EPS), enerji hizmet şirketleri ve enerji verimliliği politikalarıyla sıkı bir ilişki içindedir; bu iki faktördeki eksiklikler veya aksaklıklar, EPS uygulamalarını doğrudan etkileyebilmektedir. EPS'nin karşılaştığı engeller arasında, sözleşme yapısındaki zorluklar, enerji hizmet piyasasının durumu, finansal sorunlar, düşük farkındalık, yasal ve politik engeller, teknolojik yetersizlikler ve vergi rejimlerinin olumsuz etkileri sayılabilir. Ayrıca, enerji verimliliği taahhüdünün yerine getirilmesi konusunda endişeler, güven eksiklikleri ve uzun geri ödeme süreleri de EPS'nin gelişimini engelleyen faktörlerdendir [5]. Tüm bu belirsizlikler, yatırımcıların EPS projelerinde ilerlemelerini zorlaştırmakta ve enerji hizmet piyasasında güven ortamı oluşumunu engellemektedir.

Bu bağlamda, EPS kullanımında yapılabilecek düzenlemeler, finansal engelleri aşmada ve projelerin ekonomik sürdürülebilirliğini sağlamada etkin bir çözüm olabilmektedir. EPS, enerji verimliliği (EV) projelerinin finansmanını sağlayarak, proje sahiplerine düşük riskle yatırım yapma olanağı tanımaktadır. Bu sözleşmeler, enerji tasarrufu sağlamak için yapılan yatırımların geri ödeme sürelerini belirlerken, aynı zamanda yatırımcılar açısından gelecekteki nakit akışlarını güvence altına almaktadır. EPS, ESCO'nun proje risklerini üstlenmesi ve enerji tasarrufu üzerinden ödeme yapılması gibi özellikleri ile yatırımcıya finansal güvence sağlamaktadır. Bu uygulamalarla, yatırımcılar için belirsizlikler azaltılabilmekte ve projelerin gerçekleştirilmesi daha cazip hale gelebilmektedir. Ayrıca, EPS'nin kamu ve özel sektör iş birliğini güçlendirmesi, EV politikalarının etkinliğini artırırken, sürdürülebilir projelerin yaygınlaşmasına da olanak tanımaktadır [5-7].

Karbon regülasyonları, enerji verimliliği projelerinin finansmanını etkileyen önemli bir faktördür. Artan çevresel farkındalık ve iklim değişikliği ile mücadele çabaları, hükümetlerin karbon salınımlarını sınırlamak amacıyla daha sıkı regülasyonlar uygulamasına yol açmıştır. Bu düzenlemeler, enerji verimliliği projelerine olan talebi artırmakta ve aynı zamanda bu projelerin finansman koşullarını da şekillendirmektedir. EPS'ler bu bağlamda, karbon emisyonlarını azaltmaya yönelik projelerin hayata geçirilmesi için önemli bir araç olabilmektedir. EPS, enerji verimliliği sağlarken, karbon emisyonlarını da doğrudan azaltma potansiyeline sahiptir. Hükümetlerin karbon ticaret sistemleri ve emisyon ticareti gibi politikaları, karbon kredisi veya teşviklerden faydalanma olanakları EPS projelerinin finansal cazibesini artırabilmektedir. Dolayısıyla, karbon regülasyonları ile uyumlu bir şekilde uygulanan EPS'ler, çevresel hedeflere ulaşılmasını sağlarken, yatırımcılar için finansal olarak sürdürülebilir proje olanakları da yaratmaktadır.

Bu tez çalışmasının amacı, enerji verimliliği projesi yatırımının geri ödeme süresine göre gerçek bir analizini yaparak, olası uygulamalar için iyi bir örnek oluşturmaktır. Bu amaç doğrultusunda uygulama örnekleri olarak 2 MW ve 6 MW atık ısıdan enerji üreten Organik Rankine Döngüsü (ORC) projeleri seçilmiştir. Bu projelerde, enerji üretimiyle elde edilen tasarruflar ve gelirler hesaplanmış, analizlere karbon emisyon fiyatı tasarrufları da eklenmiştir. Bu bağlamda, projeler maliyet üzerine gelir elde etmeye dayanan yani ekipman veya hizmetlerin sağladığı tasarruflar ve gelirleri, maliyetler üzerinden hesaplayarak nakit akışı üreten bir modelde analiz edilmiştir. Proje, ekipmanların katalog değeri üzerinden belirlenen tasarruf miktarına göre faturalandırılmakta ve belli periyotlarda ödemeleri gerçekleştirilmektedir. Ödemeler ve alacaklar paranın zaman değerine göre yakınsanarak hesaplanmaktadır. Sözleşme süresi, gerekli geliri karşılayacak şekilde belirlenmekte ve optimum sözleşme süresi hesaplanmaktadır. Bu süre, projenin başlangıcındaki finansman gereksinimleri ve giderleri dikkate alınarak hesaplanan serbest nakit akışı ve proje sonunda elde edilen gelirlerden işletme maliyetleri ve finansman giderleri çıkarılarak elde edilen nakit akışı pozitif tutularak belirlenmektedir. Bu tez çalışması kapsamında Türkiye'de EPS'lerin önündeki finansal engellerin tespiti için gerçek uygulama örneği ile bir analiz gerçekleştirilmiş ve EPS piyasasının gelişimi için öneriler sunulmuştur.

2. ENERJİ VERİMLİLİĞİ

Enerji verimliliği, bir ürün, hizmet veya faaliyet için gereken enerji miktarını azaltarak daha az enerjiyle aynı ya da daha yüksek düzeyde performans elde etmeyi hedeflemektedir. Enerji tüketimi optimize edilerek maliyetler düşürülmekte ve çevresel etkiler azaltılmaktadır. Enerji verimliliği ekonomisi, esasen maliyetler ile faydaların dengelenmesidir. Enerji kullanıcıları için ise, enerji verimli ürünlerin daha yüksek ilk satın alma maliyetini, ürünleri çalıştırırken sağlanacak gelecekteki tasarruflarla karşılaştırmayı içermektedir [8]. Enerji verimliliği, hem enerji kaynaklarının sürdürülebilir kullanımını sağlamak hem de sera gazı emisyonlarını azaltmak açısından kritik bir öneme sahiptir.

Enerji verimliliği genelde “enerji yoğunluğu” göstergesi ile değerlendirilmektedir. Enerji yoğunluğu, belirli bir faaliyet, üretim süreci veya ekonomik çıktının gerçekleştirilmesi için tüketilen enerji miktarı olarak değerlendirilmektedir. Ülkeler için enerji yoğunluğu belli bir baz yılına göre 1000 ABD doları Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYİH) elde etmek için tüketilen Ton Eşdeğer Petrol (TEP) cinsinden enerji miktarı olarak tanımlanmaktadır. Üretim tesislerinde ise, genellikle birim ürün başına düşen enerji tüketimi olarak ölçülmekte ve “spesifik enerji tüketimi” olarak adlandırılmaktadır. Enerji yoğunluğu, çeşitli endüstriyel, ekonomik ve çevresel analizlerde önemli bir gösterge olarak kullanılmaktadır. Düşük enerji yoğunluğu, daha verimli enerji kullanımını ve daha az çevresel etkiyi ifade ederken, yüksek enerji yoğunluğu, genellikle daha fazla enerji tüketen ve çevresel etkisi yüksek olan süreçleri işaret etmektedir. Bu gösterge, enerji verimliliği stratejilerinin geliştirilmesinde, enerji politikalarının belirlenmesinde ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin izlenmesinde kritik bir rol oynamaktadır [9-10].

2023'te küresel toplam nihai enerji tüketimi yaklaşık 445 exajoule (EJ) olup, sanayi sektörü %39'luk payla en büyük paya sahiptir, ardından binalar (ev aletleri dahil) %28 ve ulaşım sektörü %27'lik oranlar ile takip etmektedir. Kalan %6 ise diğer son kullanıcı alanlarından gelmektedir. Gelişmiş ekonomilerde son on yılda enerji talebi yıllık ortalama %0,5 oranında azalmışken, gelişmekte olan piyasa ekonomilerinde bu

azalma oranı %2,6 olmuştur. Ulusal Enerji Ajansı'nın mevcut politika senaryosuna göre 2023-2030 döneminde küresel nihai enerji tüketiminin yıllık ortalama %1,3 oranında artması beklenmektedir. Enerji yoğunluğundaki iyileşme seviyesi, dünyanın yüksek, orta veya düşük enerji talep yolu ile gelişip gelişmeyeceğini belirleyecektir [11]. Enerji verimliliği projeleri, enerji tüketimini azaltarak aynı üretim veya hizmet seviyelerini koruma ya da artırma amacını güden projelerdir. Bu projeler, enerjinin daha etkin bir şekilde kullanılması ve israfın engellenmesi için yapılan çeşitli uygulamalardır. Enerji verimliliği, yalnızca enerji tasarrufu sağlamayı değil, aynı zamanda çevresel etkilerin azaltılmasını, maliyetlerin düşürülmesini ve sürdürülebilir enerji kullanımının teşvik edilmesini de hedeflemektedir. Bu projeler, bina ve tesislerde enerji tüketimini azaltmaya yönelik iyileştirmelerden, endüstriyel üretim süreçlerinin optimizasyonuna kadar geniş bir yelpazeye yayılmaktadır. Enerji verimliliği projeleri genel olarak bina, endüstriyel, ulaşım ve altyapı enerji verimliliği projeleri ve yenilenebilir enerji entegrasyonu olarak sınıflandırılmaktadır.

2023 yılında toplam nihai enerji tüketiminin 170 EJ'den fazlasını oluşturan sanayi sektöründeki enerji tüketimi, 2010'dan 2023'e kadar küresel ölçekte yıllık yaklaşık %1,5 oranında bir artış göstermiştir. Bu dönemde, Hindistan'da %5'in ve Çin'de %2'nin üzerinde kayda değer artışlar yaşanırken, Avrupa Birliği ve Japonya'da sırasıyla %1 ve %1,8'lik düşüşler kaydedilmiştir. Sanayi sektöründe EV önlemlerinin uygulanması hem önemli enerji tasarrufu hem de daha düşük işletme maliyetleri sağlama potansiyeli taşıdığı için emisyonları azaltmak ve üretkenliği artırmak açısından önem taşımaktadır [12].

Endüstriyel enerji verimliliği projeleri, makinelerin verimliliğini artırmak, atık ısıyı geri kazanmak ve proses optimizasyonu sağlamak gibi stratejileri içerebilir. Başlıca projeler arasında atık ısı geri kazanımı ve yeniden kullanımı (Organik Rankine çevrimleri-ORC, buhar Rankine çevrimleri-SRC), verimli elektrik motorları ve VFD (Değişken frekans sürücüler), endüstriyel aydınlatma iyileştirmeleri, enerji yönetim sistemleri, yenilenebilir enerji entegrasyonu (biyokütle ve biyogaz tesisleri), soğutma ve ısıtma sistemlerinin iyileştirilmesi, verimli üretim prosesleri ve atık yönetimi yer almaktadır.

Bu çalışmada kullanılan teknoloji olan ORC, düşük sıcaklıkta atık ısıyı geri kazanarak elektrik üretir. Geleneksel Rankine çevriminde su buharı kullanılırken, ORC sistemlerinde kaynama noktası düşük olan organik sıvılar tercih edilir. Bu organik

sıvılar, suya kıyasla daha düşük sıcaklıklarda buharlaşarak ısı enerjisini verimli bir şekilde mekanik enerjiye dönüştürür. ORC sisteminin temel işleyişi, atık ısı kaynağından organik sıvıyı ısıtmak, buharlaştırmak, ardından buharın türbinle döndürülmesiyle jeneratörde elektrik üretmek ve son olarak buharı soğutup sıvı hale getirerek çevrimi yeniden başlatmaktan oluşur. Endüstriyel uygulamalarda, özellikle 70°C ile 300°C arasındaki sıcaklık aralığındaki atık ısılarından faydalanan ORC, enerji verimliliğini artırırken çevresel etkileri de azaltmaktadır. Bu sistemler, çimento fabrikaları, petrokimya tesisleri, gıda işleme sanayii gibi endüstriyel alanlarda yaygın olarak kullanılmakta olup, atık ısıyı değerlendirerek enerji tüketimini optimize etmektedir. ORC'nin avantajları arasında düşük sıcaklık atıklarının kullanılabilirliği, çevre dostu oluşu ve çeşitli endüstriyel alanlarda geniş bir uygulama yelpazesi bulunması yer alır [13-14].

Binalarda enerji verimliliği iyileştirmeleri, yalıtımın iyileştirilmesi, enerji tasarruflu pencerelerin kurulması ve enerji kullanımını optimize eden akıllı teknolojilerin entegre edilmesi gibi birçok uygulamayla sağlanabilmektedir. Bununla birlikte, binalarda güneş enerjisi panelleri gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının benimsenmesi, bina tasarımlarında giderek daha yaygın hale gelmekte, fosil yakıtlara olan bağımlılığın azalmasına katkıda bulunmakta ve sürdürülebilir enerji sistemlerini desteklemektedir. Enerji tasarruflu cihazlar, konut ve ticari binalarda enerji tüketimini azaltmada önemli bir rol oynamakta, bu da önemli enerji tasarrufuna ve daha düşük hizmet maliyetlerine yol açmaktadır. Enerji tasarruflu cihazlar pazarı, daha düşük enerji tüketimi derecelerine sahip ürünleri teşvik eden düzenleyici önlemler ve tüketici farkındalığı çalışmaları ile yönlendirilmektedir. Optimum enerji kullanımı için uzaktan kontrol edilebilen ve programlanabilen akıllı cihazların geliştirilmesi, teknolojiye önemli bir ilerlemeyi temsil ederek konutlarda ve ticari binalarda enerji verimliliğini daha da artırmaktadır.

Ulaştırma sektörünün enerji talebi artışında bir yavaşlama yaşanacağı ve yakıt talebinin 2024'te ekonomik düzenlemelerden ve artan yakıt verimliliğinden etkilenecek günde 0,5 milyon varilin (MBd) biraz altında artacağı öngörülmektedir. Toplu taşıma sistemleri ve elektrikli araç şarj ağları gibi enerji verimli ulaşım altyapısına yapılan yatırımlar, sürdürülebilir ulaşım çözümlerini teşvik etmek ve genel enerji tüketimini azaltmak için kritik öneme sahiptir. Elektrikli araçlara geçiş, trafik yönetimi ve rota optimizasyonu dahil olmak üzere akıllı teknolojilerin ulaşım

sistemlerine entegrasyonu, ulaşım sektöründe uzun vadeli sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için önemlidir [12]. Türkiye'de ulaştırma sektörü, enerji tüketiminin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. 2021 yılında ulaştırma sektöründe tüketilen 30.346 bin ton eşdeğer petrol (TEP) enerjinin %98,7'si petrol ürünleri, %0,2'si doğalgaz ve %0,8'i biyoenerji ve atıklardan kaynaklanmıştır [15]. Elektrikli araçların Türkiye'deki yaygınlığı son yıllarda artış göstermektedir. 2023 yılı sonu itibarıyla Türkiye genelinde 108.719 tam elektrikli otomobil bulunmakta olup, bu sayı 2022'ye göre belirgin bir artışı göstermektedir. Bununla birlikte, elektrikli araçların şarj altyapısı da gelişmektedir. 2023 yılı başında 1.719 olan şarj istasyonu sayısı, 3.790'a ulaşmıştır. Bu istasyonlarda toplam 8.001 şarj noktası (soketi) bulunmaktadır [16].

2.1 Türkiye'de Enerji Verimliliği Destekleri

Türkiye'de enerji verimliliği projelerine yönelik çeşitli destek mekanizmaları bulunmaktadır. Bu destekler, başlangıçta ağırlıklı olarak sanayi sektörüne odaklanmış olsa da 16 Kasım 2021 tarihli Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun Teklifi'nin 27. maddesi ile bina, hizmet ve tarım sektörlerinin de bu desteklerden faydalanabilmesi mümkün hale getirilmiştir. Bu düzenleme, enerji verimliliği projelerinin daha geniş bir sektörel yelpazede uygulanmasını teşvik etmektedir [17].

2.1.1 Verimlilik artırıcı proje destekleri

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) tarafından geliştirilen Verimlilik Artırıcı Projeler (VAP), enerji kullanımında gereksiz tüketimin, kayıpların ve kaçakların önlenmesini amaçlayan kapsamlı bir destek mekanizmasıdır. Bu projeler, gereksiz enerji kullanımının, atık enerjinin, enerji kayıp ve kaçaklarının önlenmesi veya en aza indirilmesi ile birlikte atık enerjinin geri kazanılması, kojenerasyon sistemleri gibi yenilikçi çözümleri de içermektedir [18].

25 Aralık 2021 tarihinde 31700 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Kanun ile 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu'nun ilgili maddelerinde yapılan değişiklikler, 2009 yılından itibaren sanayi sektörüyle sınırlı olan bu destek mekanizmasının kapsamını genişletmiştir. Yeni düzenleme, bina, hizmet ve tarım sektörlerinin de VAP desteklerinden yararlanmasını sağlamış, böylelikle enerji verimliliği teşvikleri daha geniş bir sektör yelpazesine hitap eder hale gelmiştir. Bu düzenleme, sektörler arası

enerji verimliliği farklarını kapatmayı ve sürdürülebilir kalkınmayı hızlandırmayı hedeflemektedir.

Enerji verimliliği destek programlarının etkinliğini artırmak ve kapsamını genişletmek amacıyla, 11 Mayıs 2024 tarihli ve 32543 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren 7501 sayılı Maden Kanunu ile bazı kanunlarda değişiklik yapılmıştır. Bu kapsamda, 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanununun 3. ve 8. maddelerinde yapılan düzenlemelerle, 2009 yılından itibaren uygulanan enerji verimliliği desteklerine yönelik başvurularda sektörel sınırlamalar kaldırılmıştır. Ayrıca, bu değişikliklerle birlikte destek miktarları on kat artırılmış ve enerji yoğunluğu azaltımı kriterine ek olarak karbon yoğunluğu ve spesifik enerji tüketimi azaltımı kriterleri de eklenmiştir.

Destekler, hibe veya faiz desteği şeklinde sağlanmakta olup, proje bazında destek oranı proje bedelinin en fazla %30’u ile sınırlandırılmış ve toplam destek tutarı 15 milyon Türk Lirasını (TL) aşmayacak şekilde düzenlenmiştir. Destek miktarları, her yıl Vergi Usul Kanunu çerçevesinde belirlenen yeniden değerlendirme oranına göre güncellenmektedir. Başvuruların değerlendirme ve onay süreci yazılı veya elektronik ortamda yürütülmekte olup, Bakanlık tarafından belirlenen kriterlere göre kabul edilmektedir. Ancak destek başvurusunun kabulü, Bakanlık adına bir taahhüt oluşturmamakta ve projelerin desteklenmesi, denetim ve inceleme şartına bağlı olmaktadır. Yanıltıcı bilgi sunulması ya da usulsüzlük tespit edilmesi durumunda destek ödemeleri faiziyle birlikte geri alınmakta ve ilgili başvuru sahibine iki yıl boyunca başvuru yasağı uygulanmaktadır. Ayrıca, aynı ekipman veya faaliyet için başka bir kamu desteğinden faydalanılmışsa, bu projeler destek kapsamı dışında bırakılmaktadır [19].

2.1.2 Gönüllü anlaşma destekleri

Gönüllü Anlaşmalar, yerini Enerji ve Karbon Azaltımı (EKA) Destek Programına bırakmıştır. Bakanlığın belirlediği kriterler çerçevesinde mevcut duruma göre enerji yoğunluğu, karbon yoğunluğu veya spesifik enerji tüketimi kriterlerinden birini azaltmaları durumunda kriterlerde belirlenen yıla ait enerji giderinin desteklenmesini kapsayan programdır. Bu taahhüdü yerine getiren işletmelere, ilgili yılın enerji giderlerinin %30’u oranında ve azami 10 milyon TL’yi aşmayacak şekilde nakdi destek sağlanmaktadır. Bu desteklerden yararlanmak isteyen işletmelerin yıllık enerji tüketimlerinin 500 Ton Eşdeğer Petrol (TEP) ve üzerinde olması, mal üretimi

gerçekleştirmesi ve ticaret ya da sanayi odalarına kayıtlı bulunması gerekmektedir. Ancak, elektrik üretimi lisansına sahip tüzel kişiler bu destekten faydalanamamaktadır. Uygulama, 2009 yılından itibaren yürürlüğe girmiş olup, taahhütlerini yerine getiren yedi endüstriyel işletmeye toplamda 700.000 TL destek verilmiştir. İşletmeler bu süreçte 5,2 milyon TL yatırım yaparak yıllık bazda 4,1 milyon TL'lik mali tasarruf elde etmiştir. Gönüllü Anlaşma başvuruları her yıl Mayıs ayında Enerji Verimliliği ve Çevre Dairesi Başkanlığı tarafından alınmakta, başvuru dönemine ilişkin takvim Bakanlık tarafından ilan edilmektedir. Bakanlık, gerektiğinde başvuru sürecini erteleme, uzatma veya başvuru almama yetkisine sahiptir. Bu mekanizma, enerji verimliliğini artırmayı ve işletmelerin sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmasını desteklemeyi amaçlayan önemli bir teşvik aracıdır [20].

2.1.3 Beşinci bölge destekleri

627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu'nun 8'inci maddesi doğrultusunda, endüstriyel işletmelerin enerji verimliliğini artırmaya yönelik projeleri VAP programı ile desteklenirken, enerji yoğunluğunu azaltmayı hedefleyen uygulamalar ise Gönüllü Anlaşma programı kapsamında teşvik edilmektedir. Bununla birlikte, 9 Mayıs 2014 tarihli ve 28995 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan 2014/6058 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı çerçevesinde, imalat sanayi tesislerinde en az %15 enerji tasarrufu sağlayan yatırımlar, bölge sınırlaması olmaksızın 5. Bölge teşviklerinden faydalanma imkânına sahiptir [21-22]. Bu teşviklerden yararlanabilmek için, mevcut durumda yıllık enerji tüketimi en az 500 TEP olan imalat sanayi tesislerinde, %15 ve üzeri enerji tasarrufu sağlayacak yatırımların gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Söz konusu yatırımlar, katma değer vergisi istisnası, gümrük vergisi muafiyeti, vergi indirim, sigorta primi işveren hissesi desteği, faiz desteği ve yatırım yeri tahsisi gibi çeşitli destek unsurlarıyla teşvik edilmektedir [22].

2.1.4 KOSGEB destekleri

KOSGEB Enerji Verimliliği Destek Programı, Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmelerin (KOBİ) enerji verimliliği kapasitelerini artırmayı ve enerji tasarruflarını desteklemeyi hedefleyen bir mekanizmadır. Program, yıllık enerji tüketimi 10-500 TEP arasında olan işletmelere yönelik farklı destek tasarımları sunmaktadır. Yıllık tüketimi 10-99 TEP olan işletmeler için elektrik motor etüdü hizmetleri ve motor değişim giderleri desteklenmekte olup, bu kapsamda motor etüdü için 3.000-5.000 TL,

motor değişimi için ise 120.000-200.000 TL'ye kadar destek sağlanmaktadır. Yıllık tüketimi 100-500 TEP arasında olan şişletmeler ise enerji etüdü ve verimlilik artırıcı giderler için sırasıyla 30.000 TL ve 900.000 TL'ye kadar destek alabilmektedir. Destek oranları, motor etüdü hizmetlerinde %100'e, enerji etüdü ve verimlilik artırıcı giderlerde ise sırasıyla %75 ve %40'a kadar çıkmaktadır [23].

