

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ÇATI GÜNEŞ PANELLERİ TEDARİK ZİNCİRİ ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Muzaffer Cem ATEŞ

Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı

Enerji Bilim ve Teknoloji Programı

KASIM 2022

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ÇATI GÜNEŞ PANELLERİ TEDARİK ZİNCİRİ ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Muzaffer Cem ATEŞ
(301201032)**

Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı

Enerji Bilim ve Teknoloji Programı

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Mehmet Özgür Kaya

KASIM 2022

İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 301201032 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Muzaffer Cem Ateş, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “ÇATI GÜNEŞ PANELLERİ TEDARİK ZİNCİRİ ANALİZİ” başlıklı tezini, aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. M.Özgür KAYALICA**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Dr.Öğr.Üye. İrem Düzdar ARGUN**
Düzce Üniversitesi

Doç. Dr. Ayşe Aylin BAYAR
İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : 4 Kasım 2022
Savunma Tarihi : 25 Kasım 2022





Aileme,



ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenimim ve tez çalışmam boyunca bana her zaman destek olan şekilde esirgemeyen ve yol gösteren danışman hocam sayın Prof. Dr. M.Özgür Kayalica'ya, veengin bilgi birikimi ve tecrübesiyle tez yolculuğumda bana ışık olan Prof. Dr. Gülgün Kayakutlu hocama çok teşekkür ederim.

Şartlar her ne olursa olsun bana verdiği desteklerinden, aldığım her kararda benim yanımda olduklarından emin olduğum ve en zor ve çekilmez anlarımda bile bana sabırla ve sevgiyle yaklaşan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Kasım 2022

Muzaffer Cem Ateş
(Endüstri Mühendisi)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
KISALTMALAR.....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY.....	xxi
1 GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	2
1.2 Literatür Araştırması.....	2
1.3 Tezin Kapsamı.....	7
2 TEDARİK ZİNCİRİ VE TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ TANITIMI	9
2.1 Tedarik Zinciri.....	9
2.1.1 Tedarik zinciri tanımı	9
2.1.2 Tedarik zinciri unsurları.....	9
2.2 Tedarik Zinciri Yönetimi	12
2.2.1 Tedarik zinciri yönetimi giriş	12
2.2.2 Tedarik zinciri yönetimi tarihçesi.....	12
2.3 Fizibilite Analizi	13
2.3.1 Fizibilite analizi bölümleri	13
2.4 Çatı Güneş Panelleri Tedarik Zinciri Tanımı	14
2.4.1 Yukarı akış	14
2.4.2 Orta akış	15
2.4.3 Aşağı akış	15
2.5 Firma Analizi.....	17
3 TÜRKİYE’DE GÜNEŞ ENERJİSİ.....	21
3.1 Genel Bakış	21
3.1.1 Enerjinin insanlık için önemi	21
3.1.2 Fosil yakıtların çevreye verebileceği zararlar	21
3.1.3 Güneş enerjisi nedir?	22
3.1.4 Dünya’da güneş enerjisinin yeri	23
3.1.5 Türkiye’de güneş enerjisi.....	26
3.2 Türkiye’de Çatı Güneş Tedarik Zinciri Analizi	32
3.2.1 Firmalar.....	36
3.3 Türkiye’de Güneş Enerjisi Kullanımının Gelir ve İstihdama Etkisi	37
4 SENARYO ANALİZLERİ	41
4.1 I-JEDI Modeli Ve Girdi Çıktı Tabloları	41
4.1.1 Girdi-çıktı analizi.....	41
4.1.2 I-JEDI model tanıtımı	42
4.1.3 Etki metriklerinin tanımları.....	43
4.1.4 Sonuçlar ve sınırlamalar	44

4.2	Senaryolar	45
4.2.1	Senaryo 1	46
4.2.2	Senaryo 2	48
4.2.3	Senaryo 3	49
5	SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER	53
	KAYNAKLAR.....	55
	EKLER	61
	ÖZGEÇMİŞ.....	71



KISALTMALAR

I-JEDI	: International Jobs and Economic Development Impact
GSYİH	: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
GW	: Gigawatt
kW	: Kilowatt
MW	: Megawatt
PV	: Fotovoltaik
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim A.Ş.
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
TZE	: Tam Zaman Eşdeğeri
TZY	: Tedarik Zinciri Yönetimi



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1: Ülkeye göre konut güneş PV toplam kurulu maliyeti.....	20
Çizelge 3.1: 2015-2021 yılları arası Dünya enerji arzı (TWh)	23
Çizelge 3.2: 2015-2021 yılları arası Dünya enerji arzının kaynaklara göre dağılımı (%)	23
Çizelge 3.3: Türkiye aylık ortalama güneşlenme saati.....	26
Çizelge 3.4: 2015-2021 yılları arası Türkiye enerji arzı (Bin TEP).....	28
Çizelge 3.5: 2019-2021 yılları arasında Türkiye’deki lisanssız güneş santralleri kurulu gücü ve adedi.	31
Çizelge 3.6: Aralık 2019-Aralık 2020 itibariyle lisanslı santrallerin kapasiteleri ve durumları.	32
Çizelge 3.7: Aralık 2019- Aralık 2021 yılları arasındaki lisans başvurularının durumu.	32
Çizelge 3.8: Türkiye'nin silikon levha ithalatı yaptığı ülkeler.....	33
Çizelge 3.9: Türkiye'nin demir ithalatı yaptığı ülkeler.....	33
Çizelge 3.10: Türkiye’nin alüminyum ithalatı yaptığı ülkeler.....	34
Çizelge 3.11: Türkiye'nin cam ithalatı yaptığı ülkeler.	34
Çizelge 3.12: Türkiye’nin enkapsülan ithalatı yaptığı ülkeler.....	35
Çizelge 4.1: Ekonomik faaliyetlere göre aylık ortalama brüt kazanç.	45
Çizelge 4.2: Panel yerlilik oranlarının GSYİH'ye direkt etkisi.....	46
Çizelge 4.3: Panel yerlilik oranlarının GSYİH'ye dolaylı etkisi.....	47
Çizelge 4.4: Panel yerliliğinin yarattığı direkt istihdam.....	47
Çizelge 4.5: Panel yerliliğinin yarattığı dolaylı istihdamError! Bookmark not defined.7	
Çizelge 4.6: Panel yerlilik oranlarının GSYİH'ye direkt etkisi.....	48
Çizelge 4.7: Panel yerlilik oranlarının GSYİH'ye dolaylı etkisiError! Bookmark not defined.8	
Çizelge 4.8: Panel yerliliğinin yarattığı direkt istihdam.....	49
Çizelge 4.9: Panel yerliliğinin yarattığı dolaylı istihdam	49
Çizelge 4.10: Panel yerlilik oranlarının GSYİH'ye direkt etkisi.....	50
Çizelge 4.11: Panel yerlilik oranlarının GSYİH'ye dolaylı etkisi	50
Çizelge 4.12: Panel yerliliğinin yarattığı direkt istihdamError! Bookmark not defined.0	
Çizelge 4.13: Panel yerliliğinin yarattığı dolaylı istihdam	51
Çizelge A.1: Türkiye’de monokristal PV panel üreten firmalar	61
Çizelge A.2: Polikristal PV panel üreten firmalar.....	61
Çizelge A.3: Hem Monokristal hem Polikristal PV panel üreten firmalar	62
Çizelge A.4: Montaj sistem gereksinimleri üreten firmalar	64
Çizelge A.5: Kablo üreten firmalar	66
Çizelge A.6: İnverter üreten firmalar	68

Çizelge A.7: Bağlantı kutusu üreten firmalar	68
Çizelge A.8: Çerçeve üreten firmalar.....	68
Çizelge A.9: PV test cihazı, sensör ve dedektör üreten firmalar	69
Çizelge A.10: PV sistemlerin montajını yapan firmalar	69



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Tedarik zinciri unsurları.	10
Şekil 2.2 : Örnek bir tedarik zinciri.	11
Şekil 2.3: PV güneş panelleri tedarik zinciri.	16
Şekil 2.4: Polisilikon üreten firmaların ülkelere göre dağılımı.	17
Şekil 2.5: Silikon külçe üreten firmaların ülkelere göre dağılımı.	18
Şekil 2.6: Silikon levha üreten firmaların ülkelere göre dağılımı.	18
Şekil 2.7: Hem silikon hem de silikon levha üreten firmaların ülkelere göre dağılımı.	18
Şekil 2.8: Güneş hücresi üreten firmaların ülkelere göre dağılımı.	19
Şekil 3.1: Dünya Güneş enerjisi haritası (kWh/m ²).	24
Şekil 3.2: Dünya'daki PV kapasitesinin yıllara göre artışı ve kapasite miktarı.	25
Şekil 3.3: Türkiye Güneş enerjisi potansiyeli atlası.	27
Şekil 3.4: Türkiye'nin 2021 yılındaki enerji arzının kaynaklara göre dağılımı (Bin tep).	28
Şekil 3.5: Türkiye'nin enerji arzının yıllara göre değişimi (Bin TEP).	29
Şekil 3.6: Türkiye'de güneş enerjisinden faydalanma miktarının yıllara göre değişimi (Bin Tep).	30
Şekil 3.7: Türkiye'deki panel üreticileri sayılarının illere göre dağılımı.	36
Şekil 3.8: Türkiye'deki PV üretici firmaların iç pazar tedarik zinciri maliyet oranı ve panel yerlilik oranı.	37
Şekil 3.9: 2020 yılında Türkiye'de yenilenebilir enerji sektörünün yarattığı istihdam.	39
Şekil 3.10: Güneş enerjisi değer zincirinde farklı senaryolara göre istihdam gelişimi, 2020–2028.	40



ÇATI GÜNEŞ PANELLERİ TEDARİK ZİNCİRİ ANALİZİ

ÖZET

Enerji, insanlığın neslini devam ettirebilmesi için var olması gereken temel ihtiyaçlardan biridir. Yenilemez enerji kaynaklarının çevreye verdiği zarar ve yakın gelecekte bu kaynakların artan enerji talebine cevap veremeyeceği bilincinin oluşması sonucunda, insanlık yüzünü yenilenebilir enerji kaynaklarına çevirmiştir. Bu enerji kaynaklarından, belki de en temellerinden biri, hiçbir zaman tükenmeyecek olan güneş enerjisidir.

Tedarik zincirindeki ana amaç, üretilecek ve insanlığın hizmetine sunulacak olan ürünün bütün aşamalarının belirlenmesidir. Bu durum sonucunda ortaya çıkabilecek bu hizmetler ve üretim zincirleri, yeni iş imkanlarının ortaya çıkmasını sağlayabilir, ülkenin ekonomik gelişimine olumlu katkılarda bulunabilir. Ayrıca tedarik zincirindeki unsurların ortaya koyduğu maliyetlerin zaman içinde azalması, ürünün daha ucuz bir fiyata satılmasına sebep olabilir, bu da ürünün kullanımının daha yaygınlaşmasına önayak olabilir.

Ülkelerin PV güneş enerjisi sistemine olan talebi her yıl artıyor ve bu ilerdeki yıllarda artacak gibi görünüyor. 2020 yılında yaklaşık 20 ülke PV kapasitesine en az 1 GW'lık bir ekleme yaptı, bu sayı 2019 yılında 18'di. 2020 yılı sonuna gelindiğinde ise, en az 42 ülkenin PV kapasitesinin 1 GW ya da daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

PV sistemler, ülkelerin elektrik üretiminde git gide daha da belirgin bir yer almaya başlamıştır. 2020 yılının sonunda; en az 15 ülkenin, toplam ürettiği elektrik miktarının %5 ya da daha fazlasını PV sistemlerin oluşturduğu gözlemlenmiştir.

Dünya üzerindeki konumu itibarı ile, güneş enerjisi bakımından ülkemiz oldukça avantajlı bir konumdadır. Türkiye, bu avantajlı konumuna rağmen güneş enerjisi potansiyelini kullanmada istenilen düzeyde değildir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın hazırladığı Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) göre, ortalama yıllık güneşlenme süresi 2741 saat, yıllık toplam ışınlam değeri 1527,46 kWh/m² olarak belirtilmiştir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün. Güneş kaynaklı elektrik üretim kapasitesinin teknik kapasitesi 405 milyar kWh/yıl, ekonomik potansiyeli 380 milyar kWh/yıl olarak öngörülmüştür.

Yapılan tez çalışmasında, PV güneş panellerinin tedarik zinciri oluşturularak, Türkiye'de üretilen panellerin yerlilik durumu ile ilgili analiz yapılmıştır. Tezin ilerleyen kısmında, panellerin yerlilik oranının artışının ortaya çıkarabileceği ekonomik gelişme ve istihdam I-JEDI modeli kullanılarak senaryo analizleri ile incelenmiştir. Sonuç kısmında ise, panel üretiminde yerleşmenin ortaya çıkarabileceği olumlu sonuçlar değerlendirilmiştir.

Tezin ikinci kısmında tedarik zincirinin tanımı yapılmıştır. Tedarik zinciri; müşteri memnuniyetini en az maliyetle üst seviyeye çıkarmak amacıyla oluşturulan, hammadde kaynağı ile müşteri arasında her iki yönde gerçekleşebilen ürün, hizmet, para ve bilgi akışlarına dahil olan, birden çok iş biriminden oluşan bir yapıdır.

Sonrasında, tedarik zincirini oluşturan unsurlardan bahsedilmiştir. Bu unsurlar, en genel haliyle; akış yukarı, odak işletme ve akış aşağı olarak kategorize edilebilir. Akış yukarı kategorisinde yer alan firmalar, o tedarik zincirinin tedarikçilerini oluşturur. Odak işletmeler, ürünün istenilen şekilde, istenilen miktarda ve istenilen zaman içinde üretme sorumluluğu içerisinde. Akış aşağı olarak isimlendirilen kısım ise genel olarak dağıtım, perakendeciler ve müşteriler olmak üzere 3 kısımdan oluşur. Bölümün ilerleyen kısımlarında tedarik zinciri yönetiminden, fizibilite analizinden ve çatı güneş panelleri tedarik zinciri tanımından bahsedilmiştir. Çatı güneş paneli tedarik zinciri şeması da bu kısımda verilmiştir. Ayrıca, tedarik zincirinin yukarı akış kısmını oluşturan polisilikon, silikon külçe, silikon levha ve güneş hücresi üreten firmaların sayılarının ülkelere göre analizi yapılmıştır. Üretilen panellerin maliyet dağılımı, 10 MW'lık bir PV sistem kurulumunun maliyet dağılımı, ülkeye göre konut güneş PV toplam kurulu maliyeti ve operasyon ve bakım maliyetleri ile ilgili genel bilgiler de bu bölümde yer almaktadır.

Tezin üçüncü bölümünde Türkiye’de ve Dünya’da güneş enerjisinin kullanımı ve potansiyeli ile ilgili anlatımlar yapılmıştır. Dünya’da tüketilen enerji kaynakları, bu kaynaklar içerisinde güneşin yeri, PV güneş enerjisine olan talep gibi konular hakkında bilgi verilmiştir. Bölümün ilerleyen kısımlarında, Türkiye’nin coğrafi konumu ve bununla gelen güneş enerjisi potansiyeli, güneşlenme süreleri, tüketilen enerjinin kaynaklara göre dağılımı, PV güneş enerjisi kurulu gücünün yıllara göre dağılımı, lisanslı ve lisanssız elektrik üretimi konulara değinilmiştir. Daha sonra tedarik zincirinde yukarı akış kısmında yer alan unsurların ithalat değerleri incelenmiş, panel ve PV sistemin entegrasyonu için gerekli yapıları üreten firmaların Türkiye içindeki analizi yapılmıştır. Güneş enerjisi değer sisteminin Türkiye’deki gelir ve istihdam etkisi ile bölüm tamamlanmıştır.

Tezin dördüncü kısmında, tezde kullanılan model ve modelde girdi olarak kullanılan girdi-çıktı tabloları hakkında bilgi verilmiştir. Girdi-çıktı tabloları ve analizi, Wassily Leontief tarafından 1941 yılında ortaya çıkmış ve bu çalışması ona 1973 yılında Nobel İktisat Ödülü’nü kazandırmıştır. Girdi-çıktı tablolarını kullanarak birçok ölçüm yapabilmek mümkündür. Bu yapılan ölçümler, olasılıktan bağımsız ölçümler olmaktadır. Girdi-çıktı tabloları 3-4 yıllık periyotlar halinde yayınlanır. Girdi-çıktı analizi, endüstriler arasındaki ilişkinin incelenmesi için kullanılan bir yöntemdir. Ülke içindeki ekonomik faaliyetleri oluşturan sektörlerin üretim ve tüketim unsurları arasındaki ilişkiyi ve bağımlılıkları incelenir.

Uluslararası İşler ve Ekonomik Kalkınma Faydaları (I-JEDI) modeli, çeşitli ülkelerdeki rüzgar, güneş, iki güç ve jeotermal enerji tesislerinden brüt ekonomik etkileri değerlendiren bir ekonomik modeldir. I-JEDI, enerji projelerini ne kadar para harcadığına ve harcamanın nerede gerçekleştiğine göre sınıflandırarak ekonomik etkilerini tahmin eder. Bu veriler, istihdam, kazanç, GSYİH ve brüt çıktı etkilerini tahmin etmek için ülkeye özgü bir ekonomik modelde kullanılır.

I-JEDI, yalnızca analiz ülkesindeki bir faaliyetin ekonomik yansımalarını tahmin eder. Yurtiçi içerik yüzdeleri yurt içi harcamalara (örneğin yurt içi hizmetler ve yurt içinden satın alınan ekipman) doğrudan etkileri kısıtlar. Ek olarak, dolaylı ve uyarılmış etkiler değerlendirilirken, girdi-çıktı verileri ithal girdileri veya ithal ürünlere yapılan hane halkı harcamalarını hesaba katar. Yerli içeriğin yüzdeleri yalnızca doğrudan sonuçlarla ilgilidir.

Model kullanılarak, belirlenen senaryolara göre dolaylı ve doğrudan ekonomik etki ve istihdam analizleri yapılmıştır. Analizler; inverter yerliliği, panel yerliliği ve proje

büyüklüğü parametrelerine göre yapılmıştır. Tezin son bölümünde ise, bu senaryolardan çıkan sonuçlar yorumlanmış ve ilgili çalışma tamamlanmıştır.





SUPPLY CHAIN ANALYSIS OF ROOFTOP SOLAR PANELS

SUMMARY

Energy is one of the basic needs that must exist in order for humanity to continue its generation. As a result of the damage caused by non-renewable energy sources to the environment and the awareness that these sources cannot meet the increasing energy demand in the near future, humanity has turned its face to renewable energy sources. Of these energy sources, perhaps one of the most fundamental is solar energy, which will never run out.

The main purpose of the supply chain is to determine all the stages of the product to be produced and offered to the service of humanity. These services and production chains that may arise as a result of this situation can provide new job opportunities and contribute positively to the economic development of the country. In addition, the decrease in the costs of the elements in the supply chain over time may cause the product to be sold at a lower price, which may lead to more widespread use of the product.

The demand of countries for photovoltaic solar energy system is increasing every year and this seems to increase in the coming years. Around 20 countries added at least 1 GW to photovoltaic capacity in 2020, up from 18 in 2019. By the end of 2020, it has been determined that at least 42 countries have a photovoltaic capacity of 1 GW or more.

Photovoltaic systems have begun to take an increasingly prominent place in the electricity production of countries. At the end of 2020; It has been observed that photovoltaic systems constitute 5% or more of the total amount of electricity produced by at least 15 countries.

Due to its location in the world, our country is in a very advantageous position in terms of solar energy. Despite this advantageous position, Turkey is not at the desired level in using its solar energy potential. According to the Turkish Solar Energy Potential Atlas (GEPA) prepared by the Ministry of Energy and Natural Resources, the average annual sunshine duration is 2741 hours, and the annual total radiation value is 1527.46 kWh/m². of the General Directorate of Meteorology. The technical capacity of solar-based electricity generation capacity is estimated as 405 billion kWh/year and the economic potential is 380 billion kWh/year.

In the thesis study, the supply chain of PV solar panels was created and an analysis was made about the locality of the panels produced in Turkey. In the further part of the thesis, the economic development and employment that can be revealed by the increase in the domesticity rate of the panels are examined with scenario analyses using the I-JEDI model. In conclusion part, the positive results of the localization in panel production were evaluated.

In the second part of the thesis, the definition of the supply chain is made. Supply chain; It is a structure consisting of multiple business units, which are included in the

product, service, money and information flow that can occur in both directions between the raw material source and the customer, created with the aim of maximizing customer satisfaction with the least cost. Afterwards, the elements that make up the supply chain are mentioned. These elements, in the most general form; can be categorized as upstream, focus operation, and downstream. Firms in the upstream category constitute the suppliers of that supply chain. Focus businesses are responsible for producing the product in the desired shape, in the desired quantity and within the desired time. . The part called downstream consists of three parts: distributors, retailers and customers. Later in the chapter, supply chain management, feasibility analysis and rooftop solar panels supply chain definition are mentioned. The rooftop solar panel supply chain diagram is also given in this section. In addition, the number of companies producing polysilicon, silicon ingot, silicon sheet and solar cells, which constitute the upstream part of the supply chain, was analyzed by country. General information about the cost distribution of the produced panels, the cost distribution of a 10 MW photovoltaic system installation, the total installed cost of residential solar PV by country, and the operation and maintenance costs are also included in this section.

In the third part of the thesis, there are explanations about the use and potential of solar energy in Turkey and in the world. Information was given about energy resources consumed in the world, the place of the sun in these resources, the demand for PV solar energy. In the following parts of the section, the geographical location of Turkey and the solar energy potential that comes with it, the duration of sunshine, the distribution of consumed energy according to the sources, the distribution of PV solar energy installed power over the years, licensed and unlicensed electricity production are mentioned. Then, the import values of the elements in the upstream part of the supply chain were examined, and the analysis of the companies that produce the necessary structures for the integration of the panel and PV system in Turkey was made. The chapter is completed with the income and employment effect of the solar energy value system in Turkey.

In the fourth part of the thesis, information is given about the model used in the thesis and the input-output tables used as input in the model. Input-output tables and analysis were introduced by Wassily Leontief in 1941, and this work earned him the 1973 Nobel Prize in Economics. It is possible to make many measurements using input-output tables. These measurements are probability independent measurements. Input-output tables are published in 3-4 year periods. Input-output analysis is a method used to examine the relationship between industries. The relationship and dependencies between the production and consumption elements of the sectors that make up the economic activities in the country are examined.

The International Jobs and Economic Development Impact (I-JEDI) model is an economic model that evaluates the gross economic impacts of wind, solar, bi-power and geothermal power facilities in various countries. I-JEDI estimates their economic impact by classifying energy projects according to how much money and where the money is spent. These data are used in a country-specific economic model to estimate employment, earnings, Gross Domestic Product (GDP), and gross output effects.