2.1.5 Bölgesel kalkınma ajansları

Bölgesel kalkınma ajansları, yerel potansiyelin ortaya çıkarılması, kaynakların etkin kullanımı ve bölgesel eşsizliklerin giderilmesi amacıyla kamu, özel sektör ve sivil toplum kuruluşları arasındaki iş birliğini teşvik etmektedir. Türkiye genelinde 26 adet kalkınma ajansı faaliyet göstermekte olup, enerji verimliliği alanında önemli destekler sunmaktadır. Örneğin, İstanbul Kalkınma Ajansı, Sanayide Enerji Verimliliği projesi ile enerji tasarrufu ve temiz enerji uygulamalarını yaygınlaştırmayı hedeflemiş, ayrıca şişletmelerde enerji etüdü raporları hazırlatmıştır [24]. İzmir Kalkınma Ajansı, Mavi ve Yeşil Dönüşüm programıyla girişimcilere finansal destek sağlamış, Kuzey Anadolu Kalkınma Ajansı ise büyük ölçekli sanayi şişletmelerine, enerji verimliliği projelerine yönelik yatırım destekleri sunmuştur [25].

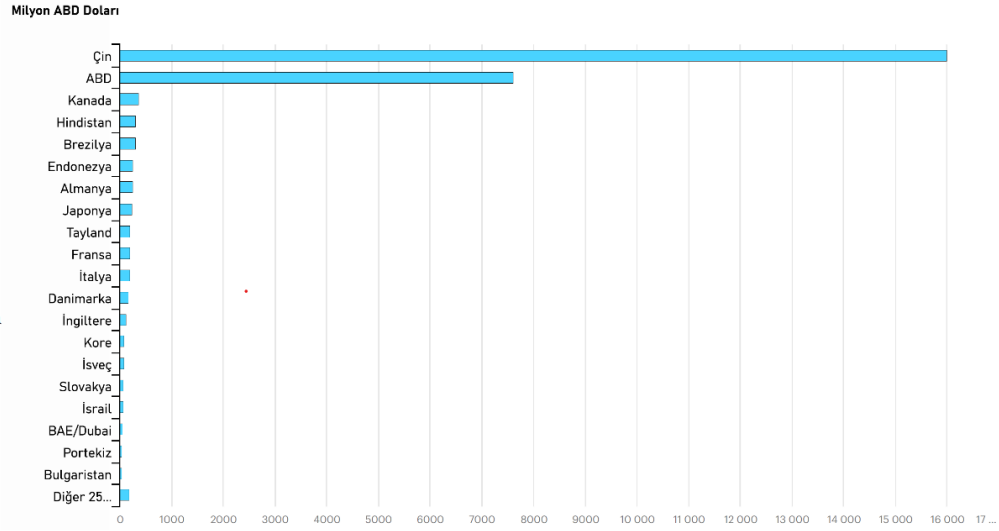
Dünya genelinde artan nüfus ve ekonomik büyüme, doğal kaynaklar üzerinde baskı oluşturmaktadır. Bu bağlamda, kaynak verimliliği ve döngüsel ekonomi modellerinin uygulanması büyük önem taşımaktadır. Türkiye, AB Yeşil Mutabakatına uyum sağlamak amacıyla, döngüsel ekonomi uygulamalarını teşvik etmekte ve bu doğrultuda kalkınma ajanslarının desteğiyle yerel farkındalık oluşturmayı hedeflemektedir. İstanbul'da 2014-2028 Bölge Planı çerçevesinde, yenilenebilir enerji üretimi teşvik edilerek enerji verimliliği artırılmaya, sera gazı salınımı azaltılmaya ve yaşam kalitesi yükseltilmeye çalışılmaktadır. Ayrıca, sanayi bölgelerinde temiz üretim uygulamalarının teşvik edilmesi ve su kaynaklarının verimli kullanımı gibi sürdürülebilir kaynak yönetimi stratejileri uygulanması planlanmıştır [26].

2.2 Enerji Hizmet şirketleri

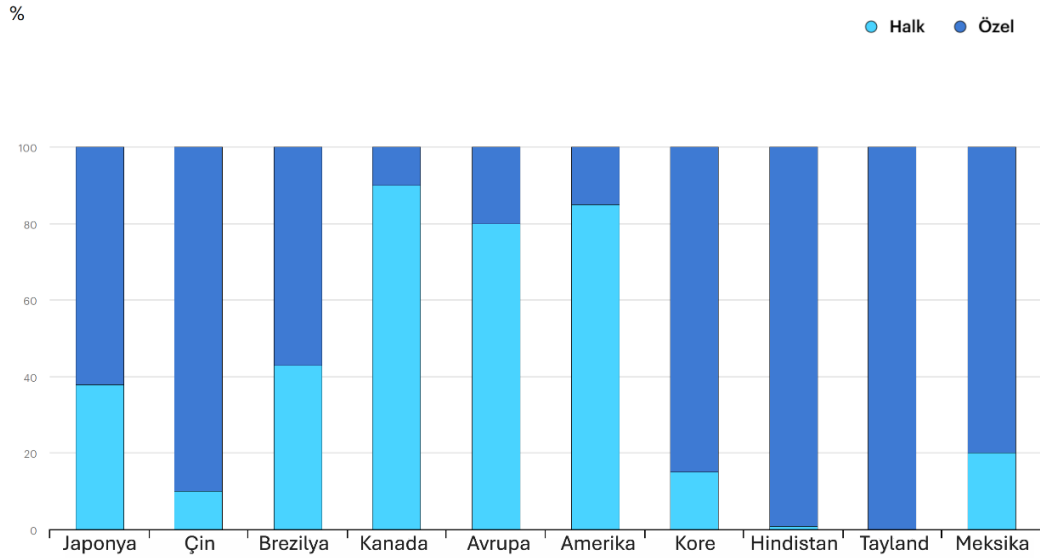
Enerji Hizmet şirketleri (Energy Service Company-ESCO), enerji verimliliği ve karbon emisyonlarının azaltılması alanında hizmet veren uzmanlaşmış kuruluşlardır. ESCO'lar, enerji tasarrufu projelerinin geliştirilmesi, uygulanması ve finansmanı için kritik bir rol oynamaktadır. Bu şirketler, projelerin enerji tasarruflarını garanti altına

alırken, müşteri riskini en aza indirme gayreti içindedir. Enerji performans sözleşmeleri, ESCO'ların temel ayırt edici özelliklerinden biri olup, bu şirketleri geleneksel enerji danışmanlık şirketlerinden farklılaştırmaktadır. Bu sözleşmeler aracılığıyla ESCO'lar, yalnızca danışmanlık hizmeti sunmanın ötesine geçerek finansal risklerin yönetimini de üstlenmektedir. EPS'leri ESCO'nun performans garantisi verdiği ve ödemelerin sağlanan tasarruflarla doğrudan bağlantılı olduğu bir yapıdır. Normalde, bir ESCO proje sırasında teknik ve organizasyonel bilgi birikimini kullanarak kararlaştırılan enerji iyileştirme önlemlerini uygulamaktadır. ESCO'lar aynı zamanda enerji tasarruflarını izlemekten de sorumludur [27-28]. Eğer performans beklenen seviyede gerçekleşmezse, ESCO müşteri için finansal tazminat sağlamak zorundadır. Türkiye'de Enerji Verimliliği Danışmanlık Şirketleri (EVD) olarak adlandırılan bu kuruluşlar, enerji performans sözleşmeleri gibi yenilikçi finansman modellerini sınırlı bir oranda kullanmaktadır. Bu durum, Türkiye'de enerji verimliliği projelerinin yaygınlaşmasını ve sektörel etkinliğini kısıtlayan önemli bir engel teşkil etmektedir [29].

ESCO gelirlerinin ülkeye göre dağılımları şekil 2.1'de gösterilmektedir. Küresel ESCO pazarı, 2020 yılında 33 milyar Amerika Birleşik Devletleri (ABD) dolarına ulaşmış ve yıllık %6'lık bir büyüme kaydetmiştir. Çin, pazarın lideri olarak dikkat çekmekte ve toplam yatırımın %60'ından fazlasını oluşturmaktadır. Bu durum, Çin hükümetinin vergi teşvikleri ve sektörel düzenlemeleriyle doğrudan ilişkilidir. Çin Hindistan ve Tayland'da ESCO hizmetleri daha çok özel sektöre odaklanmaktadır. ESCO gelirlerinin kamu ve özel sektöre göre dağılımları şekil 2.2'de gösterilmektedir. ABD, Kanada ve Avrupa'da ESCO hizmetleri daha çok kamu sektörüne odaklanmaktadır [30].



Şekil 2.1 : ESCO gelirinin ülkelere göre dağılımı [31].



Şekil 2.2 : ESCO gelirleri, kamu ve özel sektör [32].

2.3 Enerji Performans Sözleşmeleri

Enerji Performans Sözleşmeleri, son yıllarda enerji verimliliği projeleri için uygun bir finansman mekanizması olarak ortaya çıkmıştır. Bu yaklaşım, bir ESCO'nun, genellikle altyapı yükseltmeleri ve devam eden performans izleme kombinasyonu yoluyla bir müşteriye garantili bir enerji tasarrufu seviyesi sağlamasını içermektedir [24].

EPS'ler, müşterilere dağıtık (yerinde) üretim, yenilenebilir enerji ve kapsamlı enerji verimliliği önlemleri sunan, bazen tasarım/inşaat sözleşmesinin de dahil olduğu anahtar teslim bir hizmettir. ESCO'lar, tipik olarak aşağıdakileri içeren EPS projelerini yürütmektedir:

- Anahtar Teslim Hizmet: ESCO, müşteri tesisinde kapsamlı bir projenin tasarlanması ve uygulanması için gerekenleri, izleme ve doğrulamadan başlayarak sağlar.
- Kapsamlı Önlemler: ESCO, belirli bir tesisin gereksinimlerini karşılamak için yenilenebilir enerji kullanımını, dağıtık üretim, su tasarrufu, sürdürülebilir malzemeler ve operasyonlar gibi çeşitli önlemler sağlayabilir.
- Proje finansmanı: Uzun vadeli projeler, ESCO veya üçüncü taraf bir finansman şirketi tarafından finanse edilir.
- Proje Tasarruf Garantisi: ESCO, projenin ömrü boyunca tasarrufların finansman maliyetini karşılamaya yeteceğini garanti eder.

2.3.1 Enerji performans sözleşmelerinin gelişimi

EPS'ler, enerji verimliliği projelerinin finansmanını ve uygulamasını kolaylaştırmak için geliştirilmiş bir mekanizmadır. Bu sözleşmeler tarihsel olarak 1990'larda Amerika Birleşik Devletleri'nde ortaya çıkmış olup, hızla dünya genelinde kabul görmüştür. Bu bölümde, EPS'lerdeki her on yıl için önemli gelişmeler ve düzenleyici çerçeveler ele alınmaya çalışılmıştır [28].

EPS'ler, 1990'ların başında ABD federal hükümeti tarafından başlatılan Enerji Tasarrufu Performans Sözleşmesi (ESPC) programıyla şekillenmeye başlamıştır. Bu program, federal kuruluşların enerji tasarrufu önlemlerini herhangi bir ön maliyet olmadan uygulamalarını sağlamak amacıyla ESCO'lar ile sözleşmeler imzalamalarına olanak tanımıştır. Bu dönemde, enerji verimliliği uygulamalarına yönelik sistematik bir yaklaşımın temelleri atılmış ve özellikle kamu sektörü için önemli bir finansman modeli oluşturulmuştur [33].

2000'ler, EPS'lerin Avrupa'da ve özellikle Avrupa Birliği (AB) üye devletlerinde genişlemesi açısından önemli bir dönem olmuştur. 2002 yılında kabul edilen Binaların Enerji Performansı Direktifi ile, üye devletler için enerji verimliliğini artırma hedefleri belirlenmiş ve EPS'nin benimsenmesini teşvik etmiştir [34]. Birleşik Krallık'ta ise, 2004 yılında çıkarılan Enerji Kanunu ile kamu sektörü binalarında EPS'lerin

kullanılmasını kolaylaştıran düzenlemeler getirilmiştir. Bu yasal çerçeve, yerel yönetimlerin mali yüklerden kaçınarak enerji verimliliğine yatırım yapmalarını sağlamıştır [35].

2010'lar, EPS'lerin dünya genelinde daha fazla benimsenmesi ve yasalarla desteklenmesi açısından önemli gelişmelere sahne olmuştur. Almanya, 2014 yılında Enerji Verimliliği Stratejisi'ni uygulayarak hem kamu hem de özel sektörde EPS'leri teşvik etmeye yönelik tedbirler almıştır [36]. Fransa, 2015 yılında kabul ettiği Yeşil Büyüme için Enerji Geçişi Yasası ile özellikle kamu binalarındaki enerji verimliliği için güçlü bir yasal çerçeve sağlamıştır [37]. ABD'de ise 2007 Enerji Bağımsızlığı ve Güvenliği Yasası ve sonrasında gelen mevzuat, EPS'lerin kullanımını genişletmiş ve daha fazla sektörde uygulanabilir hale getirmiştir [38].

2020 yılı itibarıyla, dünya genelinde birçok ülke EPS'lerin sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmadaki önemini kabul etmiştir. COVID-19 pandemisi, enerji verimli binalara olan ihtiyacı daha da belirgin hale getirmiş ve bu da EPS'lere olan ilginin artmasına yol açmıştır [39]. Birleşmiş Milletler ve Uluslararası Enerji Ajansı gibi kurumlar, iklim değişikliğiyle mücadele ve EV artırmaya yönelik küresel çabaların bir parçası olarak enerji performansı sözleşmelerini teşvik etmeye başlamışlardır [40-41]. Gelişmekte olan pazarlar, Asya, Afrika ve Latin Amerika da uluslararası finansman ve teknik destek programları aracılığıyla EPS'leri benimseme süreçlerine hız vermiştir [42].

2.3.2 Enerji performans sözleşmesi türleri

EPS'ler, bir müşteri ile bir ESCO arasında enerji verimliliği projelerini uygulamak için yapılan anlaşmalardır. ESCO, belirli bir düzeyde enerji tasarrufunu garanti etmekte ve müşteri elde edilen tasarruflardan yatırımı geri ödeyebilmektedir. Başlıca EPS türleri aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

2.3.2.1 Garantili tasarruf sözleşmeleri

Garantili tasarruf sözleşmesi çerçevesinde, ESCO projenin tasarlanmasında görevlidir. Finansal yatırımın çoğu, müşteri tarafından karşılanır ve kurulan sistemin mülkiyeti müşteriye aittir. ESCO, müşteriye öngörülen düzeyde tasarruf sağlar ve ücret bu tasarruflara bağlı olarak ödenir. Gerçekleştirilen tasarruflar gerekli ödemelerin altında kalırsa, fark ESCO tarafından ödenir. Sonuç olarak, ESCO hem performans hem de

tasarımla ilgili riskleri taşıırken, yatırımın geri ödeme riskinden müşteri sorumludur [43-44].

2.3.2.2 Paylaşımlı tasarruf sözleşmesi

ESCO projenin tasarımı, uygulanması ve finansmanından sorumludur. Sözleşme süresi boyunca tahakkuk edilen tasarruflar, sözleşmenin başlangıcında yada önceden belirlenmiş bir orana göre ESCO ile müşteri arasında paylaşılır. Bu oran, proje maliyeti, sözleşme süresi ve üstlenilen riskler dahil olmak üzere çeşitli parametrelere bağlıdır. Proje kapsamında kurulan sistemin mülkiyeti, sözleşme süresinin tamamı boyunca ESCO'ya aittir. İş tamamlandıktan sonra, kurulu ekipmanın mülkiyeti müşteriye devredilir. ESCO hem performans hem de kredi riskini üstlenirken, müşteri performans riskinin bir kısmını üstlenmektedir [43-44].

2.3.2.3 Kiralama

Bu yöntemde ESCO, bir verimlilik projesinden elde edilecek enerji tasarruflarını teminat olarak göstererek kiralama şirketinden finansman kullanmaktadır. Finansal kiralama şirketi, projeye yatırım yapmaya karar verdikten sonra, ihtiyaç duyulursa gerekli ekipmanı ESCO için temin edebilmektedir. Bununla birlikte, finansal kiralama şirketi sözleşme süresi boyunca ekipmanın mülkiyetini elinde tutmaktadır. Müşteri, tasarruflarından elde ettiği kazançla enerji performans sözleşmesinde belirtilen kriterlere göre ekipman için ödeme yapmaktadır. Projenin sonunda, müşteri ekipmanın mülkiyetini üstlenebilmektedir. Bu iş modeli genelde yüksek gelir getirmesi beklenen ama satın alma maliyeti yüksek olan büyük endüstriyel ekipmanların alımlarında tercih edilmektedir [45].

2.3.2.4 Yap-işlet-devret

Yap-İşlet-Devret modelinde, projenin mühendislik ve tasarımı, finanse edilmesi, mülkiyeti ve uygulaması sözleşme süresince ESCO'ya aittir. Sözleşme bitiminde mülkiyet müşteriye devredilir [46].

2.3.2.5 Yakıt esaslı sözleşme (chauffage)

Bu sözleşme modelinde, müşteri enerji tesislerinin yönetimini ESCO'ya emanet etmektedir. ESCO sözleşme süresince enerji ve yakıt faturalarını ödemekte ve mevcut tesislerin bakım, yeniden geliştirme/iyileştirme masraflarını finanse etmektedir.

Sözleşme süresi boyunca elde edilen tasarrufun tamamı ESCO'ya aittir. Model, belirli konfor standartları gerektiren hastane, okul ve devlet dairesi gibi binalarda enerji sistemlerinin yenilenmesi ve yönetimi için uygundur. ESCO için yönetsel esnekliğe sahip bu modelde ESCO'nun özel ortaklar bulması da daha kolay olmaktadır [46].

2.3.2.6 İlk-giren (first-in)

Bu sözleşme modelinde, müşterinin geçmiş enerji harcamalarına göre belirlenen garantili minimum tasarrufu içeren sabit bir ücret ödemesi gerekmektedir. Tasarruf, sabitlenen minimum tutarın önemli bir kısmını oluşturuyorsa, müşteri yıl sonunda olumlu bir finansal fayda elde edebilmektedir. ESCO, müdahaleleri öz sermaye veya üçüncü taraf finansmanı yoluyla finanse etmekte, enerji tasarrufu önlemleri almakta ve iş tamamlanıncaya kadar mülkiyeti altında kalan ekipmanı yönetmektedir. Bu modelde, operasyonlarla ilgili finansal ve teknik riskleri üstlenen ESCO ile yapılan sözleşme kapsamında asgari bir tasarruf tutarı sağlanırken, gerçekleştirilen ek tasarruflar müşteri tarafından ödenmektedir [46].

2.3.2.7 İlk-çıkan (first-out)

Bu sözleşme modelinde, müşteri enerji verimliliğini artırırken önceki uygulamalarla tutarlı bir şekilde enerji fatura ödemelerine devam etmektedir. Sözleşmenin sonunda müşteri, enerji tasarrufu girişimlerinden elde edilen tasarrufların avantajlarından yararlanmaktadır. ESCO, müdahaleleri öz sermaye veya üçüncü taraf finansmanı yoluyla finanse etmekte ve sözleşme süresi boyunca tahakkuk eden tasarrufların tamamını korumaktadır [46].

2.3.3 EPS finansman kaynakları

Enerji verimliliği projelerinin finansmanı hem çevresel etkilerin azaltılması hem de ekonomik faydaların artırılması açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu projelerin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için, kamu ve özel sektör iş birliklerinin güçlendirilmesi ve sürdürülebilir finansman modellerinin geliştirilmesi gerekmektedir. EPS'ler, enerji verimliliği projelerini finanse etmek için önemli bir mekanizmayı temsil etmektedir. Bu sözleşmeler için finansman kaynakları, kamu, özel ve uluslararası finans kurumlarını kapsayacak şekilde değişebilmektedir.

2.3.3.1 Kamu finansman kaynakları

Hükümetler genellikle enerji verimliliği girişimlerini teşvik etmek için hibe ve sübvansiyonlar sağlamaktadır. Bu fonlar proje maliyetlerinin bir kısmını karşılayabilmekte ve ESCO'lar ve müşterilerin üzerindeki mali yükü azaltabilmektedir. AB Horizon 2020 programı gibi Ar-Ge ve yenilik faaliyetlerini desteklemek için kurulan özel bir fonlama sistemi olan ve enerji verimliliğini artırmayı amaçlayan çeşitli finansman programlarına mevcuttur [47].

Ülkeler enerji verimliliğini teşvik etmek için tasarlanmış ulusal enerji verimliliği programlarına sahip olabilir. Örneğin, Birleşik Krallık'ın Enerji Şirketi Yükümlülüğü (ECO), enerji tedarikçilerinin daha düşük gelirli hanelerin enerji verimliliğini artırmalarına yardımcı olmak için enerji verimliliği önlemlerini finanse etmesini zorunlu kılmaktadır. Program enerji tedarikçilerinin neden olduğu emisyonları azaltmak için İngiliz hükümeti tarafından tasarlanmıştır. ECO1 olarak anılan ilk yükümlülük dönemi Ocak 2013'ten 31 Mart 2015'e kadar sürmüştür. İlgili tarihten itibaren dördüncü yineleme olan ECO4, 1 Nisan 2022'de başlamış ve 31 Mart 2026'ya kadar sürecektir [48]. Bu tür programlarda EPS'ler önemli bir uygulama yöntemi olarak tanımlanmaktadır.

2.3.3.2 Özel finansman kaynakları

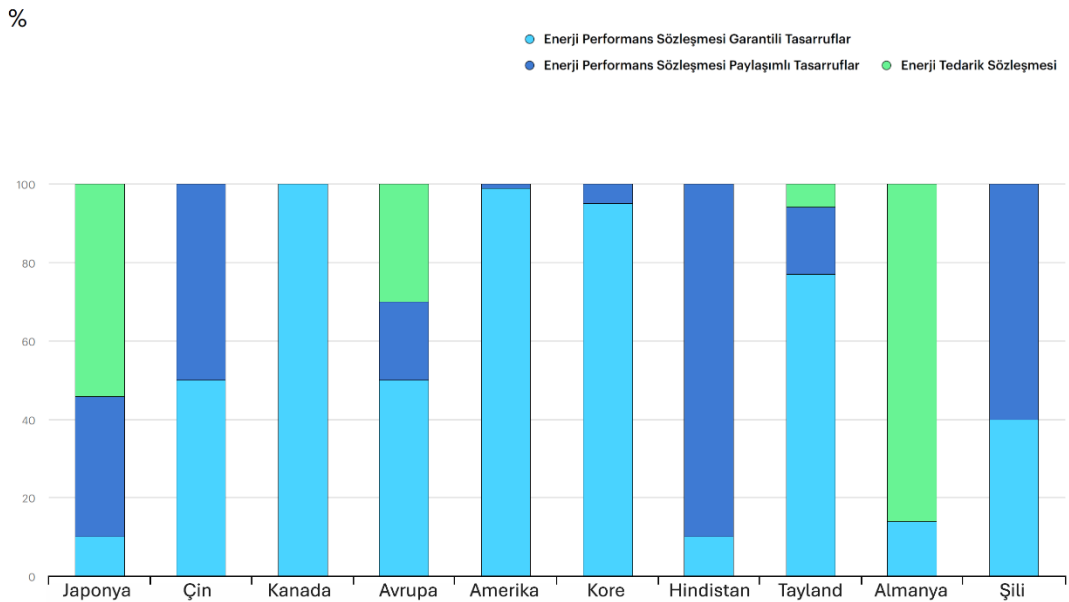
Geleneksel bir yöntem olarak ticari bankalar, genellikle ayrıntılı bir proje planı ve finansal analiz gerektiren enerji verimliliği projeleri için kredi sağlamaktadır. Faiz oranları ve şartları, projenin risk profiline ve ESCO veya müşterinin kredibilitesine bağlıdır. Ticari bankalar, enerji verimliliği projelerinin finansmanında proje değerlendirme, risk yönetimi ve enerji verimliliği fonu yönetimi gibi konularda aktif rol oynamaktadır. Projenin teknik ve mali fizibilitesi değerlendirilerek kredi yapılandırması sağlanmaktadır. Enerji tasarrufu hedeflerine dayalı geri ödeme planları kredi riskini minimize etmektedir. Ticari bankalar, bölgesel ve uluslararası fonlarla iş birliği yaparak özel finansman programları da oluşturmaktadır.