I-JEDI only estimates the economic repercussions of activity in the country of analysis. Domestic content percentages constrain direct impacts on domestic spending (for example, domestic services and equipment purchased domestically). In addition, input-output data takes into account imported inputs or household expenditure on

imported products when assessing indirect and induced effects. Percentages of native content are only directly related to results.

By using the model, indirect and direct economic impact and employment analyzes were made according to the determined scenarios. Analysis; Inverter nativeness, panel nativeness and project size parameters. In the last part of the thesis, the results of these scenarios were interpreted and the related study was completed.





1 GİRİŞ

Enerji, insanlığın neslini devam ettirebilmesi için var olması gereken temel ihtiyaçlardan biridir. Yenilenemez enerji kaynaklarının çevreye verdiği zarar ve yakın gelecekte bu kaynakların artan enerji talebine cevap veremeyeceği bilincinin oluşması sonucunda, insanlık yüzünü yenilenebilir enerji kaynaklarına çevirmiştir. Bu enerji kaynaklarından, belki de en temellerinden biri, hiçbir zaman tükenmeyecek olan güneş enerjisidir.

Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelinden tam olarak faydalanamadığı göstermek için, Almanya ile karşılaştırma yapılabilir. Almanya, coğrafi konumu dolayısıyla Türkiye'ye göre güneş enerjisi elde etme bakımından daha dezavantajlı bir konumda. Almanya'nın yıllık enerji potansiyeli 949-1241 kWh/kWp arasındadır. Türkiye'ye baktığımızda ise, bu sayı 1095-1826 kWh/kWp olmaktadır [1]. Buna rağmen; Almanya'daki güneş enerjisi kurulu gücü 2021 yılında 53,9 GW iken, Türkiye'de bu sayı 6,67 GW olarak kalmıştır [2,3]. Türkiye'de güneş paneli kullanımını yaygınlaştırmak ve güneş enerjisi potansiyelini doğru ve verimli bir şekilde kullanmak, hâlihazırda enerjide dışarı bağımlı olan ülkemize çok önemli getirisi olacaktır.

Tedarik zincirindeki ana amaç, üretilen ve insanlığın hizmetine sunulacak olan ürünün bütün aşamalarının belirlenmesidir. Bu durum sonucunda ortaya çıkabilecek bu hizmetler ve üretim zincirleri, yeni iş imkânlarının ortaya çıkmasını sağlayabilir, ülkenin ekonomik gelişimine olumlu katkılarda bulunabilir [4]. Ayrıca tedarik zincirindeki unsurların ortaya koyduğu maliyetlerin zaman içinde azalması, ürünün daha ucuz bir fiyata satılmasına sebep olabilir, bu da ürünün kullanımının daha yaygınlaşmasına önayak olabilir. Bu tezde yapılan çalışmada, çatı güneş panelleri tedarik zincirinin Türkiye'deki durumu incelenmiş, bu konudaki eksiklikler ve imkânlar ele alınmıştır.

1.1 Tezin Amacı

Yenilenemez enerji kaynaklarının yavaş yavaş tükenmesi sonucunda, ülkeler enerji ihtiyaçlarını karşılamak için yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmeye başlamıştır. Bunun sonucunda, yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretebilmek için kullanılan aletlere olan ihtiyacın sağlanabilmesi daha elzem bir hale gelmiştir. Bu durum, beraberinde bu ürünlerin tedarik zincirini daha önemli bir konuma getirmiştir. Bu tezde, yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisinin elde ediminde kullanılan güneş panellerinin tedarik zincirinin Türkiye içerisindeki durumu incelenmiştir. Odak noktası çatı güneş panelleri olmuştur. Ayrıca, güneş panelleri tedarik zincirinin yerelleştirilmesi sonucu ortaya çıkabilecek ekonomik gelişme ve istihdam potansiyelleri de senaryo analizleri ile incelenmiştir.

1.2 Literatür Araştırması

Literatürde, PV panel tedarik zincirinin yerelleştirilmesinin ülke ekonomisine ve istihdamına olan etkisini inceleyen çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmada [5], gelişmiş güneş PV yerelleştirmesinin ekonomik etkisini değerlendirmek için International Jobs and Economic Development Impact (I-JEDI) modelini kullanılmış ve gelişmiş güneş PV Yerel İçerik Gereksinimleri (LCR'ler) senaryoları analiz edilmiştir. Çalışma, LCR'lerin optimizasyonunun, dikkate alınan zaman dilimleri (2020-2030) kapsamında istihdam ve Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (GSYİH) üzerinde olumlu bir etkisi olduğu belirlenmiştir. Yapılan bu çalışmada ise [6], bir önceki çalışmalarında elde edilen üç teknik potansiyelin istihdam ve toplam ekonomik etkisi incelemeye çalışılmıştır. I-JEDI modelinin kullanıldığı bu çalışmada, ekonomik etki istihdam yaratma açısından değerlendirmiş ve Illinois'de PV sistem kapasite seçeneklerini uygularken inşaat süresi boyunca istihdam etkilerinin değiştiği öne sürülmüştür.

PV panel tedarik zinciri ve talep kısımlarında ortaya çıkabilecek problemlerle ilgili çalışmalar mevcuttur. Sorunun Amerika için ele alındığı çalışmada [7], Bölgesel Enerji Dağıtım Sistemi (ReEDS) modeli kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda, Tedarik ve talep kısıtlarını yorumlamak amacıyla parametreler tanımlanmıştır. Yine Amerika için yapılan diğer çalışmada [8], Bölgesel Enerji Dağıtım Sistemi (ReEDS) ve Dağıtılmış Üretim (dGen) kapasite genişletme modellerini kullanarak ABD için "SunShot 2030" maliyet hedeflerine ulaşmanın olası etkilerini analiz edilmiştir.

Çalışmada; yüksek düzeyde PV dağıtımının, her zamanki gibi iş senaryosuna kıyasla daha düşük elektrik fiyatlarına ve sistem maliyetlerine, daha düşük karbondioksit emisyonlarına, daha düşük su tüketimine, artan yenilenebilir enerji kısıntısına ve daha fazla depolama dağıtımına yol açtığı bulunmuştur. Büyük miktarlardaki PV'yi dağıtım sistemleriyle entegre etmenin herhangi bir maliyetini veya faydası incelenmemiştir. Ayrıca, şebeke entegrasyon zorlukları da göz ardı edilmiştir.

Bulanık Çok Kriterli Karar Verme (Fuzzy Multi-Criteria Decision-Making) teknikleri kullanılan bu çalışmada, çok kademeli yenilenebilir enerji ekipmanı (Güneş PV Panelleri) tedarik zinciri için bir SSSOA(supplier selection and order allocation) sorununu ele almak için çok aşamalı bir karar yapısı sunmaktadır [9]. Literatürde Solar PV Paneller için SSSOA'yı çözmeye yönelik hiçbir çalışma yapılmamıştır. Solar PV Panelleri tedarik zinciri için kapsamlı bir üç aşamalı karar çerçevesi sunmaktadır.

Hem hükümetler hem de işletmeler için uygun endüstri politikası ve iş stratejisi yönergeleri önermek için çoklu PV tedarik zinciri sistemindeki iş dinamiklerini teorik ve sayısal olarak incelemeye çalışan bu çalışmada, Oyun teorisi modeli kullanılmıştır [10]. PV tedarik zinciri araştırmasındaki literatür boşluğunu dolduran çoklu PV tedarik zincirlerine ilişkin kritik karar verme faktörlerinin iş dinamiklerini araştırılmıştır. Myanmar'da seçilen bir yerin PV potansiyelini araştırmakta ve günlük PV profillerinin mevcut ve gelecekteki elektrik talep profilleri üzerindeki etkilerini inceleyen bu çalışma, yük eşleştirme tekniği üzerinde durmuştur [11]. Yük eşleştirme, üretim ve yük arasındaki bağıntıdır ve zaman içinde anlık noktalarda bir üretim ile yük profilleri arasındaki eşleşme derecesini ifade eder. Yerel olarak tüketilen yerinde üretilen enerji miktarı açısından performansı değerlendirmek için Net Sıfır Enerji Binaları çalışmasında yaygın olarak kullanılır. Sonuçlar, Myanmar gibi tropikal ortamlardaki PV kurulumlarının günlük çıktı profillerinin, yerel kentsel ortamlar için öngörülen yüklere iyi bir uyum sağladığını göstermektedir.

Brezilya enerji krizi bağlamında önemli bir alternatif olarak fotovoltaiik güneş panellerini sunan bu çalışma, Sosyal konut programlarının ortalama elektrik talebini karşılamak için gerekli güneş paneli sayısını hesaplamak için güneş ışınım seviyeleri dikkate almıştır [12]. Çalışmada, senaryo tabanlı OFAT (one factor at a time) duyarlılık analizi metodu kullanılmıştır. Ekonomik fizibilite ve enerji krizini doğrudan ele alabilecek enerji üretimi sonuçları sağlamak için 217 W PV panellerin konuşlandırılmasının ülke çapında ev başına 4 ila 7 arasında değişeceğini

göstermektedir. Latin Amerika bölgesinin yenilenebilir enerji üretimiyle ilgili zorluklarını ve fırsatlarını anlamayı geliştirmeyi amaçlayan bu çalışmada, fotovoltaik tedarik zincirinin üretim kapasitesiyle ilgili davranışı tartışılmış ve gözden geçirilmiştir [13].

Yenilenebilir enerji ile tedarik zinciri arasındaki ilişkiyi ekonomik ve çevresel faktörleri göz önüne alan çalışmalar, literatürdeki yerini almıştır. Tedarik zincirinin yenilenebilir enerji üzerindeki rolü inceleyen çalışmada; Life Cycle Analysis (LCA) metodu kullanılmıştır [14], aynı zamanda literatür taraması da yapılmıştır. Sürdürülebilir yenilenebilir enerji tedarik zincirinin hem kârlı hem de çevreye yararlı olabileceği literatür çalışmaları derlenerek anlatılmıştır. Ayrıntılı LCA ve teknolojik ekonomik sonuçları kullanmak ve iki yenilenebilir enerji teknolojisinin (PV ve güneş termal kolektörleri) enerji, çevresel ve ekonomik profilinin bütünsel bir değerlendirmesini sunmayı makalenin ana kapsamı ve motivasyonu olarak alan çalışma da LCA metodunu kullanmıştır [15]. Çalışma, ortalama güneş ışığının yüksek olduğu bölgelerde (yani Girit, Güney Yunanistan) fotovoltaik ve güneş enerjisi projelerinin uygulanmasının, düşük tarife garantisi durumunda bile finansal olarak uygun olabileceğini göstermiştir. Bu çalışma, 2005 ve 2015 yıllarında iki yerde (Birleşik Krallık (BK) ve İspanya) kurulan silikon bazlı fotovoltaik (PV) sistemlerin çevresel etkilerini tahmin etmek için LCA metodunu kullanmıştır ve son on yılda meydana gelen değişiklikleri değerlendirmiştir [16]. Bu çalışma sonucunda, Birleşik Krallık'ta ve İspanya'da; tek veya çok kristalli silikon PV konut kurulumu için, teknolojik gelişmelerin küresel ısınma potansiyelinde bir azalmaya yol açtığını göstermektedir. PV güç üretim sistemlerinin çevreye vereceği etkileri inceleyen bu çalışmada, PV güç üretim sistemlerinin çevreye kattığı pozitif ve negatif etkileri incelenmiştir ve bunlarla ilgili önerilerde bulunulmuştur [17].

2018-2050 döneminde Çin'in güneş PV gücü optimal gelişim yolunu minimum maliyet perspektifinden keşfetmek için dinamik bir programlama yaklaşımı yoluyla bir enerji-ekonomi-çevre entegre modeli inşa eden bu çalışma, energy-economy-environment integrated modelini kullanmıştır [18]. Çalışmada; GSYİH büyüme oranı ve yatırım oranı gibi inşaat maliyetleriyle ilgili faktörlerin güneş PV güç gelişimi üzerinde yalnızca sınırlı bir etkisi olduğu ve teknolojik ilerlemenin öğrenme etkisi çoğu çalışmadan daha güçlü olduğu anlaşılmıştır. Ekonomik büyüme, teknolojik yenilik ve diğer faktörler doğası gereği belirsizdir. Bu yönler daha sonraki

çalışmalarda geliştirilecek ve gelecekteki araştırmalarımız solar PV teknolojisini farklı seviyelerde sınıflandırmaya çalışacaktır. PV tedarik zincirinin karbon emisyonlarını hesaplamak için örnek olarak Çin'deki fotovoltaiik tedarik zincirini ele alıyor ve emisyon azaltma etkisini değerlendirmek için bunu Çin'in termal güç karbon emisyonlarıyla karşılaştıran çalışmada, Carbon Emission Mathematical Calculation Model kullanılmıştır [19]. PV tedarik zincirinin karbon emisyonlarını azaltmak için uygulanması gereken etkinlikler belirlenmiştir.

Bu çalışma; yerleştirmenin, satın alınabilirliğin ve doygunluğun bir geri bildirim mekanizmaları yapısından nasıl ortaya çıktığını ve kaynakları fakir topluluklarda solar PV sistemlerinin benimsenmesini ve sürekli kullanımını sağlamak için nasıl etkileşime girdiğini açıklamıştır [20]. çalışmada “a novel system dynamics framework” modeli kullanılmıştır. Hindistan'daki ve başka yerlerdeki diğer güneş ve temiz enerji projeleri, sonuçlarının merkezinde yer alan temel geri bildirim döngülerini belirlemek ve anlamak için bu modeli kullanabilir. Yenilenebilir enerji endüstrisini Suudi Arabistan Krallığı'nda yerleştirmeye yönelik öneriler sunan çalışma, bunu panellerin ve sistemlerin maliyet dökümünü inceleyerek yapmıştır [21]. Sonuç olarak, yenilenebilir enerji endüstrisinin büyük bir kısmı Suudi Arabistan'da yerleştirilebileceği söylenmiştir. çalışma son olarak, gelecekte yerleştirme ekonomisini dikkate alan daha ayrıntılı çalışmaların yapılmasını tavsiye etmektedir.

Bu çalışma, yerel bir üretim tesisi için Minimum Sürdürülebilir Fiyat (MSP) belirlemek için Genel Kabul Görmüş Muhasebe İlkeleri (GAAP) yöntemini kullanarak Güney Afrika'da yerel güneş panelleri üretimi için finansal fizibiliteyi değerlendirmektedir [22]. Yöntem olarak “Generally Accepted Accounting Principles (GAAP)” seçilmiştir. çalışmada, yerel güneş paneli üretiminin, özellikle kömür ekonomisini aşamalı olarak kaldıran bölgelerde “adil enerji geçişini” desteklemede rol oynayabileceği gösterilmiştir. Enerji talebinde beklenen artışı karşılamak için ülkenin 2030 vizyonuna dayalı olarak Suudi Arabistan'da fotovoltaiik güneş enerjisi değer zincirinin yerleştirilmesinin önemi üzerine çalışılan makalede, SWOT analizi kullanılmıştır [23]. Bu yazıda, Suudi Arabistan'daki güneş PV değer zincirinin yerleştirme potansiyeli gösterilmiş ve analiz edilmiştir.

Yapılan literatür taraması çalışmasında, PV tedarik zincirini finansal bakış açısıyla inceleyen çalışmalara rastlanmıştır. Bu çalışma, PV tedarik zincirinin koordinasyon mekanizmalarını, hükümetin sübvansiyon politikaları kapsamında stratejik tüketici

davranışlarını ve bunun tedarik zinciri paydaşlarının kararları üzerindeki etkisini dikkate alarak incelemektir [24]. Koordinasyon modelinin kullanıldığı bu modelde, Hükümetin sübvansiyon politikaları altında stratejik müşterilerin varlığının olumlu ve olumsuz yönleri gösterilmiştir. Müşterilerin yenilenebilir enerji için sürdürülebilir bir döngüsel tedarik zinciri geliştirmek için Endonezya'da güneş fotovoltaiklerini kullanma niyetini etkileyen faktörleri belirlemeyi hedefleyen çalışmada, “the unified theory of acceptance and use of technology 2 (UTAUT2)” ve “the theory of planned behaviour (TPB)” yöntemleri kullanılmıştır [25]. Çalışma sonucunda, panel fiyatlarının güneş paneli kullanımıyla pozitif ve güçlü bir etkileşim içinde olduğu gözlenmiştir. Kurulan güneş PV'lerinin kWh kapasitesi başına maliyetini hesaplayan ve ardından mevcut farklı çevre politikalarına tabi olarak bir tedarik zincirinin tesis çatılarına farklı boyutlarda PV'ler kurma kararını entegre eden ekonomik bir model sunan çalışma da mevcuttur [26]. Çalışmanın sonucunda, güneş çatısı PV sistemlerinin zaman içinde ekonomik değere dayalı olarak tedarik zincirine entegre olma potansiyeline sahip olabileceği gösterilmiştir.

Bu çalışmada, insanların konut PV sistemlerine ne zaman yatırım yaptıkları sorusu sadece karlılık tarafından değil, aynı zamanda mevcut duruma kıyasla karlılığın değişimi tarafından belirlendiğini gösteren bir model geliştirilmiştir [27]. Yöntem olarak “deployment modeling” seçilmiştir. Sunulan makale, Almanya'daki konut PV yatırım dinamikleri hakkında yeni bir bakış açısı sunmuş ve bir NPV analizini beklenti teorisi ile başarılı bir şekilde birleştirmiştir. Özel konutlardaki küçük tesisler için Alman fotovoltaik pazarının bir modelini geliştirmek için Sistem Dinamiği metodolojisi kullanılan ve kamu politikalarını test eden çalışmada, “bass diffusion model” kullanılmıştır [28]. Çalışma, Almanya'daki PV santralleri için tarife garantisine ilişkin kamu politikasının ardındaki dinamiklerin daha derin bir şekilde anlaşılmasına katkı sağlamıştır. Bu çalışmanın amacı, konut tipinin %71.9'unu oluşturan Kore'de ortak konut için fotovoltaik sistemin ekonomik fizibilite analizini ve politika çıkarımını gerçekleştirmektir [29]. Ekonomik fizibilite analizinin yapıldığı bu makalenin sonucunda, ortak konut için konut fotovoltaik sisteminin mevcut fiyatının sübvansiyon olmadan ekonomik olarak mümkün olduğu ve yenilenebilir enerjinin olumlu olarak kabul edilebilirliğini artıracakını gösterilmiştir.

Bu yazıda sunulan çalışma, ticaret stratejilerinin etkisi, ticaret miktarı ve fiyatının belirleyicileri ve topluluk enerji refahındaki iyileşmeyi etkileyen diğer faktörler dahil

olmak üzere topluluk P2P elektrik ticareti hakkında daha iyi bir anlayış kazanmayı amaçlamaktadır [30]. Yöntem olarak “Peer-To-Peer (P2p) Electricity Trading System” seçilmiştir. Sonuçlar, P2P ticaret fiyatının ve miktarının, karmaşık ticaret stratejileri ve öğrenme yeteneklerinin yokluğunda, kârların katılımcılar arasında etkin ve adil bir şekilde dağıtılabileceği, her ticaret döneminde arz-talep oranının değişmesine bağlı olduğunu göstermektedir. Bir diğer çalışmada ise, beş ürün platformu için metal tedarik zincirlerini araştırılmıştır: (1) kadmiyum tellür güneş pilleri, (2) germanyum güneş pilleri, (3) türbin kanatları, (4) kurşun asit piller ve (5) sabit sürücü mıknatısları [31]. “Social network analysis” yönteminin kullanıldığı bu çalışmada, risk ölçümlerinde senaryo değerlendirmesi uygulamanın hangi amaçlar doğrultusunda efektif olduğu saptanmıştır.

Beş ülkenin (Tayvan, Çin, Japonya, Almanya ve ABD) güneş PV endüstrisinin politika, endüstri ve tedarik zinciri analizleri açısından detaylı bir karşılaştırması sunulmaya çalışılmıştır [32]. Bu çalışma, en iyi beş üretim ülkesine ve PV üretiminin altı aşamasının tümünü kapsayan ayrıntılı tedarik zinciri analizine odaklanan, literatürdeki sayılı çalışmalardan biridir. Bir diğer çalışmada, tedarik zinciri ağının her bir kurucu firmanın pazar değerlendirmesini etkileyip etkilemediği ve tedarik zinciri entegrasyonu düzeyine ve ürün modülerliğinin kullanımına ilişkin kararların tedarik zincirinin değeri ile nasıl ilişkili olduğu araştırılmıştır [33]. Bir firmanın tedarik sözleşmeleri ve üretim kapasitesi hakkındaki kamu duyuruları aracılığıyla, bireysel pazar payları ve ağdaki malzeme akışı miktarı hakkında tahminlerde bulunabilecek bir teknik geliştirilmiştir. Bu çalışma, PV endüstrisi tedarik zincirinin kapsamlı bir haritasını sağlayarak, beş ülkenin endüstrisini karşılaştırarak ve Tayvan'a özel politika önerilerinde bulunarak temiz üretim literatürüne katkıda bulunur. PV güneş enerjisinin son durumunu anlamak için literatür araştırması yolunu seçen çalışmada, 2016 yılına kadar yayınlanmış makaleler incelenip, bu makalelerle ilgili analizler yapılmıştır [34].

1.3 Tezin Kapsamı

Bu tez çalışması; çatı güneş panelleri tedarik zincirinin Türkiye’de yerleştirilmesinin artışının analizinin yapılması, ve bunun gerçekleştirilmesi sonucunda ortaya çıkabilecek ekonomik etkilerin ve istihdamın araştırılması için gerçekleştirilmiştir. Senaryo analizleri ile panel yerleşmesinin etkileri incelenmiştir. Bunun için, I-JEDI (International Jobs and Economics Development Impact) modeli kullanılmıştır.