Ticari bankaların enerji verimliliği projeleri için verdiği kredi şartları bazı faktörlere göre değişiklik göstermektedir. Bu faktörler genellikle proje özellikleri ve risk profilidir. Faiz oranları, proje riskine, geri ödeme kabiliyetine ve enerji tasarrufu beklentilerine bağlı olarak değişmektedir. Faiz oranları genellikle %4-8 arasında değişmekte olup, gelişmekte olan ülkelerde finansman kuruluşlarının risk primi

eklemesi nedeniyle daha yüksek faiz oranları (%7-12) da uygulanmaktadır [49-50]. Bununla birlikte, ticari bankalar, kredi güvencesi için genellikle fiziksel varlıklar, gelir akışı veya ESCO'nun itibarı gibi teminatlar talep etmektedir. AB ülkelerinde ticari bankalar, enerji verimliliği projelerini desteklemek için Avrupa Yatırım Bankası (EIB) gibi kurumlarla iş birliği yaparak daha düşük faiz oranları sunabilmektedir. Gelişmekte olan ülkelerde de, uluslararası finansal kuruluşların desteğiyle ticari bankalar daha fazla risk alabilmektedir [49].

2.3.4 Enerji performans sözleşmelerinin enerji hizmet şirketleri açısından önemi

EPS, enerji verimliliği projeleri için özel bir finansman model sunmaktadır. Bu sözleşmeler sayesinde müşteriler, genellikle ön ödeme yapmadan enerji verimliliği teknolojilerine erişebilmektedir. ESCO'lar, tasarrufların gerçekleşmesini garanti ederken, projelerin tüm finansal riskini de üstlenebilmektedir. EPS türleri arasında özellikle garantili tasarruf sözleşmeleri ve paylaşımlı tasarruf sözleşmeleri ön plana çıkmaktadır. ABD ve Kanada gibi küresel ESCO pazarı gelişmiş ülkelerde daha çok garantili tasarruf modeli tercih edilirken, Hindistan ve Kore gibi küresel ESCO pazarında gelişmekte olan ülkelerde paylaşımlı modeller daha yaygındır [51].



Şekil 2.3 : Sözleşme türüne göre ESCO gelirleri [51].

Şekil 2.3'te sözleşme türüne göre ESCO gelirleri gösterilmektedir. ESCO hizmetleri, farklı bölgelerde sektörel yoğunluk ve proje tipi bakımından değişiklik

göstermektedir. ABD ve Avrupa’da kamu sektörüne yönelik projeler ağırlıktadır. Bunun nedeni, kamunun uygun finansman koşullarına erişim sağlayabilmesidir. Çin’de özel sektör projelerine yönelik yoğun bir yatırım bulunmaktadır. Bunun yanında, hükümet destekli teşvikler sektörel büyümeyi hızlandırmaktadır. Asya ve Hindistan’da sanayi odaklı projeler daha yaygındır ve bu bölgelerde paylaşımlı tasarruf sözleşmeleri tercih edilmektedir [30].

2.3.5 Enerji performans sözleşmelerinin enerji verimliliği açısından önemi

EPS, enerji tasarruflarından elde edilen faydaların paylaşılması yoluyla riskleri hem ESCO’lar hem de müşteriler arasında bölmektedir. Bu da müşterilerin yüksek başlangıç maliyetlerinden kaçınmasını sağlamaktadır. ESCO’lar, projelerin performansını garanti etmektedir. Tasarruflar belirli bir seviyenin altına düşerse, ESCO bu farkı ödemekle yükümlüdür. Enerji verimliliği projeleri, enerji verimliliği önlemlerinin etkinliğini izlemeyi ve raporlamayı içermektedir. Bu, projelerin sürekliliğini sağlamak ve enerji tasarruflarının doğruluğunu izlemek için önemlidir. EPS’ler, yapılan iyileştirmelerin ardından düzenli bakım ve iyileştirme süreçlerini de içerebilmektedir. Bu da uzun vadede enerji verimliliğinin sürdürülmesini ve daha fazla tasarruf sağlanmasını mümkün kılmaktadır [12], [52].

2.4 Enerji Performans Sözleşmeleri’nin Türkiye’deki Durumu

Türkiye’de enerji verimliliğine ilişkin temel düzenleme, 18 Nisan 2007 tarihinde kabul edilen ve 2 Mayıs 2007 tarihli Resmî Gazete ’de yayımlanarak yürürlüğe giren 5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu’dur. Bu Kanun’un amacı; “enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliği artırmak, israfı önlemek, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünü hafifletmek ve çevreyi korumak” olarak ifade edilmiştir. Kanun kapsamında enerji verimliliği ile ilgili tarafların tanımları, yetkilendirme usulleri, eğitim ve bilinçlendirme faaliyetleri, uygulama esasları ve destek mekanizmaları gibi konular düzenlenmiştir. Ayrıca Kanun, Enerji Verimliliği Danışmanlık Şirketi (EVD) ve Enerji Performans Sözleşmesi gibi kavramlara da yer vermektedir [53].

EPS, EVD şirketlerinin uygulama projeleri için yapabileceği bir sözleşme türü olup, 5627 sayılı Kanun’da “uygulama projesi sonrasında elde edilen enerji tasarrufunun garanti altına alındığı ve bu tasarruflarla harcamaların ödendiği zaman çizelgesine

dayalı sözleşme” olarak tanımlanmıştır. Kamu kurum ve kuruluşlarının enerji performans sözleşmesi yapabilmesine dair yasal çerçeve ise, 27 Mart 2018 tarihli ve 7103 Sayılı Vergi Kanunları ile Bazı Kanun ve Kanun Hükmünde Kararnamelerde Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun ile genişletilmiştir [54]. Bu düzenlemeye göre kamu kuruluşları, sözleşme süresi 15 yılı aşmamak kaydıyla enerji performans sözleşmesi imzalayabilmekte ve ödemeler, enerji alım giderlerinin yapıldığı bütçeden karşılanabilmektedir. Ayrıca, yıllık toplam ödemelerin garanti edilen tasarruf miktarını aşamayacağı belirtilmiştir [53].

Türkiye’de kamu binalarında enerji verimliliğini artırmak amacıyla 15 Ağustos 2019 tarihli ve 2019/18 Sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararı ile, yıllık toplam enerji tüketimi 250 TEP ve üzeri veya toplam inşaat alanı 10.000 m² ve üzeri olan kamu binalarına 2023 yılı sonuna kadar %15 enerji tasarrufu hedefi verilmiştir. 21 Ağustos 2020 tarihli ve 31220 Sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan kararname ile kamu binalarında enerji verimliliği uygulamalarında enerji performans sözleşmelerinin kullanılması öngörülmüştür. Bu sayede, geri ödeme süresi uzun olan projeler için EPS uygulamaları kolaylaştırılmıştır [55-56]. Proje, kamu binalarından enerji tasarrufu sağlamayı, bütçe tasarrufu oluşturmayı ve merkezi hükümet binalarındaki bütçe kısıtlamalarını çözmeyi amaçlamaktadır. Ayrıca, projeye karbon salınımı (CO₂e emisyonları) azaltılmış, kamu binalarındaki personel için daha iyi konfor şartları sağlanarak ve kamu sektörü ile bina kullanıcıları arasında farkındalık artırılmıştır. Kesin kabulleri tamamlanan binalardan bazıları şöyledir: Bursa Kız Anadolu Lisesi, Bursa Şevket Yılmaz Devlet Hastanesi, Ankara Ortaköy 80.Yıl Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, Tarım ve Orman Bakanlığı, Başakşehir Devlet Hastanesi, Esenyurt Devlet Hastanesi, Pendik Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Silivri Devlet Hastanesi, Bağcılar Eğitim ve Araştırma Hastanesi. Enerji verimliliği hedefleri doğrultusunda mevcut yapılar değerlendirilmiş ve potansiyel iyileştirme alanları belirlenmiştir [57].

2017-2023 döneminde uygulanan 1. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı kapsamında, enerji verimliliğine yönelik bina ve hizmetler, sanayi, ulaştırma, enerji, tarım ve yatay konular olmak üzere 6 ana başlık altında toplam 55 eylem belirlenmiştir. Plan doğrultusunda, 2023 yılı itibarıyla Türkiye’nin birincil enerji tüketiminin %14 oranında azaltılması hedeflenmiştir. Bu kapsamda, 2023 yılına kadar kümülatif olarak 23,9 milyon TEP (MTEP) enerji tasarrufu sağlanması ve bu tasarruf için toplamda 10,9 milyar ABD doları yatırım yapılması öngörülmüştür. Ayrıca, 2017 fiyatlarıyla 2033

yılına kadar sağlanacak kümülatif tasarruf miktarının 30,2 milyar ABD doları olması beklenmekte, bazı tasarrufların etkisinin 2040 yılına kadar devam edeceği ifade edilmektedir. 2017-2023 yılları arasında Türkiye, enerji verimliliği alanına 8,47 milyar ABD Doları yatırım yapmış ve bu yatırımlar sonucunda 24,6 MTEP kümülatif enerji tasarrufu sağlanmıştır. Ayrıca, yapılan çalışmalarla 68,62 milyon ton CO₂ eşdeğerinde sera gazı salınımı azaltılmış ve 44.880 yeni istihdam yaratılmıştır. Enerji Verimliliği Strateji Belgesi (2012-2023) çerçevesinde, enerji yoğunluğunun düşürülmesi hedeflenmiş ve bu hedef doğrultusunda önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. 2022 yılında Türkiye'nin gayri safi yurt içi hasılası %5,5 artarken, birincil enerji arzı %1,0 azalmış, birincil enerji yoğunluğu %6,2 ve nihai enerji yoğunluğu %7,9 oranında iyileşmiştir. Sonuç olarak, Türkiye'nin enerji yoğunluğu 2011 yılına göre %20,4 oranında azalmış ve Strateji Belgesi'ndeki %20'lik hedef, 2023 yılına gelmeden aşılmıştır [58].

2023-2030 dönemini kapsayan 2. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı, enerji verimliliğine yönelik hedefleri artırarak sürdürülebilir enerji kullanımını teşvik etmeyi amaçlamaktadır. Plan kapsamında, bina ve hizmetler, sanayi, ulaştırma, enerji, tarım ve yatay konular olmak üzere 6 ana başlık altında toplamda 61 eylem belirlenmiştir. Yeni hedefler doğrultusunda, 2030 yılı itibarıyla Türkiye'nin birincil enerji tüketiminin %16 oranında azaltılması hedeflenmiştir. Bu doğrultuda, 2030 yılına kadar kümülatif olarak 37,1 milyon TEP (MTEP) enerji tasarrufu sağlanması ve bu tasarruf için toplamda yaklaşık 20,2 milyar ABD doları yatırım yapılması öngörülmektedir. Ayrıca, 2023 fiyatlarıyla 2040 yılına kadar sağlanacak kümülatif tasarruf miktarının 50 milyar ABD doları olması beklenmekte ve bu tasarrufların ekonomik etkilerinin uzun vadeli sürdürülebilirliğe katkı sağlayacağı ifade edilmektedir. Geri ödeme süresi ise enerji verimliliği eylemlerine bağlı olarak 6-8 yıl arasında değişmektedir. 2. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı, Stratejik Amaç-2 ve Yatay Konu 6-Farkındalık, Eğitim ve Bilinçlendirme Faaliyetlerinin Yürütülmesi doğrultusunda kamu ve özel sektör iş birliği ile yenilikçi teknolojiler ve finansman mekanizmalarının geliştirilmesine öncelik vererek, enerji verimliliği projelerinin uygulanabilirliğini artırmayı hedeflemektedir. Bu yeni planla birlikte enerji verimliliği dönüşümüne yönelik somut adımların hızlandırılması ve Türkiye'nin 2053 net sıfır karbon hedeflerine ulaşmasına katkı sağlanması beklenmektedir [59].

3. AB SINIRDA KARBON DÜZENLEME MEKANİZMASI (SKDM)

AB tarafından geliştirilen Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması (SKDM), AB'ye ithal edilen karbon yoğun malların üretimi sırasında ortaya çıkan karbon emisyonlarına bir maliyet yükleyerek, küresel ölçekte daha temiz üretim süreçlerini teşvik etmeyi amaçlayan bir araçtır. Mekanizma, ithal malların karbon fiyatının, AB içerisinde üretilen mallarla eşitlenmesini sağlamayı hedeflemekte ve böylece AB'nin iklim hedeflerinin ihlal edilmesinin önüne geçmeye çalışmaktadır. Dünya Ticaret Örgütü (DTÖ) kurallarına uygun olarak tasarlanmış olan SKDM, karbon kaçacağını engellemeyi ve karbon fiyatlandırmasında adaleti sağlamayı önceliklendirmektedir. SKDM, iki aşamalı bir süreçle hayata geçirilmiştir. 1 Ekim 2023'te başlayan geçiş dönemi 2025 yılına kadar devam edecektir. Kesin uygulama dönemi ise 2026 yılından itibaren yürürlüğe girecektir. Mekanizmanın geçiş aşamasında, AB'ye ithal edilen belirli sektörlerden malların üretiminde ortaya çıkan gömülü karbon emisyonlarının raporlanması zorunludur. Bu dönemde herhangi bir sertifika satın alma yükümlülüğü bulunmamakla birlikte, ithalatçılar üretim sırasında oluşan doğrudan ve dolaylı emisyonları bildirmek zorundadır. Bu süreç, ithalatçılara, üreticilere ve kamu otoritelerine SKDM'nin kesin dönemine hazırlık yapma olanağı sunmaktadır [60].

2026 yılından itibaren başlayacak kesin uygulama döneminde, SKDM kapsamındaki sektörler kapsamında ithalat gerçekleştiren firmalar, karbon emisyonlarını beyan etmekle ve buna karşılık gelen sayıda SKDM sertifikası satın almakla yükümlü olacaktır. Sertifikaların fiyatlandırılması, AB Emisyon Ticareti Sistemi (ETS) çerçevesinde belirlenen karbon izinlerinin haftalık açık artırma fiyatlarına bağlı olarak yapılacaktır. Sertifika bedeli, ton başına Karbondioksit (CO_{2e}) emisyonu miktarı üzerinden hesaplanacaktır. Ayrıca, ithalatçılar, malların üretimi sırasında başka ülkelerde karbon fiyatı ödendiğini ispat edebildiklerinde, ödenen bu miktar SKDM maliyetlerinden mahsup edilebilecektir. SKDM, başlangıçta karbon yoğun ve karbon sızıntısı riski yüksek sektörlerde uygulanmaktadır. Çimento, demir-çelik, alüminyum, gübre, elektrik ve hidrojen gibi sektörler bu kapsamda yer almakta olup, gelecekte bu alanların genişletilmesi öngörülmektedir. Ayrıca, geçiş sürecinde oluşturulan

raporlama sisteminin kesin dönem öncesinde gözden geçirilmesi ve kapsamın belirli alt sektörleri de içerecek şekilde genişletilmesi gündemdedir. AB'nin SKDM uygulaması, yalnızca karbon emisyonlarını fiyatlandırma aracı olarak değil, aynı zamanda AB'nin iklim hedefleriyle uyumlu sanayileşme politikalarının desteklenmesi amacıyla geliştirilmiştir. Mekanizmanın başarıyla uygulanabilmesi, ulusal otoritelerin ve ithalatçıların uyum kapasitelerine bağlıdır. Bu politika, AB'nin küresel liderlik iddiasını güçlendirmenin yanı sıra sürdürülebilir üretim modellerine geçişi de teşvik etmektedir [60-61].

3.1 Dünyadaki Emisyon Ticaret Sistemi

2023 yılı itibarıyla dünyada 36 aktif ETS bulunmaktadır ve bu sistemler, küresel sera gazı emisyonlarının yaklaşık %17,7'sini kapsayan 8,91 GtCO₂e düzeyinde bir emisyon miktarını düzenlemektedir. Bunun yanı sıra üç sistem planlama aşamasında, 22 sistem ise değerlendirme sürecindedir [62]. Dünyanın en büyük ETS'si, Çin tarafından 2021 yılında uygulamaya konulmuş ve ilk aşamada enerji sektörünü kapsayacak şekilde tasarlanmıştır. Çin Ulusal ETS'si, küresel emisyonların yaklaşık %8,9'unu düzenlemekte olup, ilerleyen yıllarda sektör kapsamının genişletilmesi hedeflenmektedir [63].

2005 yılında faaliyete geçen Avrupa Birliği ETS, dünya genelindeki en eski emisyon ticaret sistemlerinden biri olarak ön plana çıkmaktadır. Sistem, enerji, sanayi ve havacılık sektörlerini kapsayarak toplam emisyonların %2,7'sini düzenlemektedir. 2023 yılı itibarıyla AB ETS'sinin karbon fiyatı 96 ABD doları/tonCO₂e ile dünya genelinde en yüksek seviyededir ve sistem, bugüne kadar toplamda 42,2 milyar ABD doları gelir sağlamıştır. Bu gelirler, yenilenebilir enerji projelerine ve yeşil altyapı yatırımlarına yönlendirilerek sürdürülebilir kalkınmayı desteklemektedir [64].

ETS'nin ekonomik etkileri büyük ölçüde karbon fiyatlarına bağlıdır. Karbon fiyatlarının yüksek olması, işletmeleri emisyonlarını azaltmaya teşvik ederek temiz enerji ve enerji verimliliği yatırımlarını hızlandırmaktadır. Örneğin, AB ETS kapsamındaki yüksek karbon fiyatları, enerji yoğun sektörlerde dönüşüm süreçlerini hızlandırmıştır. Bununla birlikte, düşük karbon fiyatları veya piyasa oynaklığı gibi faktörler, sistemin etkinliğini olumsuz etkileyebilmektedir [65].

Emisyon ticaret sisteminin en önemli avantajlarından biri, emisyon azaltımını maliyet etkin bir şekilde sağlamasıdır. İşletmeler, emisyon azaltımı veya emisyon izni satın alma arasında seçim yaparak kendileri için en uygun stratejiyi belirlemektedir. Ayrıca ETS, hükümetlere önemli miktarda gelir sağlayarak bu kaynakların yeşil ve temiz enerji projelerine aktarılmasına olanak tanımaktadır. Bununla birlikte, ETS'sinin başarı oranı kapsamına, sektör çeşitliliğine, karbon fiyat istikrarı ve uluslararası uyum mekanizmalarına bağlıdır [66].



Çizelge 3.1 : Dünya Çapında Uygulanan ETS Girişimleri Temel İstatistikleri [62].

İsim	Ülke	Yıl	Fiyat (ABD doları/ton CO ₂ e)	Gelir (milyar ABD doları)	Sektör Kapsamı	Emisyon Kapsamı (MtCO ₂ e)	2023 Pay (% Küresel Emisyonlar)	2023 Pay (% Ülke/Bölge Emisyonlar)
Çin Ulusal ETS	Çin	2021	8	0	Elektrik	4500	8,92	13,54
AB ETS	AB	2005	96	42,15	İmalat, Elektrik, Havacılık	2023	7,74	12,84
Kore ETS	Kore	2015	11	0,243	İmalat, Elektrik, Binalar, Havacılık, Kamu, Atık	507	4,02	8,93
Almanya ETS	Almanya	2021	33	6,963	İmalat, Elektrik, Binalar, Karayolu Taşımacılık	279	0,6	0,55
Endonezya ETS	Endonezya	2023	N/A	0	Elektrik	148	0,25	0,27
California CaT-ABD	ABD	2012	30	0	İmalat, Elektrik, Taşımacılık, Binalar	280	0,29	0,25
Guangdong pilot ETS-Çin	Çin	2013	5	0,119	İmalat, Elektrik, Taşımacılık	125	0,27	0,27
Alberta TIER-Kanada	Kanada	2013	30	N/A	İmalat, Elektrik	136	0,55	0,55
Kazakistan ETS	Kazakistan	2020	7	0	Elektrik	75	0,15	0,14
Meksika pilot ETS	Meksika	2013	5	0	İmalat	73	0,27	0,27
Fujian pilot ETS-Çin	Çin	2016	48	0	İmalat, Elektrik, Taşımacılık	107	0,6	0,55
Hubei pilot ETS-Çin	Çin	2014	7	0,013	İmalat	125	0,25	0,15
Shanghai pilot ETS-Çin	Çin	2013	9	0,02	İmalat, Elektrik, Binalar, Taşımacılık	107	0,21	0,21
RGGI-ABD	ABD	2009	15	1,194	Elektrik	83	0,17	0,17
Tianjin pilot ETS-Çin	Çin	2013	5	0,012	İmalat, Binalar	75	0,14	0,15
Chongqing pilot ETS-Çin	Çin	2014	5	0,012	İmalat	73	0,14	0,14
Quebec CaT-Kanada	Kanada	2013	30	1,338	İmalat, Elektrik, Taşımacılık, Binalar	59	0,12	0,12

Çizelge 3.1 (devamı) : Dünya Çapında Uygulanan ETS Girişimleri Temel İstatistikleri [62].

İsim	Ülke	Yıl	Fiyat (ABD doları/ton CO ₂ e)	Gelir (milyar ABD doları)	Sektör Kapsamı	Emisyon Kapsamı (MtCO ₂ e)	2023 Pay (% Küresel Emisyonlar)	2023 Pay (% Ülke/Bölge Emisyonlar)
Washington CCA-ABD	ABD	2023	22	0	İmalat, Elektrik, Taşımacılık, Binalar, Atık	57	0,11	0,11
Beijing pilot ETS-Çin	Çin	2013	13	0,016	İmalat, Elektrik, Taşımacılık, Binalar	35	0,07	0,07
Ontario EPS-Kanada	Kanada	2022	48	0	50 kt CO ₂ e/yıl üstü tüm tesisler	38	0,07	0,07
Avusturya ETS-Çin	Çin	2022	35	0	Taşımacılık, Binalar, Tarım, Elektrik, İmalat	32	0,06	0,06
Shenzhen pilot ETS-Çin	Çin	2013	9	0,004	İmalat, Elektrik, Binalar, Taşımacılık	25	0,05	0,05
Oregon ETS-ABD	ABD	2021	0	0	Sıvı yakıtlar, propan, doğalgaz dağıtım şirketleri	21	0,04	0,04
Nova Scotia CaT-Kanada	Kanada	2019	21	0,038	İmalat, Elektrik, Taşımacılık, Isınma	13	0,03	0,03
İngiltere ETS	İngiltere	2021	88	7,592	İmalat, Elektrik, Havacılık	113	0,03	0,03
Saskatchewan OBPS-Kanada	Kanada	2019	48	0	25 kt CO ₂ e/yıl üstü tüm tesisler	9	0,02	0,02
Tokyo CaT-Japonya	Japonya	2010	5	0	İmalat, Elektrik, Binalar, Taşımacılık	12	0,02	0,02
Kanada federal OBPS	Kanada	2019	48	0,086	50 kt CO ₂ e/yıl üstü tüm tesisler	7	0,01	0,01
New Brunswick ETS-Kanada	Kanada	2021	48	0	50 kt CO ₂ e/yıl üstü tüm tesisler	6	0,01	0,01
Newfoundland ve Labrador PSS-Kanada	Kanada	2019	48	0,0001	25 kt CO ₂ e/yıl üstü tüm tesisler	4	0,01	0,01
Saitama ETS-Japonya	Japonya	2011	1	0	İmalat, Elektrik, Binalar	7	0,01	0,01
İsviçre ETS	İsviçre	2008	94	0,047	İmalat, Elektrik, Havacılık	5	0,01	0,01
BC GGIRCA-Kanada	Kanada	2016	18	0	LNG tesisleri	0	0	0
Massachusetts ETS-ABD	ABD	2018	12	0,054	Elektrik	5	0	0
Montenegro ETS	Karadağ	2022	N/A	0	İmalat, Elektrik	N/A	N/A	N/A
Toplam				65,6		9160,9	17,7	-

Şekil 3.1’de 2023 yılı itibarıyla dünya ETS ortalama karbon fiyatı 2 ABD doları civarındadır. Bu sistemlerden toplamda 65,6 milyar ABD doları gelir elde edilmiştir. AB ETS, 42,2 milyar ABD doları ile en yüksek geliri elde eden sistem olarak öne çıkarken, fiyatlar AB ETS’inde 96 ABD doları ile Japonya’nın Saitama ETS’inde 1 ABD doları arasında değişmektedir.