2 TEDARİK ZİNCİRİ VE TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ TANITIMI

2.1 Tedarik Zinciri

2.1.1 Tedarik zinciri tanımı

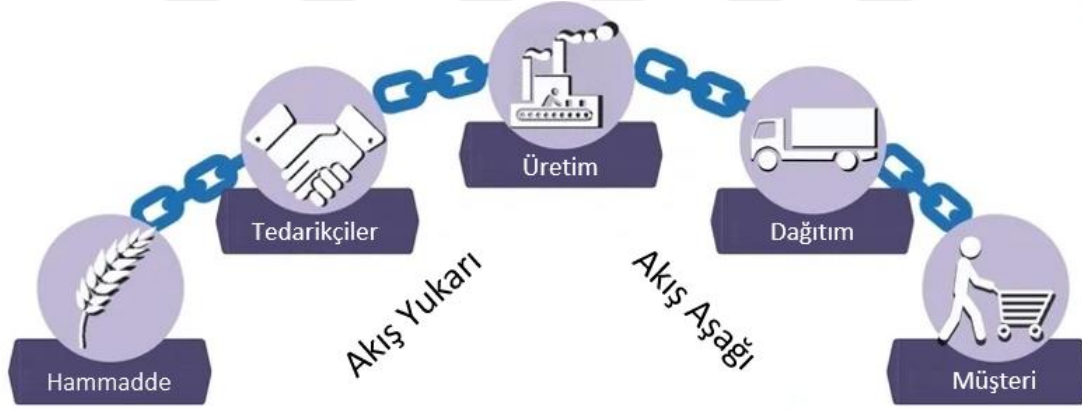
Günümüzde hızlıca değişen ve küreselleşen iş ortamı ile birlikte; herhangi bir iş pazarına giren firmalar kendilerini çok daha rekabetçi bir yapının içinde bulmuşlardır. Pazarın daha rekabetçi olması, müşteri isteklerinin çeşitlenmesi ve artan isteğinin yanı sıra ürünü elde etmek için beklediği sürenin azalmasına yönelik bir talebi de açığa çıkarmıştır. Firmalar bu talepleri karşılayabilmek ve rekabetçi pazar baskısı ile başa çıkabilmek adına hem kendi iç operasyonlarını hem de içinde bulundukları tedarik zinciri operasyonlarını optimal düzeye çekme gayreti içinde bulunmuşlardır [35]. Bu optimal düzeye ulaşabilmek ise, tedarik zincirini oluşturan etmenlerin birbirleri ile olan koordinasyonlarına bağlıdır.

Tedarik zinciri; müşteri memnuniyetini en az maliyetle en üst seviyeye çıkarmak amacıyla oluşturulan, hammadde kaynağı ile müşteri arasında her iki yönde gerçekleşebilen ürün, hizmet, para ve bilgi akışlarına dahil olan, birden çok iş biriminden oluşan bir yapıdır. Oluşturulan bu yapının amacı; müşteri tarafından talep edilen ürünlerin doğru miktarda, doğru zamanda ve doğru yere aktarılması sağlanırken bunu mümkün olan en az maliyetle gerçekleştirmektir. Bu amacı gerçekleştirebilmenin en etkili yolu, tedarik zincirini oluşturan unsurların birbirleri ile etkili bir iletişim halinde olmasıdır [36].

2.1.2 Tedarik zinciri unsurları

Tedarik zincirini oluşturan unsurlar, en genel haliyle 3 kategori içinde toplanabilir; akış yukarı (upstream), odak işletme ve akış aşağı (downstream). Tedarik zinciri içerisindeki akış yukarı kategorisini oluşturan firmalar, tedarik zincirinin tedarikçilerini oluştururlar. Üretilmek istenen ürünün her bir parçasının doğru zamanda ve doğru yerde üretici firma ya da firmalarla buluşturmak bu unsuru oluşturan firmaların sorumluluğundadır. Bu parçalar, müşterinin istediği ürüne dönüştürülmek üzere odak işletme olarak adlandırılan üretici firmalara gönderilir.

Odak işletmeler, ürünün istenilen şekilde, istenilen miktarda ve istenilen zaman içinde üretme sorumluluğu içerisinde. Bu da ancak üretici firmaların kendi iç akışını doğru bir şekilde çizelgeleyip uygulaması ile mümkün olabilmektedir [37]. Akış aşağı olarak isimlendirilen kısım ise genel olarak dağıtım, perakendeciler ve müşteriler olmak üzere 3 kısımdan oluşur. Bu kısım, odak işletmeler tarafından üretilen ürünün son müşteriye ulaştırılması için gerekli olan operasyonları içermektedir. Buradaki unsurlar, sadece akış yukarıdan akış aşağıya doğru olacak şekilde tek bir yönde çalışmaz. Müşterilerin ürün iadesi, ürünle ilgili verdikleri geri dönüşler ve ürüne ödedikleri para gibi etmenler akış aşağıdan akış yukarıya doğru gider. Bu yüzden tedarik zincirinden sadece hammaddenin ürüne dönüştürülüp müşteriye ulaştırılması olarak bahsetmek hatalı bir yaklaşım olacaktır. Şekil 2.1’de tedarik zinciri unsurları görülebilir [38].



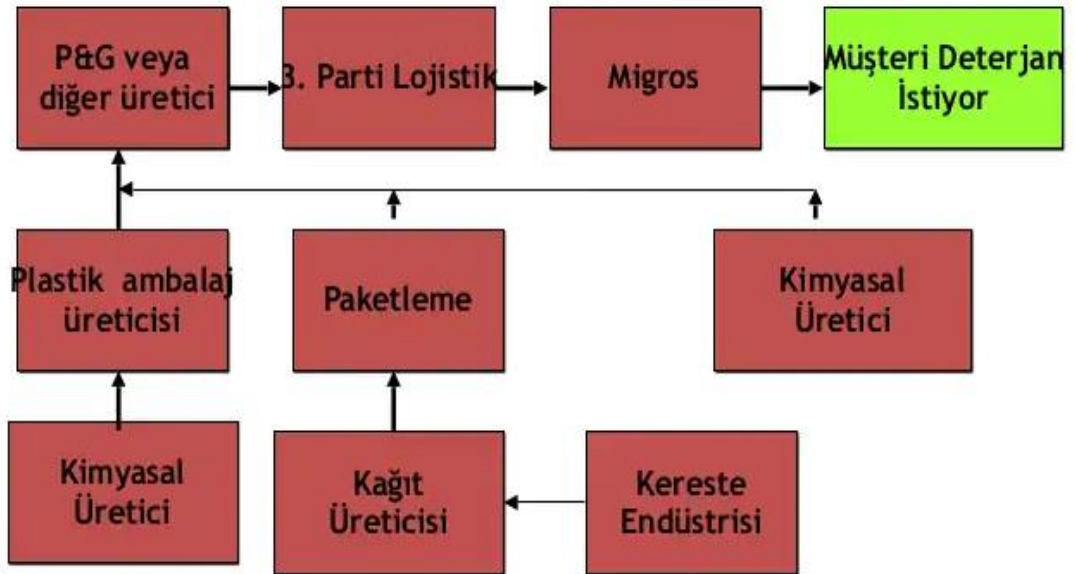
Şekil 2.1 : Tedarik zinciri unsurları.

Tedarik zinciri, müşteri talebi ile başlayan bir sistemdir. Müşteri ürünü talep etmedikçe, tedarik zincirinin var olabilmesi mümkün değildir. Bu nedenle müşteri ihtiyacını doğru zamanda ve doğru şekilde belirleyebilmek, daha sonrasında müşteriden geri dönüşler sayesinde ürün memnuniyetini takip etmek, tedarik zincirinin kuşkusuz en önemli halkasını oluşturmaktadır.

Tedarik zinciri içerisindeki bir firma, sadece tek bir zincir içerisinde bulunmayabilir. Bir tedarikçi, elindeki hammaddelerin ürüne dönüştürülmesi için birden fazla üretici firma ile çalışabilir. Bir üretici, ürettiği çeşitli sayıdaki ürünleri müşterilere ulaştırmak için birden fazla dağıtıcı firma ile çalışabilir. Oldukça karmaşık olabilen bu sistemin daha da karmaşıklaşmasını önlemek amacıyla, tedarik zinciri içerisinde yer alan her bir unsurun diğer unsurlar ile bilgi akışı içerisinde olması oldukça önemlidir.

Şekil 2.2, tedarik zinciri ile ilgili bir örnek vermek amacıyla gösterilmiştir [39]. Burada, müşterinin deterjan ihtiyacını karşılamak amacıyla birden fazla firma bir araya gelerek bir tedarik zinciri ağı oluşturmuştur. Üretici firmanın müşterinin ihtiyaçlarını tam olarak karşılamak amacıyla, hem müşteri ile hem de üretim için gereken hammaddeyi sağlayacak olan tedarikçilerle iyi bir ilişki içerisinde olması gerekmektedir. Tedarik zinciri içerisindeki en büyük zorluklardan biri, tedarik zinciri içerisindeki akışı kontrol etmek ve gerekiyorsa yeniden düzenlemektir. Tedarik zincirinin sağlıklı bir şekilde çalışabilmesi için müşteri ile olan iletişim de son derece önemlidir; çünkü tedarik zinciri içerisindeki bütün planlamalar, tahminler ve uygulamalar müşteri ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla yapılır.

DETERJAN TEDARİK ZİNCİRİ:



Şekil 2.2 : Örnek bir tedarik zinciri.

Özetlenecek olursa; tedarik zinciri içerisinde yer alan firmalar, müşterilere daha iyi hizmet verirken aynı zamanda maliyeti en aza indirmek için birbirleri ile efektif bir iletişimde olması gerekmektedir. İki yönlü bir ağ olarak karşımıza çıkan tedarik zincirinde, müşterinin ihtiyaçları iyi bir şekilde analiz edilmeli ve üretilen ürünler müşteriye en optimal süre içerisinde ulaştırılmalıdır.

2.2 Tedarik Zinciri Yönetimi

2.2.1 Tedarik zinciri yönetimi giriş

1950'ler ve sonraki dönemlerde, firmalar müşteriler ve tedarikçilerle iletişimde olmaktan ziyade kitle üretim sistemleri üzerine odaklanmışlardı. Bu dönemlerde ürün çeşitliliği azdı, yeni bir ürün geliştirmek müşterinin talebinden ziyade tamamen firmanın teknolojik gelişmişliğine bağlıydı [4]. Firmanın teknolojik durumunu müşteri ile ya da diğer firmalarla paylaşması riskli bir hamle olarak görülürdü. 1990'lardan itibaren, firmaların odak noktaları müşteri olmaya başlamış ve müşterilerin ihtiyaçlarını daha iyi karşılayabilmek adına işletmeler arası iş birliği de artmaya başlamıştır. Firmaların, içinde yer aldığı tedarik zincirindeki diğer üyeler ile iş birliği içinde olma durumu tedarik zinciri yönetimi (TZY) olarak adlandırılmıştır.

2.2.2 Tedarik zinciri yönetimi tarihçesi

TZY, 1960'lardan itibaren hayatımızda olan bir kavramdır. Bu yıllarda firmaların temel amacı, ürünlerini düzenli olarak satabilecekleri sadık müşteriler bulmaktır. Ürünler kitleler halinde üretilir, müşteri talebinin fazla olması durumunda talep stoklardan karşılanmaya çalışılırdı ve bu da stok yatırımlarının fazla olması anlamına gelirdi. 1980'lere geldiğimizde; rekabetin biraz daha küreselleşmesi ve müşteri taleplerinin artması ve çeşitlenmesinden dolayı, firmalar ürettikleri ürünleri daha az maliyetle ve daha fazla esneklikle üretmek durumunda kalmışlardır. Artık firmalar dağıntık lojistik merkezler yerine, lojistiği merkezileştirme yoluna gitmişlerdir. Houlihan, firmanın stratejik kararları ile lojistik odağını birleştirip bunu tek bir olgu haline getirmiş ve bunun adına tedarik zinciri diyerek tedarik zinciri kavramını kullanan ilk insan olmuştur [4]. 1990'lara geldiğimizde, firmalar artık müşteriye sundukları mal ve hizmet kalitesinin artışının yalnızca kendilerine bağlı olmadığını fark etmeye başladılar. Firmalar ürün ve hizmet kalitesini arttırmak için, ilişki içinde bulundukları diğer firmalarla süreç kanallarını bütünleştirme yoluna gittiler. Tedarikçiler, üreticiler, dağıtıcılar, mağazalar ve satış sonrası hizmet veren unsurlar artık entegre bir tedarik zinciri ağı içerisinde yer alma gayretine giriştiler [37]. 2000 yılından günümüze kadar olan süreçte ise, internet kullanımının yaygınlaşması sonucunda, tedarik zinciri yönetimi senkronizasyonu kolaylaşmış, bunun sonucunda üretim maliyetleri daha da azalmış, müşteriye sunulan ürünün ve hizmetin kalitesi artmıştır.