Çin, 2021 yılında dünyanın en büyük ETS’sini uygulamaya koymuştur. Sistem, başlangıçta enerji sektörünü kapsamakta olup, toplamda 2.225 enerji üretim tesisini içermektedir. Çin Ulusal ETS’si yaklaşık 4,5 GtCO₂e emisyonu düzenlemekte ve küresel emisyonların %8,9’unu kapsamaktadır. Önümüzdeki yıllarda sistemin diğer sektörlerle genişletilmesi hedeflenmektedir. Ancak, karbon fiyatlarının şu an için düşük seviyede olması (6-8 ABD doları/ton CO₂e), sistemin etkinliğini sınırlayan bir faktör olarak değerlendirilmektedir [63].

ABD’de ulusal düzeyde bir ETS bulunmamakla birlikte, eyalet bazlı sistemler etkili bir şekilde uygulanmaktadır. Özellikle Kaliforniya ETS’si, Kuzey Amerika’daki en kapsamlı sistemlerden biri olarak öne çıkmaktadır. 2013 yılında başlatılan sistem, enerji ve sanayi sektörlerinin yanı sıra ulaşım yakıtlarını da kapsamaktadır. Ayrıca, ABD’nin kuzeydoğusundaki dokuz eyalet tarafından uygulanan Bölgesel Sera Gazı Girişimi (RGGI), enerji sektörüne yönelik karbon ticaretine olanak sağlamaktadır. Bu sistemler, karbon fiyatları açısından farklılık gösterse de, genel olarak emisyon azaltımı sağlama konusunda başarılı olmuştur [67].

2015 yılında uygulanmaya başlanmış olan Güney Kore ETS’si, Asya’daki ilk ulusal ETS olma özelliğini taşımaktadır. Sistem, enerji, sanayi, ulaşım ve binalar dahil olmak üzere geniş bir sektör yelpazesini kapsamaktadır. Güney Kore, karbon tahsisatlarının büyük bir kısmını ücretsiz olarak dağıtmakta olup bu durum karbon fiyatlarını dengelemek için ilerleyen dönemlerde daha fazla açık artırma uygulamasını teşvik etmektedir. 2023 itibarıyla sistemin karbon fiyatı yaklaşık 20-25 ABD doları/tCO₂e düzeyindedir [62].

Kanada, federal düzeyde bir karbon fiyatlandırma politikası uygulamakta ve buna ek olarak bazı eyaletlerde de ETS sistemleri işletmektedir. Özellikle Quebec ve Nova Scotia karbon ticaret sistemlerini başarıyla uygulayan eyaletler arasında yer almaktadır. Quebec ETS, Kaliforniya ETS ile bağlantılı olup, her iki sistem arasında

emisyon izinleri ticaretine olanak sağlanmaktadır. Bu uluslararası işbirliği, karbon piyasalarının genişlemesine yönelik önemli bir örnek teşkil etmektedir [63].

Avustralya, 2012-2014 yılları arasında kısa bir süre ETS uygulamış ancak hükümet değişikliği sonrasında sistem kaldırılmıştır. Bunun yerine, 2021 yılında “Safeguard Mechanism” adlı yeni bir karbon yönetim programı uygulamaya konulmuştur. Bu sistem ile büyük emisyon kaynaklarına yönelik emisyon sınırları belirlenmekte ve bu sınırların aşılması durumunda karbon izinlerinin satın alınması zorunlu kılınmaktadır [68].

ETS Japonya, İsviçre ve Yeni Zelanda gibi ülkelerde de başarıyla uygulanmaktadır. Japonya’da Tokyo ve Saitama bölgelerindeki ETS’ler, binalar ve enerji tüketimi yoğun işletmeler için karbon azaltımını hedeflemektedir. İsviçre ETS’si, AB ETS’si ile bağlantılıdır ve iki sistem arasındaki uyum, karbon piyasalarının uluslararası düzeyde entegrasyonuna katkı sağlamaktadır.

3.2 Türk Emisyon Ticaret Sistemi (Yerel ETS)

Türkiye, Paris Anlaşması’nı 2021 yılında onaylayarak 2053 yılına kadar net sıfır karbon emisyon hedefini benimsemiştir. Bu doğrultuda, Türkiye’nin sera gazı emisyonlarını azaltmaya yönelik düzenleyici ve piyasa temelli mekanizmalar geliştirmesi beklenmektedir [69]. ETS, Türkiye’nin bu hedeflere ulaşmasında önemli bir araç olarak değerlendirilmektedir. Türkiye’de ETS’ye hazırlık kapsamında enerji, sanayi ve ulaştırma sektörlerinde sera gazı emisyonlarının izlenmesi ve raporlanması amacıyla çeşitli düzenlemeler yapılmıştır. 2014 yılında yürürlüğe giren "Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesi ve Raporlanması Hakkında Yönetmelik" ETS’nin temelini oluşturabilecek MRV (Monitoring, Reporting and Verification) altyapısının geliştirilmesini sağlamıştır. Bu yönetmelik kapsamında, Ulusal İzleme, Raporlama ve Doğrulama (IRD) sistemi geliştirilmiş, enerji yoğun sektörler için emisyon raporlama zorunluluğu getirilmiş ve bu raporların doğrulanması için ulusal standartlar oluşturulmuştur [70].

Türkiye IRD sisteminde tesisler üç ana kategoriye ayrılmaktadır: A Kategorisi (50 ktCO₂e’ye kadar emisyon üreten tesisler), B Kategorisi (50-500 ktCO₂e arası emisyon üreten tesisler) ve C Kategorisi (500 ktCO₂e’den fazla emisyon üreten tesisler). 2020 itibarıyla Türkiye’de toplam 476 tesis bu sistemde yer almakta olup, C Kategorisi

tesisler toplam emisyonların büyük kısmını oluşturmaktadır (yaklaşık %92,1) [71]. Ancak, Türkiye IRD'sinin belirlediği kategorilendirme kuralları, bazı endüstrilerdeki tesislerin sistem dışında kalmasına yol açmaktadır. Örneğin, alçı, cam, mineral yün ve demir üreten tesisler IRD'nin belirlediği sınırlara uygun olmadıkları için C Kategorisi altında yer almamaktadır. Türkiye IRD'sinin bu sektörleri kapsamaması için yeniden değerlendirilmesi söz konusudur. Mevcut kategorilendirme yalnızca emisyon miktarına dayalı olup sektörler için özel ayrıntılı kriterler dikkate alınmadığı için Türkiye IRD'sinin tesis kapsamının genişletilmesi gerektiği ifade edilmektedir [64].

Türkiye ETS'si, sera gazı emisyonlarını sınırlamak için belirli bir üst sınır (cap) koymayı hedeflemektedir. Bu sınır, toplam emisyonları belirli bir seviyeye çekmeyi ve böylece emisyon azaltımı için ekonomik teşvik sağlamayı amaçlamaktadır. Ancak sınırın belirlenmesinde emisyon azaltma maliyetleri, ekonomik büyüme ve emisyon yoğunluklu sektörlerin durumu gibi değişken faktörlerin dikkate alınması gerekmektedir. 2023 yılında açıklanan Ulusal Katkı Beyanı (NDC) çerçevesinde Türkiye 2030 yılında emisyonlarını 695 MtCO₂e seviyesinde sınırlama taahhüdü vermiştir. Bununla birlikte, Niyet Edilmiş Ulusal Katkı Beyanında referans senaryoya kıyasla %21 olarak açıklanan sera gazı azaltım oranı, 2030 yılı için %41'e yükseltilmiştir. Ulusal Katkı Beyanı kapsamında, yıllık sera gazı salım miktarının referans senaryonun altında olması hedeflenmektedir. 2023 için %29, 2024 için %35 gerçekleşmiş, 2025 için %35, 2026 için %36, 2027 için %37 sera gazı azaltımı hedeflenmektedir [72]. Ancak, tarihsel emisyon trendlerine bakıldığında, bu hedefin gerisinde kalınması olasılığı vardır. 1990-2021 yılları arasında emisyonlar yıllık ortalama 11,2 MtCO₂e artmıştır ve bu hızla devam edilirse, 2030'daki emisyon seviyesi 653 MtCO₂e olabilecektir. Bu durum, hedeflenen 695 MtCO₂e'lik emisyon seviyesinin altında kalma riskini işaret etmektedir. Bunun yanı sıra, Türkiye ETS'sinin ilk fazında, büyük emisyon payına sahip C Kategorisi tesislerin özellikle kapsama alınması gerektiği vurgulanmaktadır [73].

Çizelge 3.2 : Türkiye IRD Sistemi Temel İstatistikler (2020) [64].

Aktivite	Kategori A Emisyon (MtCO₂ e)	Kategori A Adet	Kategori B Emisyon (MtCO₂ e)	Kategori B Adet	Kategori C Emisyon (MtCO₂ e)	Kategori C Adet	Toplam Emisyon (MtCO₂ e)	Toplam Adet
Demir-dışı Metal	0	0	0,7	9	0,2	1	0,9	10
Alçı	0,2	9	0	0	0	0	0,2	9
Alüminyum	0,1	5	0,1	2	0,6	1	0,9	8
Cam	0,2	7	2,1	12	0	0	2,4	19
Çimento	0	0	1,3	4	66,3	53	67,6	57
Kireç	0	3	2,2	22	0,5	1	2,8	26
Seramik	0,5	27	1,7	17	0,3	1	2,5	45
Tuğla	0,6	86	0,1	3	0,3	1	1	90
Mineral Elyaf	0,1	6	0,1	3	0	0	0,2	9
Demir	0,3	18	2,1	21	0	0	2,4	39
Pik Demir-Çelik	0,1	7	2,3	11	30	6	32,3	24
Elektrik	0,1	5	1,6	14	116,3	49	118	68
Kağıt	0,6	30	1,5	14	0,7	2	2,8	46
Kimya	0,2	11	0,9	3	7,9	7	9	21
Rafineri	0	0	0,1	1	7,6	4	7,6	5
Toplam	3	214	16,7	136	230,7	126	250,5	476

Şekil 3.2’de toplam emisyonların %1,2’si Kategori A’dan, %6,7’si Kategori B’den, %92,1’i ise Kategori C’den kaynaklanmaktadır. Kategori A’nın toplam emisyonu 0,6 MtCO₂e, Kategori B’nin toplam emisyonu 3,2 MtCO₂e iken Kategori C’nin toplam emisyonu 44,4 MtCO₂e olup, tüm kategorilerin toplam emisyonu 48,2 MtCO₂e olarak hesaplanmıştır.

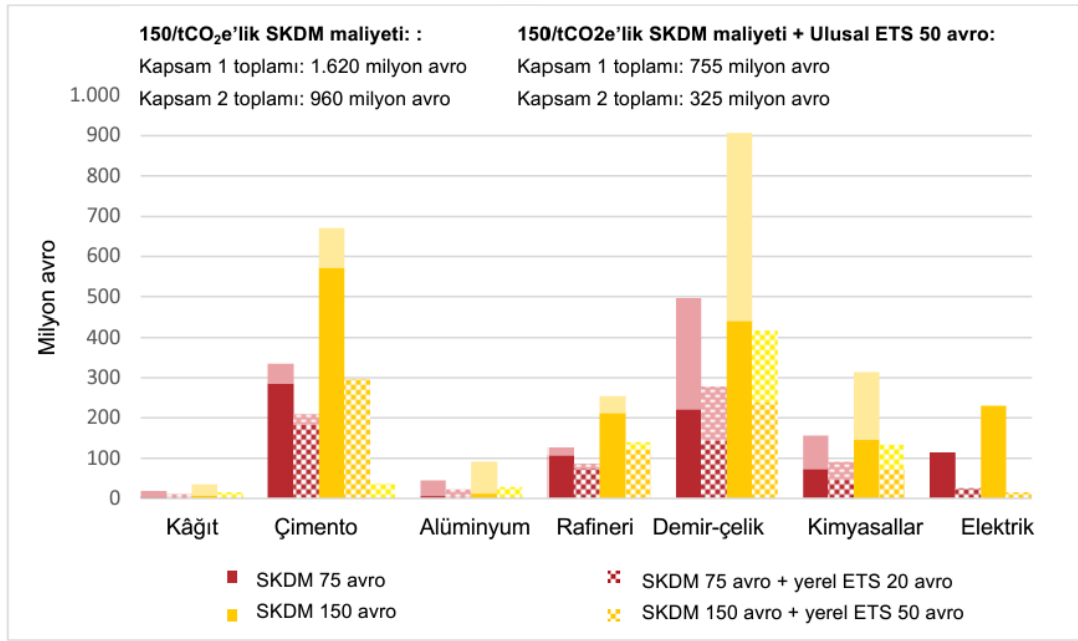
Bir diğer önemli konu, ETS’nin uygulanabilirliği için sınırın bağlayıcı olmasının ve ücretsiz tahsisatların dikkatlice belirlenmesinin gerekliliğidir. Eğer sınır fazla geniş tutulur ve emisyonlar hedeflerin altında tutulmazsa, karbon fiyatları düşük kalacak ve emisyon azaltımına yönelik teşvikler zayıflayacaktır. Bu durum, karbon yoğun tesislere haksız kazanç sağlayabilir ve onların karbonsuzlaşma çabalarını engelleyebilir. Bu nedenle, Türkiye ETS’inde sınırın ve tahsisat düzeylerinin, karbon piyasasında gerçek anlamda bir emisyon azaltımı sağlamak amacıyla dikkatle belirlenmesi gerekmektedir. Şu anki NDC hedeflerine göre, Türkiye’nin emisyonlarını 2030’da 695 MtCO₂e’ye kadar sınırlaması planlanmakta, ancak bu hedefin 1,5 derece ile uyumlu yol haritasında 433,9 MtCO₂e seviyesine çekilmesi gerektiği ifade edilmektedir [64], [73].

İklim Değişikliği Başkanlığı tarafından yayınlanan “Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizmasının Türkiye Ekonomisine Potansiyel Etkileri” raporunda SKDM etkileri analiz edilmekte ve bu etkilere karşı alınabilecek politika önlemleri tartışılmaktadır. SKDM, Türkiye’nin AB’ye yaptığı ihracat üzerinde ek maliyetler yaratabilecek ve özellikle sanayi sektörlerinde karbon emisyonlarına bağlı ek yükler doğurabilecektir. Bu mekanizmanın uygulanması, Türkiye’nin ticaret, ekonomik büyüme, istihdam ve rekabet gücü üzerinde kısa vadeli de olsa olumsuz etkiler yaratabilecektir. Türkiye’nin bu etkileri yönetebilmesi için bazı stratejik politika tepkileri alması ve yerel ETS’yi uygulaması önemlidir. Bu kapsamda, karbon emisyonlarına dayalı bir ücretlendirme mekanizması tasarlanmış ve 2027-2032 yılları arasında uygulanacak farklı ücret seviyelerine yönelik senaryolar geliştirilmiştir.

Şekil 3.1’de 20 EURO/tCO₂e karbon fiyatı senaryosunda, yıllık SKDM maliyetleri 2027 yılında 56 milyon EURO olarak tahmin edilmektedir. Bu sonuç, yerel karbon fiyatlandırma tedbirlerinin SKDM maliyetlerini büyük ölçüde azaltabileceğini göstermektedir.

50 EURO/tCO₂e seviyesinde daha yüksek bir yerel karbon fiyatı senaryosunda ise, 2032 yılında yıllık SKDM maliyetlerinin 1,08 milyar EURO olacağı öngörülmektedir. 75 EURO/tCO₂e karbon fiyatı senaryosunda, SKDM maliyetleri 2032 yılına kadar yıllık 2,5 milyar EURO seviyesine ulaşabilmektedir.

150 EUR/tCO₂e gibi yüksek karbon fiyatı senaryosunda ise, bu maliyetler 2032 yılına kadar 2,5 milyar EURO'ya kadar çıkabilmekte ve bu durum Türkiye'nin rekabet gücünü olumsuz etkileyebilmektedir. Bununla birlikte; Türkiye, kendi yerel ETS'sini kurarak SKDM maliyetlerini azaltma olanağına da sahiptir. Ulusal bir ETS uygulandığında, Türkiye'nin karbon fiyatları da yüksek olabilir, bu da daha hızlı bir karbonsuzlaşma sürecini başlatabilir. Ulusal ETS kurulduğunda; 20 EURO/tCO₂e ve 50 EURO/tCO₂e gibi yerel karbon fiyatlarının uygulanması, Türkiye'nin sera gazı emisyonlarını sırasıyla % 14 ve %23 oranında azaltabilme potansiyeline sahiptir [74].



Şekil 3.1 : Kapsam 1 emisyonları koyu kırmızı ve sarı ile, Kapsam 2 ise açık kırmızı ve sarı ile gösterilmiştir. Noktalı çubuklar, SKDM ve ulusal bir ETS'nin uygulandığı senaryolar [74].

Sonuç olarak, Türkiye'nin ETS yapısının daha etkili olabilmesi için, emisyon sınırının artırılması yerine düşürülmesi ve ücretsiz tahsisatların azaltılması gerektiği, ayrıca Türkiye IRD sisteminin tesis kategorilendirmesinin AB ETS ile uyumlu hale getirilerek daha geniş bir kapsama alanı oluşturulması gerektiği vurgulanmaktadır. Bu değişiklikler, Türkiye'nin 1,5 derece iklim hedefleri doğrultusunda karbon fiyatını artırarak, karbonsuzlaşma çabalarını teşvik edecektir [74].



4. FİNANSAL ARAÇLAR

Enerji verimliliği uygulamalarının önünde önemli engeller bulunmaktadır. Bunlar arasında, paylaşılan teşvikler, maliyetler ve enerji verimliliği uygulamalarının faydaları hakkındaki eksik bilgi, yüksek ilk yatırım maliyetleri, karar alma süreçleri, finansmana erişim eksiklikleri ve mevcut özel sermaye kısıtlılığı yer almaktadır [75–77]. Finansal kurumların bakış açısından, yüksek işlem maliyetleri, küçük proje boyutları ve kredi riskleri ile teknik hesaplamalar ya da daha önceki deneyimlere dayalı enerji tasarrufu tahminlerindeki riskler en sık dile getirilen engellerdir [78]. Ayrıca, finansmanın süresi, enerji yenileme projelerinin uzun geri ödeme süreleriyle uyumsuz olabilmektedir. Enerji verimliliği yatırımlarının kredi uygulamaları sınırlılığı, enerji tasarruflarının ölçülmesi ve doğrulanması konusunda standart eksiklikleri de engelleyici faktörler arasında sayılmaktadır [79]. Ayrıca, yüksek faiz oranları, likidite eksiklikleri ve yatırımcılar için ikincil piyasalarda çıkış fırsatlarının bulunmaması enerji verimliliği uygulamaları finansal ürünlerinde sıkça karşılaşılan konulardır [80].

Birçok ülkede benimsenen politikalar çerçevesinde geri ödeme sürelerini kısaltıp ilk maliyet engellerini ortadan kaldırarak enerji verimliliği engellerini aşabilme potansiyeline sahip finansal ve mali araçlar önemli bir rol oynamaktadır [81].

AB'de, enerji verimliliği finansmanı, borç veya sermaye finansmanı şeklinde olabilmektedir. Bu finans araçları genellikle, geleneksel uygulamalardan sübvansane edilmiş kredilere kadar geniş bir yelpazede yer almakta olup, enerji verimliliği ipotekleri, kitlesel fonlama, özel yenileme tasarruf hesapları gibi yeni veya gelişen modelleri de içermektedir. Türlerine (hibe ve teşvikler, borç finansmanı veya öz sermaye finansmanı) ve pazarın doygunluk seviyelerine (geleneksel/iyi kurulmuş, test edilmiş ve gelişen, yeni ve yenilikçi) göre sınıflandırılabilirler [82]. Geleneksel finansal araçlar, AB üye devletlerinde birkaç on yıldır işlemekte olan araçlardır. Yenilikçi araçlar ise genellikle pilot aşamasında ya da henüz AB üye devletlerinde değerlendirilmekte olan, ancak diğer bölge ve ülkelerde (örneğin; ABD'deki PACE finansmanı) uygulanmış olan araçlardır. Bu bölümde finansal araçlar hakkında bilgiler verilmektedir.

4.1 Hibe ve Sübvansiyonlar, Vergi Teşvikleri

Devletler, yatırımların mevcut piyasadan tam olarak sağlanamadığı durumlarda, doğrudan hibeler ve sübvansiyonlar vererek finansal destek sağlayabilmektedir. Bu finansal araçlar, ilk maliyet engellerini aşmak için finansal boşlukları doldurarak geçici piyasa değişikliklerine olanak tanımaktadır. EV projelerinde hibeler ve sübvansiyonlar, farkındalık yaratmak, güven inşa etmek, nakit akışını iyileştirmek ve borç finansmanına erişimi artırmak için kullanılabilir. En büyük sınırlamaları, kamu kaynaklarına bağlı oldukları için bütçe kısıtlarıdır. Bu nedenle, bu araçlarla büyük ölçekli piyasa uygulamaları için sürdürülebilir bir çözüm sunulamamaktadır. Ekonomik olarak uygulanabilir olan projelerini sübvansiyonlar olmadan da gerçekleştirebilecek serbest kullanıcılar nedeniyle, bu tür desteklerin etkinliğini değerlendirmek zor olmaktadır. Küçük projelere yönelik sübvansiyonlar, daha büyük enerji tasarrufu hedeflerine sahip iddialı projeleri engelleyebilmektedir. Kamu hibelerinin, diğer finansman seçenekleriyle birleştiği daha kapsamlı bir destek paketi, yatırım hacmini artırabilmekte ve büyük ölçekli yenileme projelerini destekleyebilmektedir [82].

AB üye devletlerinde, enerji verimliliği projelerini desteklemek için kamu hibeleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu hibeler, genellikle ekipman alımları ve kurulumlarıyla ilgili başlangıç maliyetlerini azaltmak ve danışmanlık hizmetleri sağlamak için kullanılmaktadır [83]. Ancak, son yıllarda bu hibeler, bireysel müdahalelerden ayrılarak çok daha kapsamlı yenileme projelerini desteklemeye yönelmiştir. Estonya'daki enerji verimliliği kapsamında bina yenileme programı ve Çek Cumhuriyeti'ndeki "Yeni Yeşil Tasarruf Programı" gibi örnekler, karbon emisyon ticaret gelirleriyle finanse edilmektedir ve enerji verimliliği için yenileme masraflarının %50'sine kadar destek sağlamaktadır [84].

Vergi teşvikleri, enerji verimliliğini desteklemenin başka bir etkili yoludur [85]. Vergi teşviğinin bir diğer biçimi, vergi indirimi olabilmektedir. Onaylanmış teknolojilerin yatırım maliyetinin bir yüzdesi vergileri dengelemek için kullanılabilir. Bu yolla, yeni teknolojilerin pazara girmesine olanak da tanınabilmektedir. Fransa ve İtalya, EV uygulamalarını teşvik etmek için bir politika aracı olarak vergi kredilerini oluşturmuşlardır. Belçika, Danimarka ve İtalya gibi ülkelerde de kullanılan vergi teşvikleri, binalardaki enerji verimliliği kapsamındaki yenilemeler konusunda başarılı

olmuştur. Örneğin, İtalya'daki "Ecobonus" uygulaması, enerji verimliliği maliyetlerinin %85'ine kadar vergi indirimi sağlamaktadır [86].

4.2 Krediler

Krediler, likidite sağlayan ve doğrudan sermaye erişimi sunan bir borç finansmanı türüdür. Bu, özellikle yüksek başlangıç maliyetlerine sahip yenileme projeleri gibi EV önlemleri için daha anlamlıdır. Kredi programları, devlet sübvansiyonlarının kaldırma etkisini artırabilmekte, eğer özel haneler ve sosyal konut sağlayıcıları için erişilebilir olursa, bütçe nötrlüğü sağlanarak hazineye ek gelir de sağlayabilmektedir [87]. Ancak, finansal kurumların benzer konulardaki deneyimleri az olduğu ve EV kredilerini yüksek riskli yatırımlar olarak gördükleri için enerji verimliliği yenileme uygulamaları için özel borç finansmanının kullanımı sınırlıdır. Bu uygulamaların piyasada yaygınlaşmasını engelleyen faktörler arasında, nispeten küçük projeler için yüksek işlem maliyetleri ve daha kapsamlı önlemleri destekleyecek finansman süresinin yetersiz olması da yer almaktadır. Bu sorunlara çözüm olarak, uluslararası finansman kurumları ve ulusal hükümetler, finansal kurumların müşterilerine cazip koşullarda kredi sunabilmesi için kamu-özel sektör ortaklıkları aracılığıyla sübvansiyon sağlamaktadır [88]. Enerji verimliliği ekipmanları ve proje kredilerini son kullanıcılara sağlamak için kullanılan yöntemler arasında, tercihli kullanım hakları, özel muhasebe hesapları, rezerv fonlar, ekipman ve projelere ilişkin teminat, kamu hizmeti faturaları veya emlak vergileri aracılığıyla tahsilat, borçludan ek teminat ve kredi destekleme programları bulunmaktadır. Bunlara ek olarak, kredi koşulları arasında uzatılmış geri ödeme süreleri, düşük veya sıfır faiz oranları, kısa vadeli faiz erteleme süreleri ve/veya geri ödeme için erteleme sürelerinin dahil edilmesi gibi yöntemler de yer alabilmektedir.

2018/11185 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı Türkiye'de krediye erişimi kısıtlayan bir engel olarak görülmektedir. Bu karara göre, 02.05.2018 tarihi itibarıyla Türkiye'de yerleşik kişilerin, döviz gelirleri elde etmeyen ihracat, transit ticaret, ihracat sayılan satış ve teslimler ile döviz kazandırıcı hizmet ve faaliyetlerden yararlanamayanların, yurt içi ve yurt dışından döviz kredisi kullanmalarına izin verilmemektedir. Ancak, döviz geliri şartının aranmayacağı bazı durumlar da belirtilmiştir. Bu kısıtlama, döviz kredi bakiyesi 15 milyon ABD doları veya daha fazla olan kişiler için geçerli değildir. 15 milyon ABD doları sınırı belirlenirken, yurt içi ve yurt dışından alınan tüm döviz

kredilerinin toplamı dikkate alınmaktadır. Eğer mevcut kredi bakiyesi 15 milyon ABD doları sınırının altında ise, kullanılmak istenen kredi tutarı ile mevcut kredi bakiyesi toplamı, son üç mali yılda elde edilen döviz gelirleri toplamını da aşmamalıdır [89].

4.3 Enerji Hizmetleri Şirketleri ve Enerji Performans Sözleşmeleri

ESCO'lar, enerji verimliliği iyileştirme projelerinin başlangıç maliyetlerini, projelerin işletme sırasında sağladığı enerji tasarrufları ile finanse edebilmektedir. ESCO'lar, geleneksel enerji sağlayıcısının yerine geçebilmekte veya müşteri ile kararlaştırılan bir dizi EV önlemini uygulamak için sözleşme yapabilmektedir. EPS'ler, ESCO'lar tarafından performans garantisi sağlanan yenileme projelerinden elde edilen enerji tasarruflarının akışını garanti etmektedir. Yatırımın finansmanı müşteriden, ESCO'ların kendi fonlarından veya EPS garantisini kredi temeli olarak kullanan bir üçüncü taraftan gelebilmektedir. EPS uygulamalarında, ESCO yatırımıyla elde edilen enerji tasarruflarının, aylık borç ödeme maliyetlerini karşılayacak kadar yeterli olmasını da güvence altına alınmaktadır. ESCO'lar, aralarında ek teminatlar veya kredi destekleri gibi araçların da bulunduğu çeşitli finansman yapıları kullanmaktadır ve sözleşme uygulamasının ekonomik değerlendirilmesi de önemli bir rol oynamaktadır [90].

4.4 Performans için Ödeme (Pay-for-Performance)

Pay-for-Performance (P4P) finansman modeli, belirli bir teknolojiye veya ölçüm yöntemine dayalı olarak öngörülen tasarruflar için yapılan ön ödemeler yerine, gerçek ve ölçülen enerji tasarruflarına dayalı olarak teşviklerin sağlandığı bir "ölçülen tasarruf" modelidir. Teşvikler sadece gerçekten elde edilen tasarruflara göre verildiği için bu yaklaşım, enerji verimliliği projelerinin etkinliğini daha doğru bir şekilde değerlendirmeye olanak tanımaktadır. Ayrıca, bu yöntemde hava koşullarına göre normalleştirilmiş veriler kullanılarak enerji tasarrufları ölçüldüğünden dış etkenlerden kaynaklanan değişkenlikler de dikkate alınarak daha adil ve güvenilir bir ödeme sistemi sağlanabilmektedir [91-92].

4.5 Enerji Faturası Finansmanı (On-bill Finance)

On-bill finansman (OBF) modeli, enerji verimliliği yatırımlarının başlangıç maliyetlerini düşürmek amacıyla, ödemelerin enerji faturası ile ilişkilendirilmesi prensibine dayanmaktadır. Bu sayede, müşteriler enerji verimliliği yatırımlarının maliyetlerini zaman içinde ödeyebilmektedir [93].

Yatırımlar için sağlanan fonlar, enerji şirketleri, devlet veya üçüncü taraflar (ticari bankalar dahil) tarafından temin edilebilmektedir. Temel prensip enerji verimliliği uygulama sonrası toplam enerji faturasının, uygulama öncesi faturalardan fazla olmamasıdır [94].

Bu model daha çok binalara yönelik mülk sahiplerine konutlarda enerji verimliliği kapsamında uygulanmaktadır. Enerji faturası finansman programları fatura kredileri ve fatura tarifeleri olmak üzere iki ana kategoriye ayrılmaktadır. On-bill kredileri, piyasa faiz oranlarından daha düşük faiz oranları sunmakta ve genellikle mülk sahipliği devri durumunda geri ödenmesi gerekmektedir. On-bill tarifelerinde ise ödeme yükümlülüğü mülke veya sayaç numarasına bağlanmakta, bu da ödemelerin bir sonraki kiracıya veya alıcıya aktarılmasına olanak tanımaktadır.

ABD'de yıllardır kullanılan OBF programları, kredi kaybı teminatları ve garantiler gibi unsurlar kullanılarak daha cazip hale getirilmekte ve riskler azaltılmaktadır. Bu tür programlar genellikle enerji şirketleri tarafından yönetilse de bazen hükümetler, enerji ajansları veya kar amacı gütmeyen kuruluşlar da bu sorumluluğu üstlenebilmektedir. Avrupa'da ise, 2013 yılında İngiltere'de Green Deal uygulamasıyla PAYS modeline dayalı ilk OBF programı başlatılmıştır. Ancak, bu program yüksek faiz oranları ve kira sözleşmeleriyle ilgili zorluklar nedeniyle beklenen başarıyı yakalayamamıştır. İrlanda'da ise, 2015 yılında "Better Energy Finance" adıyla benzer bir model uygulanmış ancak bu da yeterli ivmeyi kazanamamıştır. Avrupa'daki OBF uygulamalarının başarısız olmasının nedenleri arasında karmaşık tasarım özellikleri, ek düzenlemelere duyulan ihtiyaç ve piyasa rekabeti gibi faktörler bulunmaktadır. OBF programları, düşük faizli krediler, vergi teşvikleri ve hibe gibi daha cazip koşullar sunan diğer finansman araçlarıyla rekabet etmek zorunda kalmaktadır [95].

4.6 Kitle Fonlaması

Kitle Fonlaması (Crowdfunding), internet tabanlı platformlar aracılığıyla yatırımcıları doğrudan borçlularla bir araya getiren yeni bir finansman yöntemidir [96-97]. Kitle Fonlaması, amacı ve yatırım yöntemi bakımından dört türde sınıflandırılmaktadır: (a) bağış temelli, (b) kazanım temelli (topluluk kitle fonlaması olarak adlandırılabilir), (c) hisse temelli ve (d) borç temelli (finansal getiri veya yatırım kitle fonlaması). Örnekler arasında, Çin'de pandaları korumaya yönelik verimli ocakların üretimi (kazanım temelli), Nepal'de biyogaz enerjisi kullanımına yönelik proje (bağış temelli), Tanzania'da 1000 güneş enerjili ev sistemi üretimi (borç temelli) ve Hollanda'da 1000 güneş paneli kurulumu (hisse temelli) yer almaktadır [96], [98]. Kitle Fonlamasının esneklik ve geçiş maliyetlerinde azalma sağlama özellikleri bu finansman aracılığıyla geleneksel finansal yöntemlere göre üstün konuma getirmektedir [97]. Ancak bu finansman modelinin girişimcilerin ihtiyaç duyduğu finansmanın genellikle yetersiz olması ve çevrimiçi dolandırıcılık riski gibi bazı olumsuz yönleri de bulunmaktadır [99]. Yatırımların risklere oranla yeterince yüksek getiri sağlayamaması nedeniyle, projelerin daha iyi risk/kazanım oranları sundukça daha fazla katkı almasına yol açmaktadır. Vergi teşvikleri, kitle fonlaması modelinin iyileştirilmesinde önemli bir faktör olabilmektedir. Örneğin, Birleşik Krallık'ta yatırımcılar, vergi avantajlı Bireysel Tasarruf Hesapları (ISA) aracılığıyla yatırım yapabilmektedir [85]. AB'de uygulanan CrowdFundRES projesi, yenilenebilir enerji büyümesini hızlandırmaya yönelik kitle fonlaması kullanımını teşvik etmektedir. Bu proje, yenilenebilir enerji proje geliştiricileri, kamu sektörü yatırımcıları ve finansal işlemleri kolaylaştıran kitle fonlaması platformlarını içeren üç ana aktörü bir araya getirmektedir [100].

4.7 Enerji Verimliliği Destekleme Tarifeleri

Enerji verimliliği destekleme tarifeleri (EE FITs), yenilenebilir enerjiye yönelik destekleme tarifelerinin (RE FITs) bir uzantısı olarak enerji verimliliği yatırımlarının sağladığı enerji tasarrufu üzerinden ödüllendirme yapmayı amaçlayan yeni bir finansman aracıdır [95]. RE FITs, yenilenebilir enerji üretiminden elde edilen enerji için ödeme yaparken, EE FITs enerji verimliliği yatırımlarının sağladığı enerji tasarrufları için kazanım sunmaktadır. EE FITs kapsamında, tüketiciler enerji kullanımlarını azaltmaya teşvik edilmekte ve bu teşvik, sadece enerji faturalarındaki tasarruflardan elde edilen finansal kazançla sınırlı kalmamakta, aynı zamanda

yatırımın gerçek performansına dayalı ek bir finansal teşvik de sunulmaktadır. EE FITs kapsamında ödemelerin hem bireysel projelerden hem de kitle pazarı programlarından elde edilen doğrulanmış tasarruflar için yapılması önerilmektedir. Bu yeni aracın karşılaştığı sorunlardan biri, pratikte uygulanmış yeterli örneklerin olmamasıdır. Enerji tasarrufu başına ödeme miktarı (EURO/kWh), tasarım sürecinin kritik bir öğesidir. Sabit fiyat sistemi genellikle düşük maliyetli enerji verimliliği önlemlerini teşvik ederken, fiyat varyasyonları, daha zor veya pahalı tasarrufların gerçekleştirilmesini teşvik edebilmektedir [101–103]. Örneğin, derinlemesine veya düşük pazar penetrasyonuna sahip daha ileri düzeydeki önlemler, ek bir bonusla ödüllendirilebilmektedir. Enerji tasarrufu fiyatının, son kullanım ve farklı pazar segmentlerine (örneğin, konut, düşük gelirli haneler, küçük ticari müşteriler) göre değişmesi gerektiği de öne sürülmektedir. Ayrıca, kazanımların izlenen tasarruflara dayalı olup olmaması ve değerlendirme, ölçüm ve doğrulama yöntemlerinin nasıl uygulanacağına dair tartışmaların da dikkatle incelenmesi gerekmektedir [103]. Bir diğer önemli nokta da, ömür boyu tasarruf elde edileceği dikkate alındığında ödemelerin ne kadar süreyle yapılacağıdır [104]. Ödeme seçenekleri, önceden tam ödeme yapılmasından her yıl elde edilen tasarruflara dayalı yıllık ödemelere kadar değişebilmektedir. İlk seçenek de, kuruluma hibe olarak katkı yapılırken, ikincisinde yıllık ödeme akışı sağlanması amaçlanmaktadır.



5. METODOLOJİ

Enerji verimliliği finansmanında rehber ilkelerden biri, "fatura nötrlüğü" olarak adlandırılmaktadır. Bu ilkeye göre, bir enerji verimliliği projesiyle elde edilen enerji tasarruflarının toplamı, enerji verimliliği iyileştirmelerinin kurulum ve hizmet maliyetlerini karşılamalı veya onları aşmalıdır. Ancak, hedeflenen enerji verimliliği yararları ve maliyetlerinin nasıl ölçüleceği, başlangıçta düşünüldüğü kadar basit olmamaktadır. Örneğin, bazı şirketler tarihsel olarak enerji verimliliği yatırımlarının geri dönüşünü hesaplamak için sadece basit bir geri ödeme süresi yöntemi kullanmışlardır. Diğer yandan, Net Bugünkü Değer (Net Present Value - NPV) hesaplamalarını içeren daha sofistike maliyet-fayda analizlerini kullanan şirketlerin de olduğu görülmektedir. Bu tür bir yaklaşım, "kısa geri ödeme süreleri olan ancak yalnızca ılımlı NPV'lere sahip projeler ile daha uzun geri ödeme sürelerine sahip olsa da oldukça önemli NPV'lere sahip projeler arasında daha mantıklı bir seçim yapılmasına olanak tanımaktadır" [105].

5.1 Net Bugünkü Değer

NPV, paranın zaman içinde değişen değerini dikkate alarak yapılan bir değerlendirme yöntemidir ve iskontolu nakit akışı analizlerinin temel tekniklerinden biridir. NPV, bir projeye ait tüm nakit girişlerinin ve çıkışlarının bugünkü değerleri arasındaki farkı ifade etmektedir. Bu fark, projeden elde edilecek nakit akışlarının bugünkü değerinin, projeye yapılacak yatırımların ve giderlerin bugünkü değerine göre değerlendirilmesini sağlamaktadır. Nakit akışlarının bugünkü değeri, genellikle firmanın sermaye maliyeti (iskonto oranı) ile hesaplanmaktadır. Bu yöntem, yatırımın karlılığını ölçmek için en yaygın kullanılan tekniklerden biridir ve yatırımın değerini anlamak adına oldukça önemlidir [106-107]. NPV hesabı denklem (5.1)'de verilmektedir.

$$NPV = \left[\frac{C_1}{(1+k)} + \frac{C_2}{(1+k)^2} + \frac{C_3}{(1+k)^3} + \dots + \frac{C_n}{(1+k)^n} \right] - C_0 \quad (5.1)$$

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+k)^t} - C_0 \quad (5.2)$$

$C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$ = Yıllık nakit girişleri

k = İskonto oranı

t = Zaman periyodu (yıl rakamları)

C_0 = İlk yatırım (nakit çıkış akışı)

Eğer NPV pozitifse ($NPV > 0$), proje değer yarattığı için kabul edilmelidir. Eğer NPV negatifse ($NPV < 0$), yatırımcıya zarar vereceği için proje reddedilmelidir. NPV sıfır olduğunda ($NPV = 0$) projeden elde edilecek getiri, alternatif yatırımların getirisini geçemeyeceğinden proje, yalnızca kaynaklar başka fırsatlarla kıyaslanarak kabul edilebilir [107].

5.2 İç Getiri Oranı

İç Getiri Oranı (Internal Rate of Return - IRR), bir yatırımın nakit girişlerinin iskontolu toplamının, nakit çıkışlarının iskontolu toplamına eşit olduğu orandır. Başka bir deyişle, bu değer, nakit girişlerinin bugünkü değerini nakit çıkışlarının bugünkü değerine eşitleyen iskonto oranıdır. Bu yöntemde, iskonto oranı başlangıçta bilinmeyebilir, ancak nakit girişleri ve çıkışları bellidir. IRR, NPV'nin sıfır olduğu iskonto oranını ifade etmektedir [107]. IRR'nin matematiksel ifadesi denklem (5.3), (5.4) ve (5.5)'de verilmektedir.

$$C_0 = \left[\frac{C_1}{(1+k)} + \frac{C_2}{(1+k)^2} + \frac{C_3}{(1+k)^3} + \dots + \frac{C_n}{(1+k)^n} \right] \quad (5.3)$$

$$C_0 = \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+k)^t} \quad (5.4)$$

$$\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+k)^t} - C_0 = 0 \quad (5.5)$$

$C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$ = Yıllık nakit girişleri

k = İskonto oranı

t = Zaman periyodu (yıl rakamları)

$C_0 = \text{İlk yatırım (nakit çıkış akışı)}$

(5.3) ve (5.4)'te C_0 projeye ait toplam nakit girişlerinin, projeye ait $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$ nakit çıkışlarına eşitleyen verim oranıdır. Eğer IRR, sermaye maliyetini aşarsa, yatırımın finansal olarak karlı olduğu kabul edilir ve proje hayata geçirilir. Eğer IRR, sermaye maliyetinin altında kalırsa, yatırımın beklenen getirisi yeterli olmadığından proje reddedilir. IRR, sermaye maliyetine eşit olduğunda ise proje, hiçbir kar veya zarar yaratmaz ve yalnızca başa baş bir durum söz konusu olur; yani yatırımcı, sermaye maliyetini karşılamakla birlikte ek bir getiri sağlayamaz.

5.3 Ağırlıklandırılmış Ortalama Sermaye Maliyeti

Ağırlıklandırılmış Ortalama Sermaye Maliyeti (Weighted Average Cost of Capital - WACC), bir şirketin finansal yapısının analiz edilmesinde ve değerlemesinde oldukça kritik bir parametredir. WACC, şirketin sermaye yapısındaki farklı kaynaklardan (öz sermaye ve borç) elde edilen maliyetlerin ağırlıklı ortalamasını temsil etmektedir. Bu hesaplama, yatırım kararları, sermaye bütçeleme analizleri ve şirket değerlendirilmesi gibi bir dizi finansal uygulamada kullanılmaktadır. WACC'yi hesaplamak için yaygın olarak kullanılan formül denklem (5.6) ile verilmektedir.

$$WACC = W_d \times K_d \times (1 - t) + W_e \times K_e \quad (5.6)$$

W_d : Şirketin toplam sermayesi içindeki borcun ağırlığı,

K_d : Borçlar için ödenen faiz oranı, yani borcun maliyetidir,

W_e : Şirketin toplam sermayesindeki öz sermayenin ağırlığı,

K_e : Öz sermayenin maliyeti, yani yatırımcıların beklediği getiri oranı,

T : Şirketin vergi oranıdır.

Borçların faiz giderleri vergi avantajı sağladığı için vergi sonrası borç maliyeti de hesaplanmaktadır. Denklem (5.6) borç ve öz sermaye maliyetlerinin şirketin sermaye yapısına göre nasıl birleştirildiğini ve bu birleşimin şirketin genel sermaye maliyetini nasıl belirlediğini göstermektedir. Borç maliyetinin, vergi avantajı nedeniyle genellikle öz sermaye maliyetinden daha düşük olması, WACC'yi daha verimli kılabilir. Öte yandan, şirketin yatırımcılarına sağlaması beklenen getiri ile ilişkili olan öz sermayenin maliyeti genellikle daha yüksektir.

WACC, yatırım projelerinin değerlendirilmesinde, şirketin risk profili ve yatırımcılara sağladığı getirinin doğru bir şekilde yansıtılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Bu hesaplama, finansal stratejilerin oluşturulmasında ve şirket değerlendirme süreçlerinde etkili bir araçtır.

Modelde, proje için gerekli iskonto oranı WACC, 54.8244, 29.6766, 17.3142, 14.3685, 13.5315, 13.5036 şeklinde hesaplanan ağırlıklarla formüle edilmiştir. Bu hesaplama, şirketin finansman kaynaklarının ne derece verimli kullanıldığını ve borçlanma maliyetlerinin ne kadar yüksek olduğunu yansıtarak, projeden beklenen en düşük getiri oranını belirler. WACC, bir yatırımın Net Mevcut Değerini (NPV) hesaplamak için iskonto oranı olarak kullanılır ve projenin finansal sağlığını, gelecekteki nakit akışlarının bugünkü değerini doğru bir şekilde yansıtmasını sağlar.

5.4 Proje Serbest Nakit Akışı

Proje Serbest Nakit Akışı (Project Free Cash Flow - PFCF), belirli bir projenin nakit akışını ifade etmektedir. Bu kavram, genellikle yeni yatırımlar veya projeler için kullanılmakta ve bir projenin net nakit akışını ölçmeye odaklanmakta olup, denklem (5.7)'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$\text{PFCF} = \text{Gelirler} - \text{Faaliyet Giderleri} - \text{Sermaye Harcamaları} - \text{Vergiler} \quad (5.7)$$

5.5 Net Serbest Nakit Akışı

Net Serbest Nakit Akışı (Net Free Cash Flow- NFCF), genellikle bir şirketin genel mali sağlığını ve likiditesini ölçen daha geniş bir kavramdır. Bu kavram, bir şirketin faaliyetlerinden elde ettiği nakit akışlarından sermaye harcamalarını ve borç ödemelerini çıktıktan sonra kalan nakit miktarını ifade etmekte ve denklem (5.8)'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$\text{NFCF} = \text{Faaliyetlerden Elde Edilen Nakit Akışı} - \text{Sermaye Harcamaları} - \text{Borç Ödemeleri} \quad (5.8)$$

5.6 Uygulama Verileri

Bu tez çalışmasında, gelecekte kurulacak sistem ile zorunlu olabilecek ETS maliyetlerini içeren bir EV projesinin finansal analizinin, EPS modeliyle

gerçekleştirilmesi amaçlanmaktadır. ORC teknolojisinin 2 MW ve 6 MW kapasitelerdeki projeleri ele alınarak, bu projelerin ekipman maliyetleri üzerinden elde edilen tasarrufların gelirle nasıl ilişkilendirileceği incelenmiştir. Analizlerde Çizelge 5.1'deki teknoloji türü ve enerji üretim kapasitesine ilişkin ekipman ve işletme ve bakım maliyetleri kullanılmıştır.