2.3 Fizibilite Analizi

Fizibilite analizi, bir projenin gerçekleştirilmeden önce yürütülen bir stratejik planlama sürecidir. Proje başlamadan önce proje ile ilgili veri toplama, analiz etme ve planı formüle etme süreçlerini içerir. Fizibilite analizi ile birlikte, belirli varsayımlar altında, gerçekleştirilecek olan projenin ekonomik ve ekonomik olmayan tüm faktörlerin ileride nasıl işleyeceği öngörülmüş olur. Bu analiz ile birlikte, projenin gerçekleştirilmesi ya da gerçekleştirilmemesi kararı bilinçli bir noktada gerçekleştirilmiş olur [40].

2.3.1 Fizibilite analizi bölümleri

Fizibilite analizi birden çok bölümden oluşur ve her bir bölümün amacı, projenin o kısmının başarılı olup olamayacağını analiz eder [41].

2.3.1.1 Pazar analizi

Projenin sonunda ortaya çıkacak olan ürün veya hizmet için yapılması gereken analizdir. Bu analiz, pazara sunulacak yeni bir ürün için olabilirken, aynı zamanda var olan ürünü geliştirmek için de yapılabilir. Tedarik zinciri, pazar analizi sonucu ortaya çıkan talepten sonra değerlendirilmesi gereken bir konudur. Pazar içindeki rakipler ve talebi yönlendiren faktörler belirlendikten sonra, projenin başarılı olabilmesi için tedarik zincirinin buna uygun olup olmadığı analiz edilir. Üretim başladıktan sonra ne kadar süre içerisinde müşteriye ulaştırılacağı ve ürünün müşteriye nasıl dağıtılacağı, bu analiz içerisinde yanıtlanması gereken sorulardan bazılarıdır.

2.3.1.2 Teknik fizibilite çalışması

Firmanın, projeyi tamamlamak için gerekli olan iş gücü, malzeme, lojistik gibi imkanlarına sahip olup olmadığını inceler. Ürün ile ilgili daha sonra ortaya çıkabilecek bakım ve onarım durumları da burada araştırılması gereken konulardan biridir.

2.3.1.3 Ekonomik fizibilite çalışması

Projelerin uygulanabilmesi adına ihtiyaç duyulabilecek finansal kaynağın analiz edildiği kısımdır. Toplam yatırım maliyeti, sabit ve değişken giderler, nakit akışı gibi konular burada ele alınır. Projenin kârlı bir şekilde hayata geçirilebilmesi için finansman akışının iyi gözlemlenmesi ve düzenlenmesi gerekir. Yapılan analizler sonucunda ortaya çıkan değer istenilen düzeyde değilse proje iptal edilebilir.

2.3.1.4 Operasyonel fizibilite çalışması

Operasyonel fizibilite, önerilen sistemin projenin uygulanması sırasında ortaya çıkabilecek sorunları çözebilme ve projenin kapsamını tanımlarken ortaya çıkabilecek fırsatlardan yararlanabilmenin bir ölçüsüdür. Operasyonel fizibilite, projenin halihazırdaki insan gücüyle doğrudan ilişkilidir ve proje uygulanmaya başladıktan sonra sistemin kullanılabilir olup olmadığını ölçer.

2.3.1.5 Yasal araştırma

Projenin, uygulanacağı bölgedeki kanun, tüzük ve yönetmeliklere uygun olup olmadığının araştırıldığı bölümdür. Devlet tarafından yatırımcıları teşvik etmek adına düzenlenen kanunlar ve düzenlemeler ile yatırım için uygun olan alanlar değerlendirilir.

2.4 Çatı Güneş Panelleri Tedarik Zinciri Tanımı

Yenilenemez enerji kaynaklarının yavaş yavaş tükenmesinin yanı sıra, özellikle gelişmiş ülkelerin enerji talebinin büyük oranda artmış olması, bu ülkeleri yeni enerji kaynakları bulmaya yöneltmiştir. Fotovoltaik (PV), birçok avantajı olması dolayısıyla, gelişmeye en müsait teknoloji olarak görülmektedir. Bu avantajlar arasında yaklaşık 25-30 senelik kullanım ömürleri olması, her türlü ortama yönelik kurulum şansı olması (dağlık alanlar, çatılar vb.), bakımının kolay olması vardır. Bu avantajları bünyesinde barındıran PV sistemler, yakın zamanda yüksek yatırımlar almaya başlamıştır. Şekil 2.3'te, güneş panelleri tedarik zinciri gösterilmiştir [42].

PV tedarik zinciri; yukarı akış (PV hücre üretimi parçaları ve modülün yapısal kısmı için hammadde), orta akış (PV hücre, modülün yapısal parçasının üretimi, PV panel üretimi, PV sistemin entegrasyonu) ve aşağı akış (kurulum, sistemin işletilmesi ve bakım) olmak üzere 3 kısımda incelenmiştir.

2.4.1 Yukarı akış

Yukarı akışın parçasından biri olan kısım, PV hücre üretimi için gerekli olan parçaları üretmektir. Bu kısımda hammadde olarak elde edilen silikon; ilk olarak silikon külçeye, ardından silikon levhaya dönüştürülür. Saf olmayan silikon ilk başta saflaştırılır. Yaklaşık %99 oranında saflaştırılan bu silikon biraz daha saflaştırılmak adına, silikon olmayan kısımları silikon külçesinin kenarlarına gidecek şekilde bir

işlemden geçirilir [43]. Kenarlarda bulunan saf olmayan silikon kesildikten sonra, saf olan silikon ortaya çıkmış olur. Bu saf silikon tek kristal yapıda olan monosilikon (mono-Si) de olabilir, ya da birden çok silikon kristali barındıran polisilikon da olabilir. Monosilikon paneller, polisilikon panellerden daha verimli bir şekilde güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürürler. Bu silikonları elde etmek için, Czochralski ve Siemens yöntemleri olarak adlandırılan 2 adet yöntem bulunmaktadır.

Yukarı akışın diğer kısmını ise, paneli oluşturmak için gerekli olan hammaddeler yer almaktadır. Bu maddeler; demir, alüminyum, cam, ve enkapsülan (EVA)'dır. Demir, güneş panellerinin kurulumu yapılacağı yerde sabit durmasını sağlamak amacı ile kullanılır. Alüminyum, panellerin dış çerçevesini oluşturur. Cam, hücrelerin üzerine; hem koruma hem de gelen güneş ışığını daha iyi bir açıyla PV hücrelerin üzerine düşürmek için kullanılır. Bu işlevi yaptırabilmek için, camın üzerine anti reflektif kaplama (ARC) kullanılır. Enkapsülan ise, hücrelerin konuldukları yerden düşmemesi adına hem altına hem üstüne konulan yapıştırıcıdır.

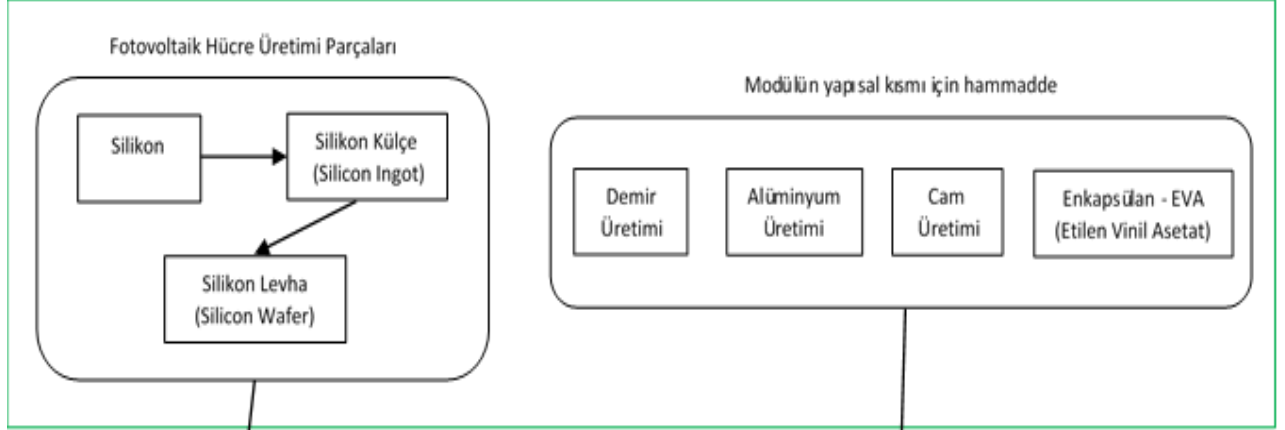
2.4.2 Orta akış

Orta akışta ise, PV hücrenin üretilmesi ile beraber, modülün oluşturulması için gerekli olan ürünler de üretilir. Bu ürünler kablo, arka tabaka, dış çerçeve, su geçirmez bağlantı kutusu ve mühürlenmiş silikon üretimidir. Hücre ve modül parçaları bir araya gelip PV panel üretimi gerçekleştirilir. Panelin üretimi ile birlikte, sistemin entegrasyonunun sağlanabilmesi için bir takım araç gereçlere ihtiyaç vardır. Bunlar çevirici, bağlantı kutusu, ölçüm aletleri ve sabitleme yapılarıdır. Bu ürünlerle beraber, artık sistem kurulumu ve kullanıma hazır hale gelir.