Endüstriyel tesislerde veya enerji santrallerinde üretilen atık ısının değerlendirilmesi konusunda etkili ve sık uygulanan bir yöntem olduğu için enerji verimliliği projesi olarak ORC teknolojisi seçilmiştir. ORC, düşük ve orta sıcaklıklardaki atık ısıdan elektrik enerjisi üretmek için kullanılan bir teknolojidir. Sanayi tesislerinde, çöp gazından veya jeotermal enerji kaynaklarından elde edilen düşük sıcaklıklardaki ısılar da ORC ile etkin bir şekilde elektrik enerjisine dönüştürülebilmektedir. Bu durumlarda, enerji verimliliği projelerinin maliyet etkinliği artmakta ve uygulamalar yatırımcılar için cazip hale gelmektedir.

Çizelge 5.2 ve 5.3'te sırasıyla 2 MW ve 6 MW ORC projesi için analiz amaçlı kurgulanan modelde kullanılan veriler gösterilmektedir. Ekipman değerleri sırasıyla 6 ve 15 milyon EURO; yıllık tasarruflar 12 ve 42 milyon kWh olarak kabul edilmiştir. Ekipman kurulum, işletme ve bakım, sigorta genel gider maliyetleri yatırımcıya ait olmakla birlikte, paylaşımsız olarak tasarruflar oranında alınan ödemelerle birlikte karbon fiyatlaması tasarrufları da yatırımcıya ait olacağı varsayılmıştır. Projelerin tasarruf miktarına ilişkin PTF 2500, 3000 ve 4000 TL/MWh değerlerinde ve değişken olarak kabul edilerek 3 farklı senaryo çalışılmıştır. Tesislerin yılda 8064 saat çalıştığı ve 696 saat bakım nedeniyle durduğu kabul edilmiştir. Ekipmana ait ödemelerin %50'sinin 2. ayda, %25'inin 10. ayda ve kalan %25'inin 12. ayda gerçekleştiği ve proje kurulumlarının 12 ayda tamamlandığı öngörülmüştür. Gerçek uygulamalarda toplam proje maliyetinin %1 ila 5 oranlarında değişmekte olan yıllık sigorta maliyeti analizlerde %1 olarak alınmıştır. Belirli ödeme periyotlarıyla tahsil edilen ekipman maliyeti ve sağlanan yıllık tasarruflar üzerinden belirlenen gelir, paranın zaman değeri göz önünde bulundurularak hesaplanmaktadır. 2023 – 2028 yılları arasında gerçekleşecek projede paranın zaman değeri gelecek yıllar için Türk lirası gecelik referans faiz oranı %60,916, %32,974, %19,238, %15,965, %15,035, %15,004 ve %2 IRR eklenmiş WACC değeri %54.8244, %29.6766, %17.3142, %14.3685, %13.5315, %13.5036 baz alınarak hesaplanmıştır. Proje süresi, başlangıçtaki finansman

gereksinimleri ve giderler dikkate alınarak hesaplanan serbest nakit akışı temelinde projenin uygulanabilmesi için gereken gelir elde edilebilecek şekilde belirlenmektedir.

Finansal analizlerde, NPV ve IRR hesaplamaları yapılmaktadır. Proje kapsamında karbon emisyonları değerlendirilmekte ve birleşik emisyon faktörüne bağlı ETS maliyetleri de hesaplamalara dahil edilmektedir. İklim Değişikliği Başkanlığı tarafından yayınlanan “Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizmasının Türkiye Ekonomisine Potansiyel Etkileri” raporunda 2027-2032 yılları arasında uygulanacak farklı ücret seviyelerine yönelik senaryolar kapsamında yerel ETS’de uygulanacak 20 ve 50 EURO/tCO_{2e} karbon fiyatı senaryoları modele eklenmiştir. Bu kapsamda ETS maliyetleri 0, 20, 50, 75 ve 150 EUR/ tCO_{2e} olarak değişken kabul edilerek 5 farklı senaryoda projeler değerlendirilmiştir. Ayrıca, vergiler (Kurumlar Vergisi ve KDV) gibi ekonomik parametreler de analiz modelinde yer almaktadır. Daha önceki bölümlerde de açıklandığı gibi, enerji verimliliği projelerinin finansmanı, borç veya öz sermaye temelli araçlarla sağlanabilmektedir. AB’de bu amaçla kullanılan finansman modelleri geleneksel sübvansiyonlu kredilerden yenilikçi araçlara kadar geniş bir yelpazeye yayılmaktadır. Tezde kurgulanan analiz modelinin temel amacı, enerji verimliliği projelerinin finansal sürdürülebilirliğini sağlamak ve çevresel hedeflerle uyumlu olarak en uygun ekonomik çözümü belirlemektir. Bu bağlamda, enerji verimliliği, finansal ve çevresel boyutlar arasında dengeli bir yaklaşım geliştirilmesi hedeflenmiştir.

Çizelge 5.1 : Modelde kullanılan proje maliyetleri [108].

Teknoloji	Maliyet Karakteristiği	Elektrik Kapasitesine Göre Atık Isıdan Enerji Üreten Çevrim Teknolojiler				
		50–500 kW	500–1,000 kW	1–5 MW	5–20 MW	>20 MW
Steam Rankine Cycle (SRC)	Kurulum sermaye maliyeti (\$/kW)	\$3000	\$2500	\$1800	\$4500	\$1200
	İşletme ve bakım maliyetleri (\$/kWh)	\$0.013	\$0.009	\$0.018	\$0.014	\$0.005
Organic Rankine Cycle (ORC)	Kurulum sermaye maliyeti (\$/kW)	\$2500	\$3000	\$2000	\$2500	\$1900
	İşletme ve bakım maliyetleri (\$/kWh)	\$0.012	\$0.006	\$0.008	\$0.009	\$0.009

Çizelge 5.2 : 2 MW ORC projesi için modelde kullanılan veriler.

ORC	2 MW
Ekipman [108]	€ 6.000.000,00
Toplam tasarruf (kWh/yıl) [108]	12.000.000,00
OPEX [108]	€ 19.354,00
Sigorta/yıl	₺2.129.839,00
Genel Gider Maliyeti (Overhead)	₺50.000,00
Ekipman Ödeme Operasyonel 2.ay	%50
Ekipman Ödeme Operasyonel 10.ay	%25
Ekipman Ödeme Operasyonel 12.ay	%25
Altyüklenici KDV	%20
Gelir KDV	%20
Kurumlar Vergisi Oranı	%25
Kurulum Süresi (ay)	12
TL/MWh (PTF) [109]	2.500, 3.000, 4.000
Yıllık çalışma süresi (saat)	8.064
Birleşik emisyon faktörü (tonCO ₂ e) [110]	0,445
TLREF [111]	%60,916, %32,974, %19,238, %15,965, %15,035, %15,004
WACC	%54.8244, %29.6766, %17.3142 %14.3685, %13.5315, %13.5036
EUR/TRY [112]	32,85, 33,1, 34,92, 34,7, 34,57, 35,23, 35,57, 36,86, 37,74, 37,39, 37,11, 38,4, 39,77, 41,1, 42,26, 43,65, 44,97, 46,33, 47,64, ... ,48,98

Çizelge 5.3 : 6 MW ORC projesi için modelde kullanılan veriler.

ORC	6 MW
Ekipman [108]	€ 15.000.000,00
Toplam tasarruf (kWh/yıl) [108]	42.000.000,00
OPEX [108]	€ 53.222,40
Sigorta/yıl	₺5.324.598,00
Overhead (genel gider maliyeti)	₺50.000,00
Ekipman Ödeme Operasyonel 2.ay	%50
Ekipman Ödeme Operasyonel 10.ay	%25
Ekipman Ödeme Operasyonel 12.ay	%25
Altyüklenici KDV	%20
Gelir KDV	%20
Kurumlar Vergisi Oranı	%25
Kurulum Süresi (ay)	12
TL/MWh (PTF) [109]	2.500, 3.000, 4.000
Yıllık çalışma süresi (saat)	8.064
Birleşik emisyon faktörü (tonCO ₂ e) [110]	0,445
TLREF [111]	%60,916, %32,974, %19,238, %15,965, %15,035, %15,004
WACC	%54.8244, %29.6766, %17.3142 %14.3685, %13.5315, %13.5036
EUR/TRY [112]	32,85, 33,1, 34,92, 34,7, 34,57, 35,23, 35,57, 36,86, 37,74, 37,39, 37,11, 38,4, 39,77, 41,1, 42,26, 43,65, 44,97, 46,33, 47,64, ... ,48,98



6. ANALİZ SONUÇLARI VE TARTIŞMALAR

Enerji performans sözleşmelerinde sözleşme süresi, projenin finansal sürdürülebilirliğini sağlayacak şekilde belirlenmektedir. İdeal sözleşme süresi, Proje Serbest Nakit Akışı (PFCF) ve Net Serbest Nakit Akışı (NFCF) gibi finansal göstergeler pozitif olacak şekilde optimize edilmektedir. Bu optimizasyon, yatırımcıların finansal hedeflerini karşılamayı amaçlamakla birlikte, projenin uzun vadeli finansal sürdürülebilirliğini de güvence altına almaktır.

Ancak elektrik enerjisi piyasa takas fiyatının (PTF) düşüşü nedeni ile karşılaşılan enerji tasarrufu ödemelerinin azalması önemli bir etkidir. Elektrik fiyatlarının düşmesi, enerji tasarrufu üzerinden yapılan ödemelerin de azalmasına yol açmakta, bu da projelerin finansal açıdan daha az uygulanabilir hale gelmesine neden olabilmektedir. Diğer yandan, projenin süresi arttıkça eskalasyon yapılan PTF, EUR/TRY, TLREF gibi değişkenlerin tahmin edilmesi de zorlaştığı için bu durum da risk oluşturmaktadır.

Çizelge 6.1, 6.2 ve 6.3'te PTF değerinin 4.000, 3.000 ve 2.500 TL/MWh olacak şekilde düşmesi durumlarında, 2 MW'lık ORC projesinin finansal uygulanabilirliğinde karşılaşılabilecek olumsuzluklar gösterilmektedir. PTF'nin 2500 TL/MWh olduğu senaryoda, proje ancak ETS 150 EURO olduğunda yatırıma uygun hale gelmektedir. Ancak bu uygulamada proje süresi 59 ay gibi uzun bir zaman aralığında olması gerekmektedir. Diğer ETS değerlerinde projenin uygulanması mümkün olmamaktadır. PTF'nin 3.000 TL/MWh olduğu senaryoda ise, proje sadece karbon emisyonu fiyatlandırması 0 ve 20 EURO olduğunda yatırıma uygun bulunmamakta, diğer ETS fiyatlarında uygulanabilir olarak değerlendirilmektedir. Bu bulgularla, elektrik enerji fiyatlarının EV projelerinin EPS yöntemi ile uygulanabilirliği açısından önemli bir kriter olduğu, fiyatların düşüşü ile projelerin maliyet yapılarının daha zorlayıcı hale geldiği söylenebilmektedir.

Çizelge 6.1 : PTF 4000 için 2 MW ORC projesi analizi.

TL/MWh PTF 4.000	Karbon emisyonu EUR/ tCO ₂ e	0	20	50	75	150
	Sözleşme Süresi Ay	55	52	47	45	38
	PFCF-NPV	₺2.096.780,00	₺1.908.281,00	₺746.514,00	₺3.169.832,00	₺1.314.101,00
	NFCF-NPV	₺95.126.941,00	₺93.862.508,00	₺91.118.738,00	₺92.566.063,00	₺87.124.329,00
	NPV-PFCF-Geri dönüş süresi yıl	6,72	5,88	5,9	5,79	4,92
	NPV-NFCF-Geri dönüş süresi yıl	4	3,89	3,75	3,65	3,41

Çizelge 6.2 : PTF 3000 için 2 MW ORC projesi analizi.

TL/MWh PTF 3.000	Karbon emisyonu EUR/ tCO ₂ e	0	20	50	75	150
	Sözleşme Süresi Ay	-	-	92	63	48
	PFCF-NPV	-	-	₺230.413,00	₺1.327.363,00	₺2.934.202,00
	NFCF-NPV	-	-	₺100.591.788,00	₺96.762.874,00	₺93.647.129,00
	NPV-PFCF-Geri dönüş süresi yıl	-	-	6,79	6,87	5,84
	NPV-NFCF-Geri dönüş süresi yıl	-	-	3	4,15	3,79

Çizelge 6.3 : PTF 2500 için 2 MW ORC projesi analizi.

TL/MWh PTF 2.500	Karbon emisyonu EUR/ tCO ₂ e	0	20	50	75	150
	Sözleşme Süresi Ay	-	-	-	-	59
	PFCF-NPV	-	-	-	-	₺1.136.837,00
	NFCF-NPV	-	-	-	-	₺94.187.944,00
	NPV-PFCF-Geri dönüş süresi yıl	-	-	-	-	6,84
	NPV-NFCF-Geri dönüş süresi yıl	-	-	-	-	4,02

Çizelge 6.4 : PTF 4000 için 6 MW ORC projesi analizi.

TL/MWh PTF 4.000	Karbon emisyonu EUR/ tCO ₂ e	0	20	50	75	150
	Sözleşme Süresi Ay	37	31	26	22	16
	PFCF-NPV	₺4.915.475,00	₺5.426.038,00	₺13.913.728,00	₺6.812.301,00	₺20.513.590,00
	NFCF-NPV	₺218.033.761,00	₺207.563.385,00	₺204.225.701,00	₺192.664.933,00	₺194.330.704,00
	NPV-PFCF-Geri dönüş süresi yıl	4,9	4,83	3,89	3,91	2,91
	NPV-NFCF-Geri dönüş süresi yıl	3,36	3,14	2,92	2,74	2,44

Çizelge 6.5 : PTF 3000 için 6 MW ORC projesi analizi.

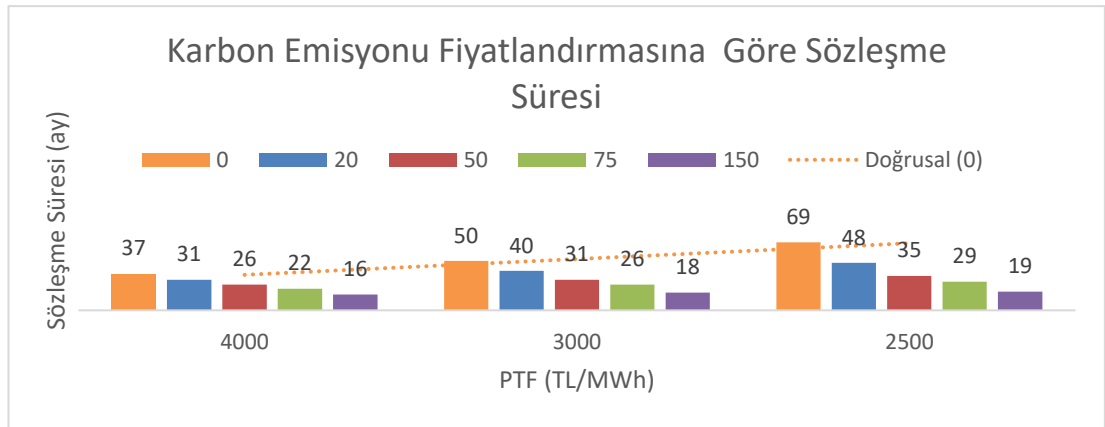
TL/MWh PTF 3.000	Karbon emisyonu EUR/ tCO _{2e}	0	20	50	75	150
	Sözleşme Süresi Ay	50	40	31	26	18
	PFCF-NPV	₺5.995.486,00	₺1.608.124,00	₺4.392.877,00	₺1.022.341,00	₺13.924.597,00
	NFCF-NPV	₺236.034.235,00	₺219.451.628,00	₺206.124.085,00	₺191.223.817,00	₺192.094.859,00
	NPV-PFCF-Geri dönüş süresi yıl	5,87	4,92	4,85	3,95	3,68
	NPV-NFCF- Geri dönüş süresi yıl	3,89	3,49	3,15	2,95	2,54

Çizelge 6.6 : PTF 2500 için 6 MW ORC projesi analizi.

TL/MWh PTF 2.500	Karbon emisyonu EUR/ tCO _{2e}	0	20	50	75	150
	Sözleşme Süresi Ay	69	48	35	29	19
	PFCF-NPV	₺824.196,00	₺6.260.249,00	₺4.460.368,00	₺7.174.912,00	₺7.174.988,00
	NFCF-NPV	₺242.441.556,00	₺233.065.150,00	₺214.162.568,00	₺203.431.400,00	₺187.351.271,00
	NPV-PFCF- Geri dönüş süresi yıl	6,89	5,86	4,9	4,48	3,86
	NPV-NFCF- Geri dönüş süresi yıl	4,24	3,78	3,29	3,07	2,59

Çizelge 6.4, 6.5 ve 6.6'da PTF değerinin 4.000, 3.000 ve 2.500 TL/MWh olacak şekilde düşmesi durumlarında, 6 MW'lık ORC projesinin finansal uygulanabilirliğini değerlendirilmiştir. 2 MW'lık ORC'nin aksine PTF'nin 2.500, 3.000 ve 4.000 TL/MWh olduğu senaryolarda da proje yatırıma uygundur. PTF 2.500 TL/MWh olduğu senaryoda ETS değeri EUR/tCO_{2e} olarak sırasıyla arttıkça proje süresi azalarak 69, 48, 35, 29, 19 ay olmaktadır. Bu bulgularla, elektrik enerji fiyatlarının ve proje büyüklüğünün EV projelerinin EPS yöntemi ile yatırımı açısından uygun gelebilmesi için kritik bir faktör olduğu anlaşılmaktadır, PTF'nin düşüşü ve projenin küçülmesi ile tasarrufa dayalı olan ödemelerin azalmasına bağlı olarak projelerin yatırıma uygun gelmediği söylenebilmektedir.

Proje süresi ile PTF arasındaki zıt ilişki, Şekil 6.1'de daha net bir şekilde gözlemlenebilmektedir. 6 MW'lık ORC projesi için PTF sırasıyla 2.500, 3.000 ve 4.000 TL/MWh değerlerinde ve 0, 20, 50, 75, 150 ETS fiyatlandırması uygulanması durumunu göstermektedir. ETS kapsamında karbon fiyatlandırmasının EPS'ye dahil edilmediği 0 EUR/tCO_{2e} olduğu senaryoda PTF sırasıyla 2.500, 3.000 ve 4.000 TL/MWh değerlerinde iken ESCO'nun projede kalma süresi sırasıyla 69, 50 ve 37 ay olarak azalmaktadır. Bu durum, daha yüksek PTF'lerin projelerin finansal sürdürülebilirliği üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu, ancak düşük PTF'lerin projelerin uygulanabilirliğini zayıflattığını ortaya koymaktadır.

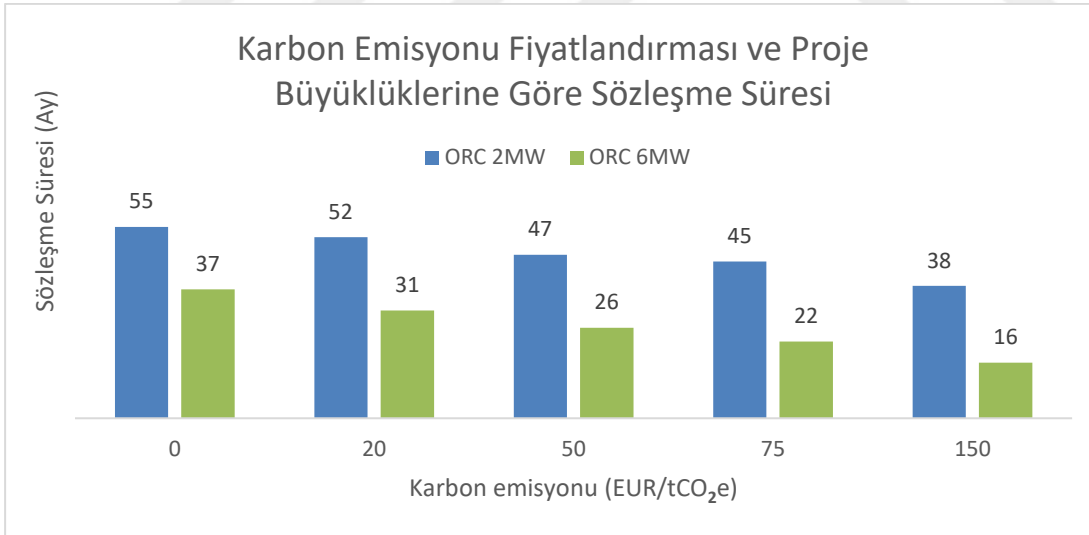


Şekil 6.1 : Karbon emisyonu fiyatlandırması ve PTF'ye göre sözleşme süresi arasındaki ilişki

Beklendiği gibi karbon fiyatlarının artışı, EPS kapsamındaki projelerin finansal yapılarını ve sözleşme sürelerini önemli ölçüde etkilemektedir. Şekil 6.2'den PTF

4.000 TL/MWh iken 2 MW ve 6 MW ORC EV uygulama projelerinin her ikisinde de karbon fiyatları artıkça EPS kapsamlı proje süreleri kademeli olarak azaldığı görülmektedir. Bu da, karbon fiyatlarının projelerin maliyet yapısını etkileyerek enerji verimliliği projelerinin daha cazip hale gelmesine neden olduğunu göstermektedir. Karbon fiyatlarının artması, projelerin finansal açıdan daha hızlı geri dönüş sağlayabilir hale gelmesine neden olmaktadır. Bu durumda, yatırımcılar daha kısa süreli sözleşmelerle projelerine yatırım yapma eğiliminde olabilirler çünkü artan karbon fiyatları, projelerden alınacak geri dönüşleri hızlandırabilir. Bu durum sözleşme sürelerinin kısalmasına neden olabilir.

Diğer bir etken ise, projenin büyüklüğüdür. Projelerin büyüklüğü arttıkça, genellikle finansal geri dönüş beklentisi de değişmekte ve bu durum sözleşme süresini de etkileyebilmektedir. Birim maliyet başına daha fazla enerji tasarrufu sağlayabilen büyük ölçekli projelerin geri ödeme süreleri de daha kısa olabilmektedir. Emisyon ticaret sistemi (ETS) kapsamında olası karbon fiyatlarının etkisiyle EPS kapsamlı projelerdeki sözleşme süreleri daha kısa olabilmektedir. Bu sonuçlardan, şekil 6.2’de de görüldüğü gibi uygulanan projenin büyüklüğü ve ETS emisyon fiyatı miktarları arttıkça sözleşme sürelerinin kademeli olarak azaldığı söylenebilmektedir.



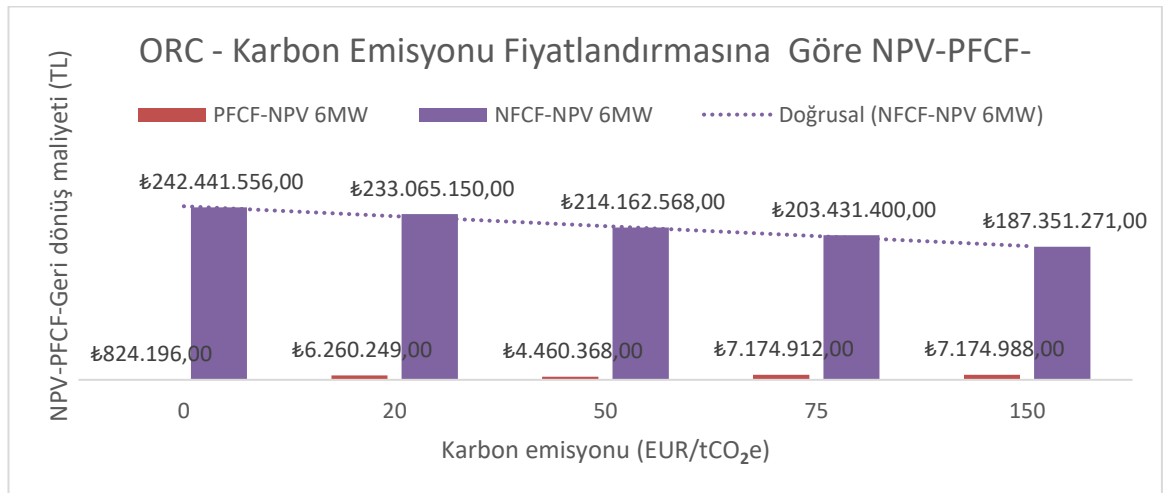
Şekil 6.2 : Karbon emisyonu fiyatlandırması ve proje büyüklüklerine göre sözleşme süresi değişimleri PTF = 4.000 TL/MWh.

Şekil 6.3’te, elektrik PTF değerinin 2.500 TL/MWh olduğu 6 MW ORC EV proje uygulamasında net ve proje serbest nakit artışı (NFCF ve PFCF) ile net bugünkü değer üzerinden hesaplanan geri ödeme sürelerinin karbon fiyatlarının artışıyla azaldığı gözlemlenmektedir. PFCF-NPV olarak belirtilen değerler projenin finansman öncesi

nakit akışını ifade ederken, NCF-NPV ise finansman sonrası nakit akışını ifade etmektedir. Bu bağlamda, finansman sonrası maliyetlerin projenin finansmanın büyük bir kısmını oluşturduğu Şekil 6.3'ten anlaşılmaktadır. Bu durum, özellikle büyük ölçekli projelerde karşılaşılan bir durumdur. Büyük ölçekli projeler genellikle yüksek başlangıç yatırımları gerektirmekte ve dış finansman ihtiyacı doğmaktadır. Yüksek faiz oranları ve kredi maliyetleri, projelerin finansman maliyetlerini artırarak toplam maliyet yapısını zorlayabilmektedir. Ayrıca, projelerin finansmanı için kullanılan karmaşık yapılar ve dış finansman kaynakları, ekstra işlem ücretleri ve genel giderler oluşturabilmektedir.

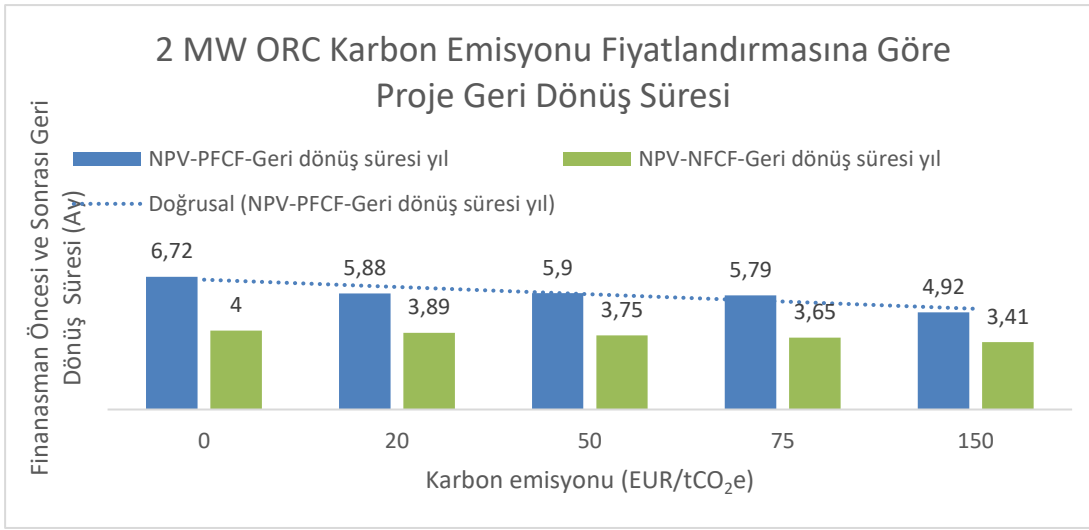
Uzun vadeli projeler, başlangıçta düşük maliyetli olsalar da yıllar içinde yüksek faiz ödemeleri nedeniyle finansman maliyetleri artabilmektedir. Uygulamalardaki düşük öz sermaye katılımı yüksek dış finansman ihtiyacı doğurmaktadır. Bu durumda maliyetlerin büyük bir kısmının finansmandan karşılanması gerekmektedir.

Son olarak, projelerdeki yasal düzenlemeler ve vergi yükümlülükleri de ek maliyetler doğurabilmektedir. Tüm bu faktörler, projelerin finansal yapısını karmaşıktırarak finansman sonrası maliyetlerin yüksek olmasına sebep olmakta ve uzun vadede geri ödeme sürelerini uzatmaktadır. Uzun EPS sözleşme süreli projelerde finansman maliyetlerinin artışı projenin uygulanabilirliğine olumsuz etki yapabilmekte, ancak ETS sistemi ile uygulamaya girebilecek emisyon fiyatlandırması değerlerinin artışı gerekli finansman maliyetlerini belirgin bir biçimde azaltabilmektedir.

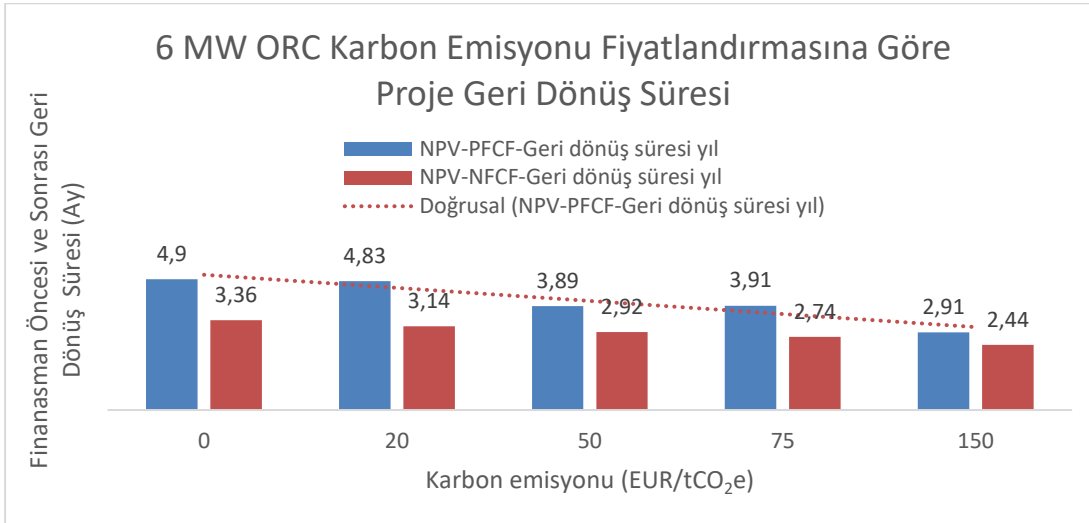


Şekil 6.3 : 6MW ORC, Karbon emisyonu fiyatlandırmasına göre PFCF-NPV ve NCF-NPV, PTF = 2.500 TL/MWh.

Şekil 6.4 ve 6.5'ten karbon emisyon fiyatlarının artışı ile sözleşme sürelerinin kademeli olarak azaldığı gözlemlenmektedir. Bununla beraber, finansman öncesi proje geri dönüş sürelerinin (PFCF-NPV) finansman sonrası proje geri dönüş süresine (NFCF-NPV) göre daha uzun olduğu görülmektedir. Bu fark, yüksek başlangıç maliyetleri, finansman sonrası faiz yükü ve risk paylaşımı gibi etkenlerden kaynaklanmaktadır. Enerji verimliliği projelerindeki tasarrufa dayalı ödemelerin genellikle proje tamamlandıktan sonra tasarrufların ölçülmesi ve gözlemlenmesi ile başlaması da bu farklılığa neden olmaktadır. Tüm bu etkenler, EPS kapsamlı yapılabilecek EV projelerinin geri ödeme sürelerinin uzamasına yol açabilmektedir.

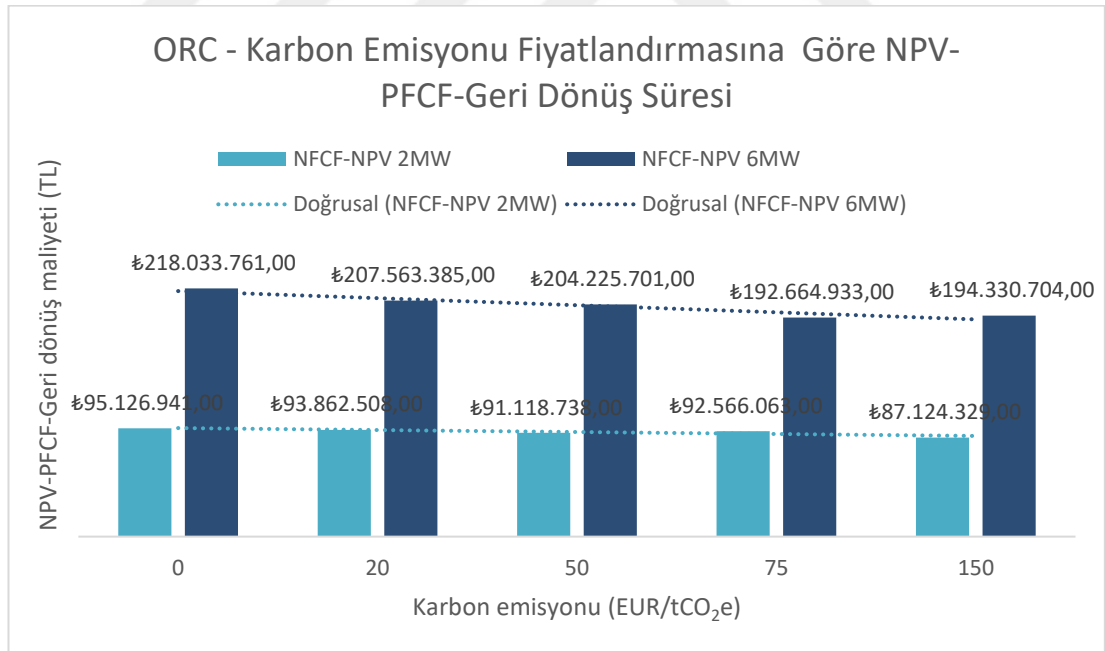


Şekil 6.4 : 2 MW ORC karbon emisyonu fiyatlandırmasına göre proje geri dönüş süresi PTF = 4.000 TL/MWh.



Şekil 6.5 : 6 MW ORC karbon emisyonu fiyatlandırmasına göre proje geri dönüş süresi PTF = 4.000 TL/MWh.

Şekil 6.6’da projenin büyüklüğü arttıkça proje maliyetinin ve karlılığının arttığı görülmektedir. 6 MW ORC projesi 2 MW ORC projesine göre daha yüksek tasarruf imkânı tanımaktadır. Bu durum, yatırımcıların finansal olarak daha yüksek proje maliyeti ve oransal olarak yüksek kazanç beklemesine neden olmaktadır. Büyük ölçekli projeler, genellikle daha yüksek enerji verimliliği ve dolayısıyla daha fazla enerji tasarrufu potansiyeline sahiptir. Büyük projelerde ölçek ekonomilerinden faydalanmak mümkündür, yani projenin büyüklüğü arttıkça birim maliyetler düşmekte ve enerji verimliliği tasarruf oranları artmaktadır. Ayrıca, büyük projelerde daha büyük finansman kaynaklarının kullanılması ve bu kaynakların tasarruf oranında geri ödenmesi gerektiği için projenin karlılığına olumlu etkisi vardır. Ayrıca, büyük projelerin yönetim ve operasyonel süreçleri daha sistematik ve verimli olabilmekte, bu da proje sürecini hızlandırmakta ve yatırımcının daha hızlı finansal geri dönüş sağlamasına olanak tanımaktadır. Sonuç olarak, projenin büyüklüğü ile sözleşme proje karlılıklarının artması arasındaki ilişki, büyük projelerin daha yüksek tasarruf sağlama kapasitesi, ölçek ekonomilerinden yararlanma ve verimli finansal yapıların oluşturulmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 6.6 : Karbon emisyonu fiyatlandırmasına göre 2 MW ve 6 MW ORC projesi NPV-NCF-geri dönüş maliyeti karşılaştırması PTF = 4.000 TL/MWh.



7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Enerji verimliliği projelerinin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması, sadece teknik ve finansal çözümlerle değil, aynı zamanda ulusal ve uluslararası düzenleyici politikaların etkin bir şekilde uygulanmasıyla mümkündür. Türkiye'de son yıllarda mevzuat konusunda önemli çalışmalar ve gelişmeler gerçekleşmiş olmasına rağmen, enerji verimliliği projelerinin önünde hâlihazırda çeşitli finansal ve yapısal engeller mevcuttur. Diğer yandan, küresel ölçekte iklim değişikliği önlemleri çerçevesindeki karbon emisyonlarını sınırlama çabaları ve sürdürülebilirlik hedefleri, bu engellerin aşılması için önemli fırsatlar sunmaktadır.

Bugün için, karbon emisyonlarının azaltılması ve sorumlulukların ülkeler arasında adil paylaşımı amacıyla uygulamaya konulması planlanan Sınırdaki Karbon Denetleme Mekanizması (SKDM) enerji verimliliği projelerinin ekonomik cazibesini arttıracak potansiyelde bir araçtır. Bu mekanizma, özellikle sanayi sektöründeki üreticilere, karbon emisyonlarını sınırlamak ve sürdürülebilir üretim yöntemlerine geçiş yapmak zorunluluğu getirmektedir. Karbon emisyonlarına dayalı fiyatlandırma ve ticaret mekanizmalarının etkin bir şekilde uygulanması, enerji verimliliği projelerinin uygulanabilirliği konusunda olumlu etkiler yapabilecektir. Enerji verimliliği projeleri hem doğrudan enerji tasarrufu sağlama hem de karbon emisyonlarını azaltma potansiyeline sahip oldukları için, sanayi kuruluşlarını çevresel düzenlemelere uyum sağlamak için bu projelere yatırım yapmaya zorlamaktadır.

Diğer yandan, Enerji Performans Sözleşmeleri, enerji verimliliği projelerinin uygulanabilirliğini ve finansal sürdürülebilirliğini artırmak için önemli bir araç olarak değerlendirilmektedir. EPS yönteminde, sağlanan enerji tasarrufları üzerinden ödeme yapılırken, gelecekte uygulanacak karbon emisyon fiyatı gibi enerji verimliliği çalışmaları ile önlenebilecek maliyetler de proje maliyetine eklenebilecektir. Bu durum, EPS uygulamalarını ESCO'lar açısından daha uygun hale getirebilmektedir. Ancak mevcut durumda elektrik enerjisi fiyatları ve finansman kaynaklarının yetersizliği, enerji verimliliği projelerinin ESCO'lar tarafından yatırım yapılabilir projeler olarak görülmesini engellemektedir.

Gelecekte uygulanacak karbon emisyon fiyatları gibi maliyetlerin de bu sözleşmelere eklenmesi, projelerin ekonomik cazibesini artırabilecektir. Bu bağlamda, karbon emisyonlarının azaltılması ve enerji verimliliği sağlanması üzerinden sağlanacak tasarrufların EPS modeline dahil edilmesi, ESCO'lar için projeleri daha uygulanabilir hale getirebilecektir.

Enerji verimliliği projelerinin hayata geçirilmesi için finansman kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve bu kaynakların daha erişilebilir hale getirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda, düşük faizli krediler, yeşil tahviller ve kamu destekli finansman araçlarının geliştirilmesi projelerin finansmanına kolaylık sağlayabilmektedir. Ayrıca, yerel ETS'nin kurulması ile, karbon ticaretinden elde edilecek gelirlerin bu projelere yönlendirilmesi, finansman kaynaklarını artırabilecektir.

Sanayi sektöründeki büyük enerji tüketicilerinin enerji verimliliği projelerine yatırım yapmalarını teşvik etmek için, bu projelere hibe ve teşviklerin artırılması, kapsamların genişletilmesi gerekmektedir. Özellikle, karbon emisyonlarını azaltan ve enerji tasarrufu sağlayan projelere vergi indirimleri veya doğrudan finansal destekler sağlanabilir. Bu uygulamalarla, enerji verimliliği yatırımları, yüksek karbon emisyon maliyetlerinden kaçınma amacını güden sanayiciler için daha cazip hale gelebilecektir.

Enerji verimliliği projelerinin güvenilirliğini artırmak için, tasarrufların doğruluğunu ve sürdürülebilirliğini sağlamak adına daha güvenilir ölçümleme ve izleme sistemleri oluşturulmalıdır. Bu sistemler, enerji verimliliği çözümlerinin etkinliğini daha şeffaf bir şekilde ortaya koyacak ve yatırımcıların projelere olan güvenini artıracaktır. Ayrıca, enerji verimliliği projelerinin başarısının izlenebilir olması, politikaların etkinliğini değerlendirmek açısından da faydalı olacaktır.

Türkiye'de, AB ve diğer küresel ticaret alanları ile uyumlu bir yerel ETS kurulması, sanayi sektöründe karbon emisyonlarının sınırlandırılmasını teşvik edecektir. Yerel ETS, sanayi tesislerine karbon emisyonlarını sınırlamak için bir maliyet yükümlülüğü getirecek ve bu da şirketleri enerji verimliliği projelerine yatırım yapmaya zorlayacaktır. Karbon emisyon kredisi alacakları veya satışlarından elde edecekleri gelirler, enerji verimliliği yatırımlarının finansmanını güçlendirebilecektir. Ayrıca, bu sistemin etkin uygulanması, Türkiye'nin uluslararası karbon ticaretine entegre

olmasını sağlarken, iç pazarda da enerji verimliliği yatırımlarını cazip hale getirebilecektir.

Bu tez çalışmasında kurgulanan model ile ortaya konulduğu gibi, ETS sisteminin var olduğu bir ortamda enerji verimliliği projelerinin uygulanabilirlikleri enerji fiyatlarına, proje büyüklüklerine ve karbon emisyon fiyatı değerlerine bağlıdır. Bu parametreler enerji verimliliği projelerinde önemli bir araç olan EPS'lerin uygulama süreleri üzerinde etkili olmaktadır. Bu durum iklim değişikliği ve enerji verimliliği çalışmalarının birlikte değerlendirilmesi gerekliliğini ve oluşturulacak yerli ETS'de karbon emisyon fiyatlarının EV çalışmalarının yapılabilirliğini teşvik edecek değerlerde olması gerektiğini ortaya çıkarmaktadır.

Bu bağlamda, enerji verimliliği projelerinin finansal cazibesini artıran karbon emisyon fiyatlandırma mekanizmalarının etkin şekilde uygulanması gerekmektedir. Ayrıca, yerel ve küresel düzeyde karbon ticaret sistemlerinin entegrasyonu, enerji verimliliği yatırımlarını teşvik edebilecek ve projelerin finansal sürdürülebilirliğini artıracaktır. Bu açıdan, finansman kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve devlet destekli finansman araçlarının kullanımının artırılması önemlidir. Öte yandan, projelerin izlenebilirliği ve şeffaflığı için gelişmiş ölçümleme teknolojilerinin kullanımı, yatırımcı güvenini artırarak sektördeki engellerin aşılmasına yardımcı olabilecektir. Tüm etkili parametreleri bir arada en verimli sonuçlara ulaşılabilecek şekilde değerlendiren ve enerji verimliliği projelerinin uzun vadeli sürdürülebilirliğini garanti altına alabilen analizler yapabilen model ve araştırma çalışmalarına ihtiyaç vardır.



KAYNAKLAR

- [1] **Ashutosh Agrawal**, “Risk Mitigation Strategies for Renewable Energy Project Financing,” *Strateg. Plan. Energy Environ.*, vol. 32, no. 2, pp. 9–20, 2012, doi: 10.1080/10485236.2012.10554231.
- [2] **P. Principi, F. Roberto, A. Carbonari, and M. Lemma**, “Evaluation of energy conservation opportunities through Energy Performance Contracting: A case study in Italy,” *Energy Build.*, vol. 128, pp. 886–899, 2016, doi: 10.1016/j.enbuild.2016.06.068.
- [3] **L. Martiniello, D. Morea, F. Paolone, and R. Tiscini**, “Energy performance contracting and public-private partnership: How to share risks and balance benefits,” *Energies*, vol. 13, no. 14, pp. 1–16, 2020, doi: 10.3390/en13143625.
- [4] **S. Sorrell**, “The economics of energy service contracts,” *Energy Policy*, vol. 35, no. 1, pp. 507–521, 2007, doi: 10.1016/j.enpol.2005.12.009.
- [5] **Hande Nur AKKOÇ**, “Enerji Performans Sözleşmelerinin Türkiye’de Uygulanabilirlik Analizi (Yüksek Lisans Tezi),” İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul., 2022.
- [6] **E. Vine**, “An international survey of the energy service company ESCO industry,” *Energy Policy*, vol. 33, no. 5, pp. 691–704, 2005, doi: 10.1016/j.enpol.2003.09.014.
- [7] **Ecem Öncü**, “ENERJİ PERFORMANS SÖZLEŞMELERİNDEKİ RİSK KRİTERLERİNİN BEST-WORST YÖNTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ (Yüksek Lisans Tezi),” İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul., 2023.
- [8] **G. Allan, M. Gilmartin, P. McGregor, J. K. Swales, and K. Turner**, “Economics of energy efficiency,” *Int. Handb. Econ. Energy*, vol. 2, pp. 144–163, 2009, doi: 10.1016/b0-12-176480-x/00228-x.
- [9] **R. E. Miller and P. D. Blair**, “Input–Output Analysis: Foundations and Extensions,” p. 768, 2009, [Online]. Available: <https://pdfs.semanticscholar.org/3e64/815208e0435771f679f2930f1952eef53138.pdf>.
- [10] **N. Stern**, “The Economics of Climate Change,” *Top 50 Sustain. Books*, pp. 247–250, 2017, doi: 10.4324/9781351279086-55.
- [11] **International Energy Agency**, “World Energy Outlook 2023 | Enhanced Reader,” pp. 23–28, 2023, [Online]. Available: <https://www.iea.org/news/the-energy-world-is-set-to-change-significantly-by-2030-based-on-today-s-policy-settings-alone>.