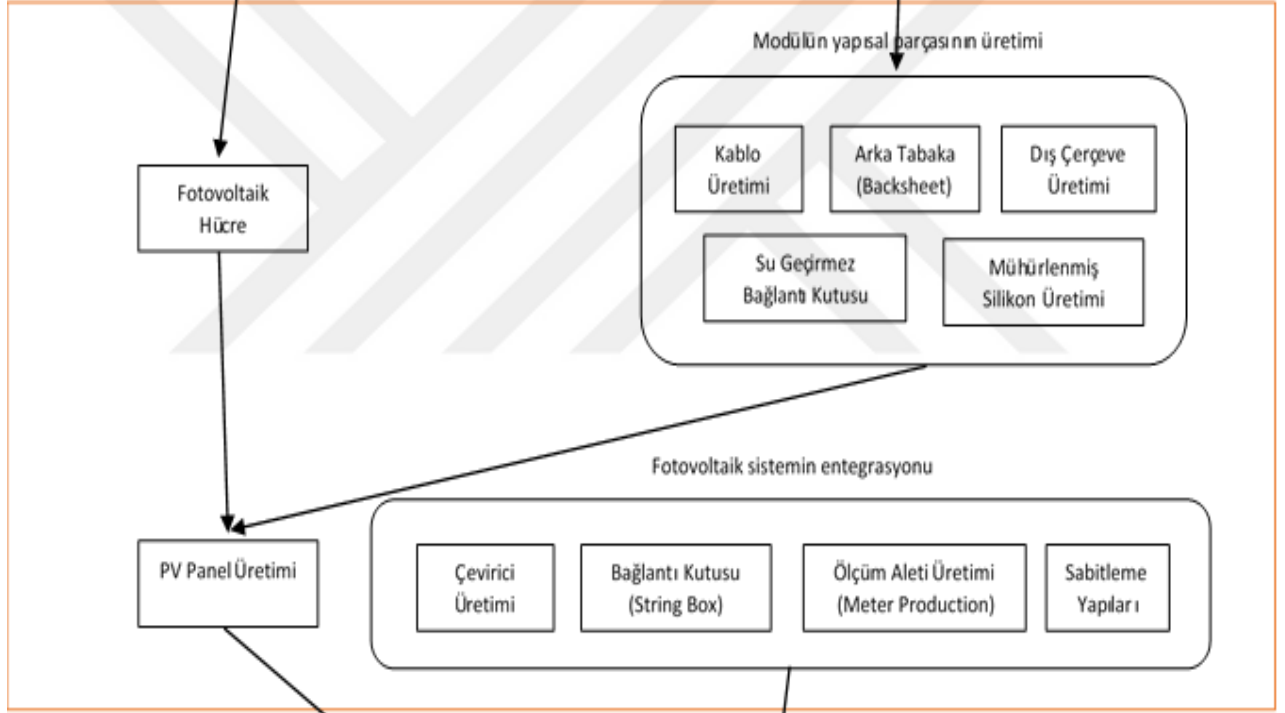
2.4.3 Aşağı akış

Bu aşama, panelin kurulumunu ve bakımını içeren aşamadır. Güneş enerjisi modülleri , güneş enerjisini elektriğe dönüştürmek için çatılara veya zemine kurulmaktadır. Burada iki türlü şebeke bağlantısından söz etmek mümkündür: şebeke içi ve şebeke dışı. Şebeke içi sistemlerde, kurulan PV sistem şebeke kaynağına bağlanır ve sistemin kurulduğu yerin aynı anda hem panelden gelen hem de şebekeden gelen elektriği kullanmasına izin verir. Şebekeden bağımsız sistemlerde ise, elektrik enerjisi tamamen güneş panellerinin ürettiği enerjiye bağlıdır.

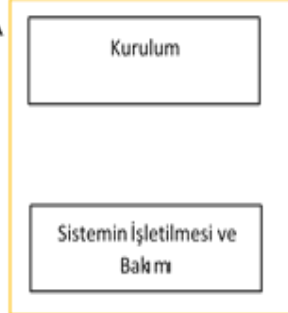
YUKARI AKIŞ



ORTA AKIŞ



YUKARI AKIŞ

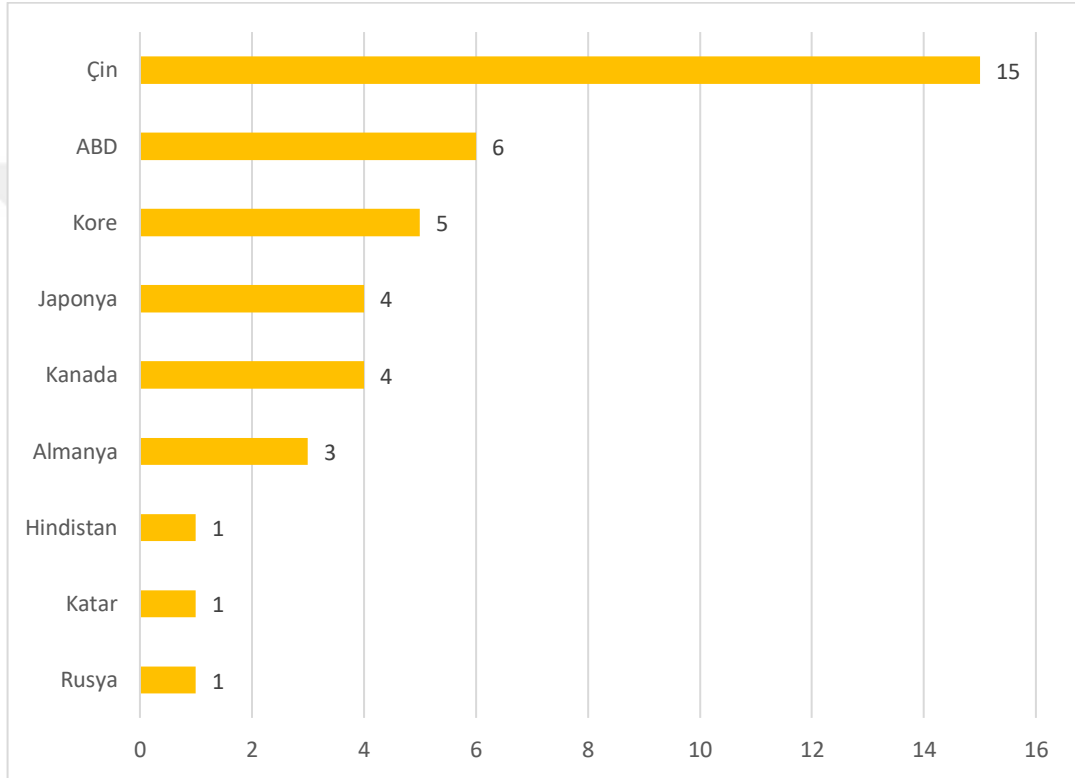


Şekil 2.3: PV güneş panelleri tedarik zinciri.

2.5 Firma Analizi

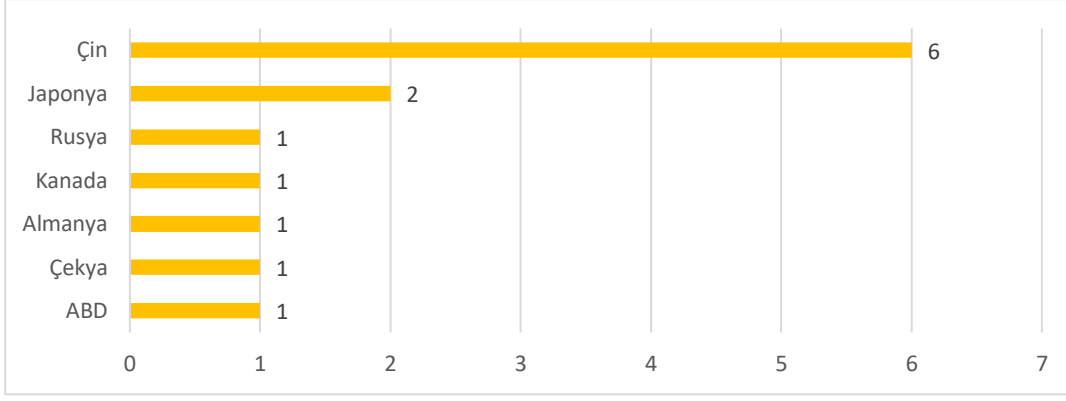
Dünya ile ilgili yapılan analiz, şekil 2.4'teki tabloya göre yapılmıştır. Daha ayrıntılı analiz Türkiye için bir sonraki bölümde yapılmıştır.

Dünya üzerinde polisilikon üreten firma sayısı toplamda 40 adettir [44]. Çin, 15 adet şirket ile polisilikon pazarında en fazla şirkete sahip ülke konumundadır. Çin'i; 6 adet ile Amerika Birleşik Devletleri, 5 adet ile de Kore takip etmektedir. Ülkelere göre polisilikon üreticileri sayısı Şekil 2.4'te verilmiştir.

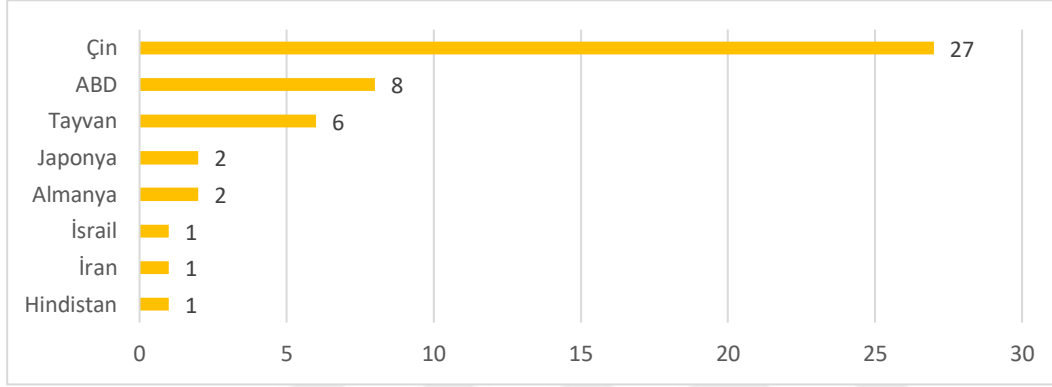


Şekil 2.4: Polisilikon üreten firmaların ülkelere göre dağılımı.

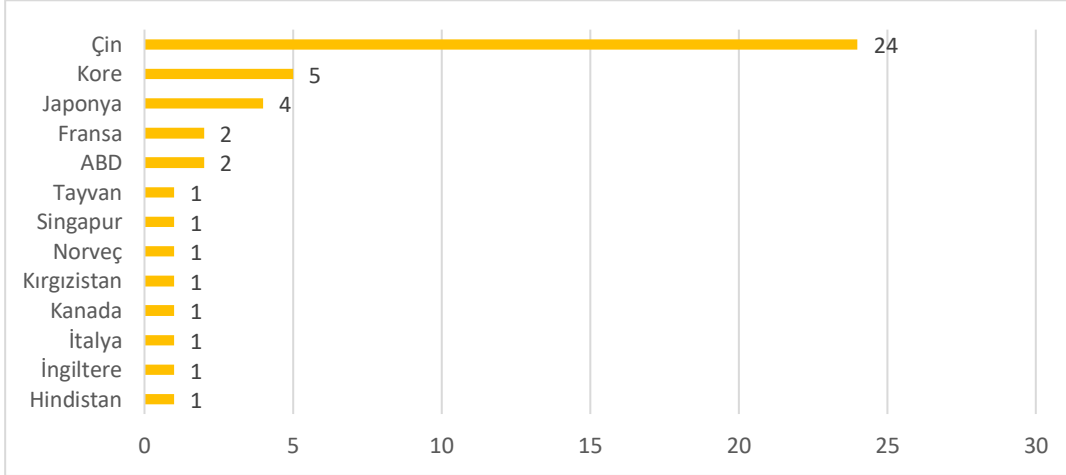
Silikon külçe ve silikon levha kısmında; bazı şirketler sadece külçe, bazı şirketler sadece levha üretimi yaparken, hem külçe hem de levha üretimi yapan şirketler de mevcuttur. Şu anda mevcut toplam 13 adet silikon külçe üreticisi, toplam 48 adet de silikon levha üreticisi bulunmaktadır. Hem silikon külçe hem de silikon levha üreten firma sayısı 45'tir. Şekil 2.5'te silikon külçe üreten firmaların, şekil 2.6'da silikon levha üreten firmaların, ve şekil 2.7'de hem silikon külçe hem de silikon levha üreten firma sayılarının ülkelere göre dağılımı gösterilmiştir [44].



Şekil 2.5: Silikon külçe üreten firmaların ülkelere göre dağılımı.



Şekil 2.6: Silikon levha üreten firmaların ülkelere göre dağılımı.