- [12] **C. Barkan**, “Energy Efficiency : Energy Efficiency :,” *Dep. Energy*, vol. 33, no. March 1998, pp. 1–12, 2024.
- [13] **Lundberg, M. et al.**, “Development and performance of a small-scale organic Rankine cycle system for heat recovery from a low-temperature source,” *Intech*, vol. Energy, 69, pp. 140–149, 2014, doi: <http://dx.doi.org/10.5772/57353>.
- [14] **X. Li et al.**, “Organic Rankine cycle systems for engine waste-heat recovery: Heat exchanger design in space-constrained applications,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 199, no. June, p. 111968, 2019, doi: 10.1016/j.enconman.2019.111968.
- [15] **E. İ. G. M. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı**, “10.5 Ulaştırma Tipine Göre Nihai Enerji Tüketimi,” 2023, [Online]. Available: https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/ulastirma-tipine-gore-nihai-enerji-tuketimi-i-85796?utm_source.
- [16] **Cumhurbaşkanlığı İletişim Başkanlığı**, “Türkiye genelinde elektrikli araç şarj istasyonu sayısı 3 bin 700’ü geçti,” 2023, [Online]. Available: https://www.iletisim.gov.tr/turkce/yerel_basin/detay/turkiye-genelinde-elektrikli-arac-sarj-istasyonu-sayisi-3-bin-700u-gecti?utm_source.
- [17] **T.C.**, “Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun Teklifi, Resmi Gazete,” 2021.
- [18] **Url-1, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı**, “Verimlilik Artırıcı Proje (VAP) Destekleri,” 2021. <<https://enerji.gov.tr/evced-enerji-verimliliği-destekleri-verimlilik-artirici-proje-destekleri>>, erişim tarihi 20.10.2024.
- [19] **T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı**, “ENERJİ KAYNAKLARININ VE ENERJİNİN KULLANIMINDA VERİMLİLİĞİN ARTIRILMASINA DAİR YÖNETMELİKTE DEĞİŞİKLİK YAPILMASINA DAİR YÖNETMELİK,” *Sayı : 32669*, 2024.
- [20] **T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı**, “Gönüllü Anlaşma Destekleri.” <https://enerji.gov.tr/evced-enerji-verimliliği-destekleri-gonullu-anlasma-destekleri>.
- [21] **T.C.**, “YATIRIMLARDA DEVLET YARDIMLARI HAKKINDA KARARIN UYGULANMASINA İLİŞKİN TEBLİĞ (TEBLİĞ NO: 2012/1),” 2012.
- [22] **Url-2, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı**, “5.Bölge Teşvikleri.” <<https://enerji.gov.tr/evced-enerji-verimliliği-destekleri-5-bolge-destekleri>>, erişim tarihi 10.09.2024
- [23] **KOSGEB**, “KOBİ ENERJİ VERİMLİLİĞİ DESTEK PROGRAMI,” 2022. <https://www.kosgeb.gov.tr/site/tr/genel/detay/8200/kobi-enerji-verimliliği-destek-programi>.
- [24] **Url-3, İstanbul Kalkınma Ajansı**, “SANVER,” 2020. <<https://iosb.org.tr/sanver/>>, erişim tarihi 09.09.2024
- [25] **T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı**, “İzmir Kalkınma Ajansı 2020 Faaliyet Raporu,” 2020.

- [26] **İstanbul Kalkınma Ajansı**, “İstanbul Kalkınma Ajansı- 2014-2028 İstanbul Bölge Planı,” pp. 0–164, 2024.
- [27] **P. Bertoldi and B. Boza-Kiss**, “Analysis of barriers and drivers for the development of the ESCO markets in Europe,” *Energy Policy*, vol. 107, no. April, pp. 345–355, 2017, doi: 10.1016/j.enpol.2017.04.023.
- [28] **S. Pätäri and K. Sinkkonen**, “Energy Service Companies and Energy Performance Contracting: Is there a need to renew the business model? Insights from a Delphi study,” *J. Clean. Prod.*, vol. 66, pp. 264–271, 2014, doi: 10.1016/j.jclepro.2013.10.017.
- [29] **W. S. Fang, S. M. Miller, and C. C. Yeh**, “The effect of ESCOs on energy use,” *Energy Policy*, vol. 51, pp. 558–568, 2012, doi: 10.1016/j.enpol.2012.08.068.
- [30] **Url-4, IEA**, “Energy Service Companies (ESCOs).” <<https://www.iea.org/reports/energy-service-companies-escos-2>>, erişim tarihi 10.10.2024
- [31] **IEA - Paris**, “Breakdown of ESCO revenue by country (most recent year available),” 2020. <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/breakdown-of-escos-revenue-by-country-most-recent-year-available>.
- [32] **IEA**, “ESCO revenues, public vs. private sector,” *IEA, Paris*. <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/escos-revenues-public-vs-private-sector>.
- [33] **B. Slattery**, “Reported Energy and Cost Savings from the DOE ESPC Program: FY 2016,” no. May, pp. 1–19, 2018, [Online]. Available: <http://info.ornl.gov/sites/publications/Files/Pub47781.pdf>.
- [34] **T. H. E. E. Parliament, T. H. E. Council, O. F. The, and E. Union**, “Directive 2002/65/EC of the European Parliament and The Council of The European Union,” pp. 65–71, 2002.
- [35] **IEA**, “Energy Act 2004 – Policies,” *Iea*, pp. 1–315, 2004.
- [36] **DENA**, “Energy Efficiency Policy in Germany,” pp. 1–22, 2023.
- [37] **France**, “Energy Transition for Green Growth Act: in Action,” *Fr. Minist. Environ. Energy Sea*, no. July, 2016.
- [38] **U.S. Congress**, “Energy independence and security act,” *Public Law*, vol. 110–140, pp. 1492–1801, 2007, [Online]. Available: <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:ENERGY+INDEPENDENCE+AND+SECURITY+ACT+OF+2007+An+Act#0>.
- [39] **T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı**, “Enerji görünümü 2020,” 2020.
- [40] **J. A. Leggett**, “The United Nations framework convention on climate change, the Kyoto protocol, and the Paris agreement: A summary,” *Clim. Chang. Legis. Issues Econ. Costs*, pp. 221–240, 2020.
- [41] **C. Gruske**, “International Energy Agency Energy Performance Contracts: Best Practices and Guidelines.,” *Iea*, vol. 15, no. 7, pp. 32–33, 2021.

- [42] **ESMAP**, “Assistance Program Annual Report 2020,” *Energy Sect. Manag. Assist. Progr.*, 2020.
- [43] **N. Carbonara and R. Pellegrino**, “Public-private partnerships for energy efficiency projects: A win-win model to choose the energy performance contracting structure,” *J. Clean. Prod.*, vol. 170, pp. 1064–1075, 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2017.09.151.
- [44] **P. Liu, Y. Zhou, D. K. Zhou, and L. Xue**, “Energy Performance Contract models for the diffusion of green-manufacturing technologies in China: A stakeholder analysis from SMEs’ perspective,” *Energy Policy*, vol. 106, no. February, pp. 59–67, 2017, doi: 10.1016/j.enpol.2017.03.040.
- [45] **Q. Qin, F. Liang, L. Li, and Y. M. Wei**, “Selection of energy performance contracting business models: A behavioral decision-making approach,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 72, no. September 2016, pp. 422–433, 2017, doi: 10.1016/j.rser.2017.01.058.
- [46] **T. and C. European Commission - DG JRC, Directorate C - Energy**, “Energy Performance Contracting.”
<https://e3p.jrc.ec.europa.eu/articles/energy-performance-contracting>.
- [47] **AB**, “AB Horizon 2020 Programı,” *AvruBirliği Horiz. 2020 Programı*, p. 10, 2020.
- [48] **Url-5**, “ECO4.” <<https://eco4.org.uk/eco-funding/eco4/>>, erişim tarihi 09.10.2024
- [49] **A. Miranville**, “International Finance Corporation (IFC). 2020 Annual Report - Scaling Energy Efficiency Financing in Emerging Markets,” *AIMS Math.*, vol. 6, no. 12, pp. 14064–14068, 2021, doi: 10.3934/math.2021814.
- [50] **G. Dunn**, “EBRD Annual Review 2021,” vol. 95, no. 1, p. 36, 2020.
- [51] **P. IEA**, “ESCO revenues by contract type.” <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/esco-revenues-by-contract-type>.
- [52] **W. Energy and P. Contracting**, “Energy Supply Contracts (ESC) Energy Performance Contracting (EPC),” pp. 1–7.
- [53] **T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı**, “5627 numaralı Enerji Verimliliği Kanunu,” *Resmi Gazete*, vol. 16, no. 1, pp. 1–23, 2016.
- [54] **T.C.**, “7103 sayılı Vergi Kanunları ile Bazı Kanun ve Kanun Hükmünde Kararnamelerde Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun,” *Resmi Gazete*, 2018.
- [55] **T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı**, “Kamuda Enerji Performans Sözleşmelerinin Uygulanmasına İlişkin Tebliğ, Resmi Gazete,” 2021.
- [56] **T.C.**, “Kamu Binalarında Enerji Tasarrufuna İlişkin Genelge, Resmi Gazete,” *04/11/2023 Tar. ve 2023/15 sayılı Cumhurbaşkanlığı Genelgesi*, 2019.
- [57] **K. A. Den Kamu, B. Enerji, and V. Projesi**, “YAPI İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ KAYEP - KABEV HABER BÜLTENİ,” pp. 1–5, 2024.

- [58] **T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı**, “Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı 2017-2023,” pp. 1–55, 2017, [Online]. Available: <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-verimlilik-ulusal-enerji-verimlilik-eylem-planı>.
- [59] **T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı**, “Türkiye’nin Enerji Verimliliği 2030 Stratejisi ve II. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı,” p. 150, 2024, [Online]. Available: <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-verimlilik-ulusal-enerji-verimlilik-eylem-planı>.
- [60] **O. J. of the E. Union**, “COMMISSION IMPLEMENTING REGULATION (EU) 2023/1773 of 17 August 2023 laying down the rules for the application of Regulation (EU) 2023/956 of the European Parliament and of the Council as regards reporting obligations for the purposes of the carbon border,” vol. 62, 2014.
- [61] **European Union**, “Carbon Border Adjustment Mechanism,” 2024. https://taxation-customs.ec.europa.eu/carbon-border-adjustment-mechanism_en.
- [62] **World Bank**, “State and Trends of Carbon Pricing,” 2023, [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/10986/39796>.
- [63] **Z. Chen et al.**, “Emissions Trading Worldwide International Carbon Action Partnership Status Report 2023,” *Int. Carbon Action Partnersh.*, 2023, [Online]. Available: https://icapcarbonaction.com/system/files/document/ICAP Emissions Trading Worldwide 2023 Status Report_0.pdf.
- [64] **İ. ANALİZİ**, “Türkiye Emisyon Ticaret Sistemi’nin Bir Ön Analizi,” 2024, [Online]. Available: <https://ipc.sabanciuniv.edu/Content/Images/CKeditorImages/20240226-10021109.pdf>.
- [65] **OECD**, *Pricing Greenhouse Gas Emissions: Turning Climate Targets into Climate Action*, vol. 26, no. Weitzman 1974. 2022.
- [66] **UNEP**, *Global Climate Policy and Carbon Market Mechanisms. Emissions Gap Report*. 2023.
- [67] **R. Participating and S. Prepared**, “ANNUAL REPORT ON THE MARKET FOR RGGI CO₂,” no. August, 2010.
- [68] **Australian Government**, “Safeguard Mechanism Submission,” no. September, pp. 1–9, 2023.
- [69] **Url-6**, “Paris Anlaşması.” <<https://www.mfa.gov.tr/paris-anlasmasi.tr.mfa>>, erişim tarihi 05.09.2024
- [70] **LLC.**, “TÜRKİYE İÇİN ULUSAL İZLEME, RAPORLAMA VE DOĞRULAMA (İRD) SİSTEMİ TASARIMI,” 2017, Gold Standard Vakfı ve TREES Forest Carbon Consulting.
- [71] **T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı**, “Emisyon Ticaret Sistemine İlişkin Genel Bilgiler,” 2024, [Online]. Available: https://ticaret.gov.tr/data/65dc9d3113b8762768385d66/İDB SKDM Sunum- ETS-SKDM İlişkisi_23022024.pdf.

- [72] **T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı**, “Performans Programı 2025,” p. 61, 2025, [Online]. Available: https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fiklim.gov.tr%2Fdb%2Fturkce%2Ficerikler%2Ffiles%2FPerformans%2520Program%25C4%25B1%25202025.pdf&psig=AOvVaw3rHxZyOWrW0q74_QSn-LaO&ust=1740402607979000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CAYQrpoMahcKEwiYuq2M79mLaxUAAAAAHQAAA AAQBA.
- [73] **T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı**, “Türkiye Cumhuriyeti Güncellenmiş Birinci Ulusal Katkı Beyanı,” 2023, [Online]. Available: <https://www.iklim.gov.tr/guncellenmis-birinci-ulusal-katki-beyani-sunuldu-haber-1139>.
- [74] **T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı**, “Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizmasının Türkiye Ekonomisine Potansiyel Etkileri,” 2023. [Online]. Available: https://ticaret.gov.tr/data/65dc9d3113b8762768385d66/İDB SKDM Sunum- ETS-SKDM İlişkisi_23022024.pdf.
- [75] **J. A. W. H. Van Oorschot, E. Hofman, and J. I. M. Halman**, “Upscaling Large Scale Deep Renovation in the Dutch Residential Sector: A Case Study,” *Energy Procedia*, vol. 96, no. October, pp. 386–403, 2016, doi: 10.1016/j.egypro.2016.09.165.
- [76] **E. Bertone et al.**, “Role of financial mechanisms for accelerating the rate of water and energy efficiency retrofits in Australian public buildings: Hybrid Bayesian Network and System Dynamics modelling approach,” *Appl. Energy*, vol. 210, no. December 2016, pp. 409–419, 2018, doi: 10.1016/j.apenergy.2017.08.054.
- [77] **J. A. Vogel, P. Lundqvist, and J. Arias**, “Categorizing Barriers to Energy Efficiency in Buildings,” *Energy Procedia*, vol. 75, no. 0, pp. 2839–2845, 2015, doi: 10.1016/j.egypro.2015.07.568.
- [78] **C. Cooremans and A. Schönenberger**, “Energy management: A key driver of energy-efficiency investment?,” *J. Clean. Prod.*, vol. 230, pp. 264–275, 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.04.333.
- [79] **S. Bertoldi, Paolo & Rezessy**, “Tradable white certificate schemes: fundamental concepts,” *Energy Effic.*, vol. 1, no. 4, pp. 237–255, doi: 10.1007/s12053-008-9021-y.
- [80] **M. F. Zabaloy, M. Y. Recalde, and C. Guzowski**, “Are energy efficiency policies for household context dependent? A comparative study of Brazil, Chile, Colombia and Uruguay,” *Energy Res. Soc. Sci.*, vol. 52, no. January, pp. 41–54, 2019, doi: 10.1016/j.erss.2019.01.015.
- [81] **D. Brown, S. Sorrell, and P. Kivimaa**, “Worth the risk? An evaluation of alternative finance mechanisms for residential retrofit,” *Energy Policy*, vol. 128, no. January, pp. 418–430, 2019, doi: 10.1016/j.enpol.2018.12.033.

- [82] **P. Bertoldi, M. Economidou, V. Palermo, B. Boza-Kiss, and V. Todeschi**, “How to finance energy renovation of residential buildings: Review of current and emerging financing instruments in the EU,” *Wiley Interdiscip. Rev. Energy Environ.*, vol. 10, no. 1, 2021, doi: 10.1002/wene.384.
- [83] **M. Economidou et al.**, *Assessment of the second national energy efficiency action plans under the energy efficiency directive*. 2018.
- [84] **K. Kuusk and T. Kalamees**, “Estonian Grant Scheme for Renovating Apartment Buildings,” *Energy Procedia*, vol. 96, no. October, pp. 628–637, 2016, doi: 10.1016/j.egypro.2016.09.113.
- [85] **C. McInerney and D. W. Bunn**, “Expansion of the investor base for the energy transition,” *Energy Policy*, vol. 129, no. March, pp. 1240–1244, 2019, doi: 10.1016/j.enpol.2019.03.035.
- [86] **M. S. Ummah**, “Lessons from 15 Years of Experience with the Dutch Tax Allowance for Energy Investments for Firms,” *Sustain.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–14, 2019, [Online]. Available: http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.riegsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI.
- [87] **J. Rosenow, R. Platt, and A. Demurtas**, “Fiscal impacts of energy efficiency programmes-The example of solid wall insulation investment in the UK,” *Energy Policy*, vol. 74, no. C, pp. 610–620, 2014, doi: 10.1016/j.enpol.2014.08.007.
- [88] **L. Olmos, S. Ruester, and S. J. Liong**, “On the selection of financing instruments to push the development of new technologies: Application to clean energy technologies,” *Energy Policy*, vol. 43, pp. 252–266, 2012, doi: 10.1016/j.enpol.2012.01.001.
- [89] **T.C. Merkez Bankası**, “Sermaye hareketleri genelgesi,” 2018.
- [90] **A. A. Tupikina and M. V. Rozhkova**, “Economic Evaluation of Energy Service Contract Implementation from the View of its Participants,” *2018 14th Int. Sci. Conf. Actual Probl. Electron. Instrum. Eng. APEIE 2018 - Proc.*, pp. 459–463, 2018, doi: 10.1109/APEIE.2018.8545961.
- [91] **D. Tzani, V. Stavarakas, M. Santini, S. Thomas, J. Rosenow, and A. Flamos**, “Pioneering a performance-based future for energy efficiency: Lessons learnt from a comparative review analysis of pay-for-performance programmes,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 158, p. 112162, 2022, doi: 10.1016/j.rser.2022.112162.
- [92] **D. Tzani, D. S. Exintaveloni, V. Stavarakas, and A. Flamos**, “Devising policy strategies for the deployment of energy efficiency Pay-for-Performance programmes in the European Union,” *Energy Policy*, vol. 178, no. March, p. 113593, 2023, doi: 10.1016/j.enpol.2023.113593.

- [93] **M. A. Brown**, “Market failures and barriers as a basis for clean energy policies,” *Energy Policy*, vol. 29, no. 14, pp. 1197–1207, 2001, doi: 10.1016/S0301-4215(01)00067-2.
- [94] **R. C. Headen, S. W. Bloomfield, M. Warnock, and C. Bell**, “Property Assessed Clean Energy Financing: The Ohio Story,” *Electr. J.*, vol. 24, no. 1, pp. 47–56, 2011, doi: 10.1016/j.tej.2010.11.004.
- [95] **L. Mundaca and S. Kloke**, “On-Bill Financing Programs to Support Low-Carbon Energy Technologies: An Agent-Oriented Assessment,” *Rev. Policy Res.*, vol. 35, no. 4, pp. 502–534, 2018, doi: 10.1111/ropr.12302.
- [96] **L. Miller and R. Carriveau**, “A review of energy storage financing—Learning from and partnering with the renewable energy industry,” *J. Energy Storage*, vol. 19, no. January, pp. 311–319, 2018, doi: 10.1016/j.est.2018.08.007.
- [97] **E. U. Oxera**, *Crowdfunding from an investor perspective Oxera Crowdfunding from an investor perspective Oxera Crowdfunding from an investor perspective Oxera*, no. July. 2015.
- [98] **European Union’s Horizon 2020**, “Clean cookstoves saving the Giant Panda with WWF,” *South Pole*, 2021. <https://www.southpole.com/blog/clean-cookstoves-saving-the-giant-panda-with-wwf>.
- [99] **N. Bento, G. Gianfrate, and S. V. Groppo**, “Do crowdfunding returns reward risk? Evidences from clean-tech projects,” *Technol. Forecast. Soc. Change*, vol. 141, no. August 2017, pp. 107–116, 2019, doi: 10.1016/j.techfore.2018.07.007.
- [100] **Url-7**, European Union’s Horizon, “CrowdfundRES,” 2020. <<http://www.crowdfundres.eu/index.html>>, erişim tarihi 10.10.2024
- [101] **C. Neme and R. Cowart**, “Energy Efficiency Feed-in-Tariffs: Key Policy and Design Considerations,” p. 20, 2012, [Online]. Available: <http://www.raponline.org/document/download/id/4774>.
- [102] **N. Eyre**, “Energy saving in energy market reform-The feed-in tariffs option,” *Energy Policy*, vol. 52, pp. 190–198, 2013, doi: 10.1016/j.enpol.2012.07.042.
- [103] **P. Bertoldi, S. Rezessy, and V. Oikonomou**, “Rewarding energy savings rather than energy efficiency: Exploring the concept of a feed-in tariff for energy savings,” *Energy Policy*, vol. 56, pp. 526–535, 2013, doi: 10.1016/j.enpol.2013.01.019.
- [104] **F. Polzin, F. Egli, B. Steffen, and T. S. Schmidt**, “How do policies mobilize private finance for renewable energy?—A systematic review with an investor perspective,” *Appl. Energy*, vol. 236, no. May 2018, pp. 1249–1268, 2019, doi: 10.1016/j.apenergy.2018.11.098.
- [105] **S. C. Biology**, “Environmental Defense Fund Annual Report,” *Annualreports.Co.Uk*, vol. 1998, no. March 2004, pp. 1–36, 2011, [Online]. Available: https://www.annualreports.co.uk/HostedData/AnnualReportArchive/a/NYSE_ADI_2011.pdf.

- [106] **S. C. & C. Ltd**, *Financial Management, 2nd Revised Edition*. New Delhi., 2010.
- [107] **D. B. Bora**, “Comparison Between Net Present Value And Internal Rate Of Return,” *Int. J. Res. Financ. Mark.*, vol. 5, no. 12, pp. 61–71, 2015, [Online]. Available: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1745-6622.2002.tb00337.x/full>.
- [108] **US Department of Energy**, “Combined Heat and Power Technology Fact Sheet Series: Waste Heat to Power,” pp. 1–4, 2021, [Online]. Available: https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-07/documents/waste_heat_to_power_systems.pdf.
- [109] **Url-8**, Enerji Piyasaları İşletme A.Ş., “SMF ve PTF Fiyat Ortalamaları.” <<https://rapor.epias.com.tr/rapor/xhtml/ptfSmfGunluk.xhtml>>, erişim tarihi 21.10.2024
- [110] **T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı**, “Türkiye Elektrik Üretimi ve Elektrik Tüketim Noktası Emisyon Faktörleri,” 2024. <https://enerji.gov.tr/evced-cevre-ve-iklim-elektrik-uretim-tuketim-emisyon-faktorleri>.
- [111] **International Monetary Fund**, “World Economic Outlook database: October 2024,” 2024. https://www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2024/October/weo-report?c=186,&s=NGDP_R,NGDP_RPCH,NGDP,NGDPD,PPPGDP,NGDP_D,NGDPRPC,NGDPRPPPC,NGDPPC,NGDPDPC,PPPPC,PPPSH,PPPEX,NID_NGDP,NGSD_NGDP,PCPI,PCPIPCH,PCPIE,PCPIEPCH,TM_RPCH,TMG_RPCH,TX_RPCH,TXG.
- [112] **T.C. Merkez Bankası**, “Gösterge Niteliğindeki Merkez Bankası Kurları.” <https://www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/TR/TCMB+TR/Main+Menu/Istatistikler/Doviz+Kurlari/Gosterge+Niteligindeki+Merkez+Bankasi+Kurlarii/>.



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : İdil Su TERZİ

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2020, Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği

YAYINLAR:

- G. Kayakutlu, M. Kayalica, I. Argun, A. Acarturk, K. Deveci, S. Atmaca, D. Guven, **İ. S. Terzi**, E. Deliaslan, T. Daim.(2023). Demand Response in Generation Capacity Planning Technology Roadmap: Turkey's Quest. In: Daim, T.U., Phaal, R., Meissner, D., Kerr,C. (eds) Next Generation Roadmapping. Science, Technology and Innovation Studies. Springer, Cham.
- A. K. Erenoğlu, S. Sancar, **İ. S. Terzi**, O. Erdiñ, M. Shafie-Khah and J. P. S. Catalão,"Resiliency-Driven Multi-Step Critical Load Restoration Strategy Integrating On-Call Electric Vehicle Fleet Management Services," in IEEE Transactions on SmartGrid, vol. 13, no. 4, pp. 3118-3132, July2022, doi: 10.1109/TSG.2022.3155438.