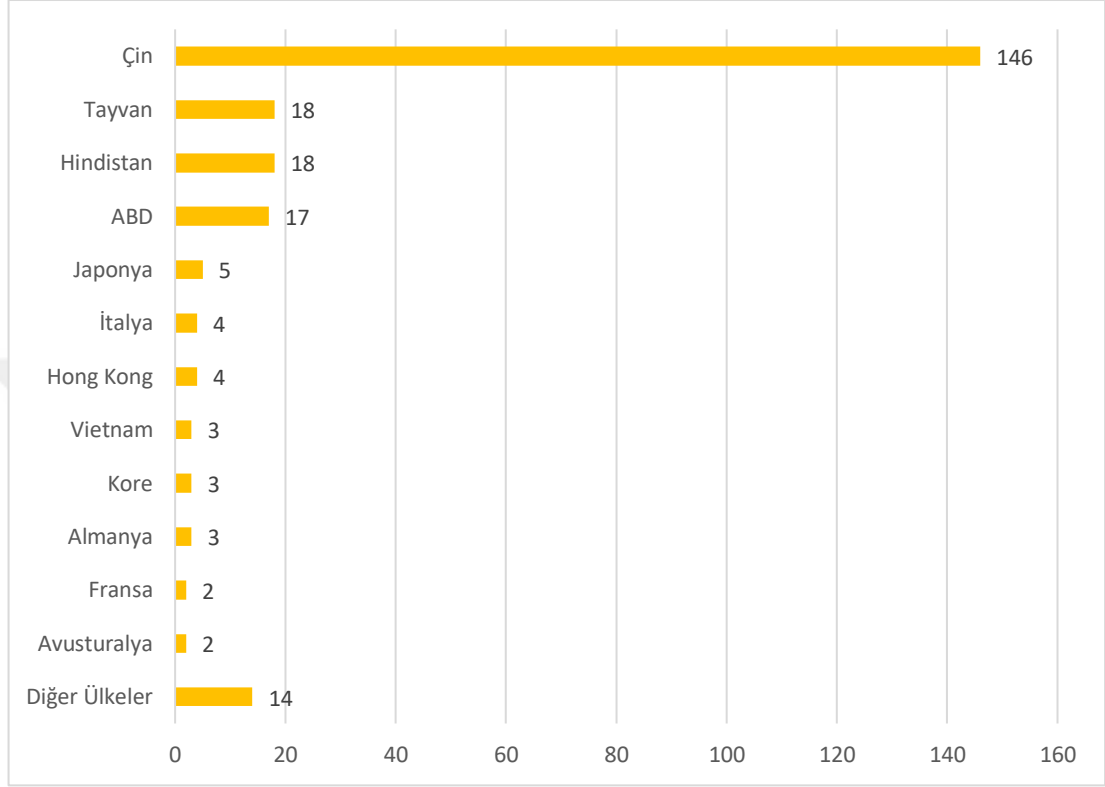


Şekil 2.7: Hem silikon hem de silikon levha üreten firmaların ülkelere göre dağılımı.

Şekil 2.5, 2.6 ve 2.7’den de anlaşılacağı üzere, hücre üretimi için gerekli olan silikon konusunda öncü olan firmalar Çin’dedir, bölge olarak baktığımızda ise Asya bölgesi ön plana çıkmaktadır.

Güneş hücresi üreten firmalara baktığımızda ise, şu anda toplam 239 adet üretici firmanın olduğunu söyleyebiliriz. Bu kısımda yine Çin diğer ülkelere göre büyük bir üstünlük kurmuş durumdadır. Toplamda 148 adet güneş hücresi üreticisini bünyesinde

barındıran Çin'in en yakın takipçisi, 18 firma sayısı ile Tayvan'dır. Bölge olarak baktığımızda ise, yine Asya bölgesinin bu konuda en önemli bölge olduğu rahatlıkla söylenebilir. Şekil 2.8'de güneş hücresi üreten firmaların ülkelere göre dağılımı gösterilmiştir [44].



Şekil 2.8: Güneş hücresi üreten firmaların ülkelere göre dağılımı.

Şekil 2.8'de yer alan “Diğer Ülkeler” kısmında; Danimarka, Finlandiya, İran, İsrail, İsveç, İsviçre, Kamboçya, Kanada, Malezya, Mısır, Rusya, Singapur, Tayland ve Türkiye’den birer adet firma bulunmaktadır.

2013 yılından bu yana, konut PV sektöründe, çok çeşitli ülkelerde kurulu maliyetlerde bir azalma eğilimi görülmektedir. Konut, çatı üstü güneş PV pazarı; sistemlerinin daha küçük ölçekli olması nedeniyle, genel olarak kamu hizmeti ölçeğindeki pazardan daha yüksek maliyetlere sahiptir. Piyasaya bağlı olarak, toplam kurulu sistem maliyetleri 2013 yılında 2401 \$/kW ile 5839 \$/kW arasındayken, 2020 yılında 658 \$/kW ile 3520 \$/kW arasına düşmüştür [45]. Çizelge 2.1 incelendiğinde, 2013 yılından itibaren Hindistan, en düşük maliyetli konut sistemleri için yeni bir ölçüt haline geldi, ancak daha sonra 2019'da Çin de Hindistan'la aynı seviyeye geldi. 2013 ile 2020 yılları arasında, ABD pazarı haricinde, diğer pazarlar Hindistan'a göre 2,5 ile 3 katı arasında seyretmiştir. Hindistan'da konut PV kurulum maliyeti, 2013 ile 2020 yılları arasında

%73 oranında düşmüştür. Diğer marketlerde bu düşüş daha yavaş bir şekilde gerçekleşmiştir. 2020 yılında; Japonya, İngiltere ve İsviçre’de fiyatlar Hindistan’a göre 3,3 ile 3,8 katı arasında daha fazla olmuştur.

Çizelge 2.1: Ülkeye göre konut güneş PV toplam kurulu maliyeti.

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Avusturalya	3712	3463	2223	2011	1758	1575	1307	1219
Brezilya	3992	3699	3497	2694	2150	1623	1308	982
Çin	2460	2356	1692	1609	1453	1091	850	746
Fransa	5839	4280	2386	2199	1989	1935	1875	1840
Almanya	2442	2254	1170	1723	1664	1766	1608	1609
Hindistan	2401	2301	1518	1341	1105	926	850	658
İtalya	3702	2466	2006	1823	1695	1544	1477	1357
Japonya	4654	3814	3351	2960	2716	2388	2276	2192
Malezya	2903	2893	2451	2252	1813	1483	1205	1083
Kore	3071	3091	2190	2102	1726	1544	1456	1196
Güney Afrika	4187	3726	3145	2950	2631	2256	1864	1575
İspanya	2903	2466	1778	1652	1526	1462	1426	1397
İsviçre	3908	3480	3253	3196	3118	2786	2582	2516
Tayland	4065	3156	2830	2757	2389	1966	1488	1354
İngiltere	3338	3514	3041	2699	2723	2627	2465	2218
ABD	4977	5010	4981	4328	3888	3744	3675	3520

3 TÜRKİYE’DE GÜNEŞ ENERJİSİ

3.1 Genel Bakış

3.1.1 Enerjinin insanlık için önemi

Enerjinin genel kapsamlı bir tanımını yapmak; pek çok forma dönüşebilmesi bakımından zor olsa da, kısaca iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanabilir. Endüstriyel anlamda ise, enerji üretebilme gücü anlamına gelir [46]. Günümüz dünyasında enerji; nüfusun talep ettiği enerjiyi karşılayabilmesi, sanayi, ulaşım ve benzeri alanlarda gelişimini devam ettirebilmesi, yani genel anlamda bir devletin varoluşunu devam ettirebilmesi için en önemli faktördür [47].

Enerji, iki kategoriye ayrılabilir: yenilenebilir enerji, yenilenemeyen enerji. Yenilenebilir enerji, direkt olarak doğanın kendisinden gelir ve sürekli olarak yenilenirler. Yenilenebilir enerji kaynaklarına örnek olarak güneş, rüzgâr, biokütle, jeotermal verilebilir. Yenilenemez enerji, bir diğer adıyla fosil yakıt kaynakları ise petrol, kömür, doğal gaz gibi yakıtlardır.

3.1.2 Fosil yakıtların çevreye verebileceği zararlar

Fosil yakıtlar; kömür, petrol, doğal gaz gibi yüksek miktarda karbon ve hidrojen içeren, sürdürülebilir olmayan yakıtlardır. Fosil yakıt tüketimi, doğadaki karbon emisyonu miktarını arttırmaktadır. Karbon miktarının artması ile birlikte atmosferde tutulan ısı artmış, bu da küresel ısınma gibi ciddi bir soruna yol açmıştır. Uluslararası Enerji Ajansı raporundaki değerlere göre, 2019 yılında dünyada üretilen elektrik enerjisinin %63’ü fosil yakıtlardan üretilmiştir [48]. Doğadaki karbondioksit emisyonun %28’i Çin’e aitken, Çin’i %15 ile Amerika Birleşik Devletleri ve %7 ile Hindistan takip etmektedir [49].

Fosil yakıtların kullanılması ile birlikte, sera gazını oluşturan karbondioksit, azot dioksit gibi gazların değerleri çok yüksek seviyelere ulaşmıştır. Sera gazlarının iklim üzerindeki olumsuz etkisini azaltmak amacıyla Türkiye’nin de aralarında bulunduğu Kyoto Protokolü ve Paris Antlaşması gibi uluslararası antlaşmalar imzalanmış,

böylece fosil yakıtların dünyaya vereceği zarar azaltılmaya çalışılmış ve toplumun bu konuda bilinçlenmesi ve farkındalığının artması amaçlanmıştır.

3.1.3 Güneş enerjisi nedir?

Güneş'in çapı yaklaşık 1,4 milyon kilometrekaredir ki bu değer Dünya'nın yaklaşık 109 katına denk gelir. Güneş sisteminin toplam kütesinin yaklaşık %99,86'sını oluşturur. Güneş'in kütesinin yaklaşık %75'i hidrojenden, geri kalanın büyük bölümü ise helyumdan oluşur. %2'den azı demir, oksijen, karbon, neon ve diğer elementlerdir. Güneş'in dünyadan ortalama uzaklığı yaklaşık $149,6 \times 10^6$ dır. Bu mesafeden ışığın Güneş'ten Dünya'ya ulaşması 8 dakika 19 saniye alır. Merkez sıcaklığı 0×10^6 K (Kelvin) ve yüzey sıcaklığı 5776 K kadardır. Güneş enerjisi, çekirdeğinde yer alan hidrojen gazını helyuma çeviren füzyon reaksiyonu sonucu var olan bir enerjidir [50]. Güneş enerjisi şiddeti atmosfer dışında 1370 W/m^2 'dır ve bu değer atmosferi geçtiğinde $0-1100 \text{ W/m}^2$ arasında değişebilir [51].

Güneş, Dünya'mız için en gerekli enerji kaynağıdır. Güneş enerjisi, Dünya üzerindeki madde ve enerji akışlarını var etmektedir. Dünya üzerinde bulundan diğer enerji türleri, doğrudan ya da dolaylı olarak güneş enerjisinin form değiştirmiş hali olarak karşımıza çıkar [53]. Güneş enerjisi, tükenmeyen ve oldukça bol olmasından dolayı, diğer enerji kaynaklarına göre daha fazla ön plana çıkmış durumdadır. Dünya üzerine gelen bir yıllık güneş enerjisinin, şu ana kadar tespit edilmiş fosil yakıt haznelerinin toplamının yaklaşık 160 katına eşit olması, güneş enerjisinin önemini açıkça vurgulamaktadır [52]. Yeryüzüne gelen bu enerjiyi etkin ve verimli bir şekilde kullanabilmek adına; güneş santralleri, güneş panelleri ve güneş kolektörleri gibi teknolojiler geliştirilmiştir [50].

Güneş'in bol ve tükenmeyen bir enerji kaynağı olmasından dolayı, elektrik üretimindeki payı her geçen yıl artmaktadır [46]. Özellikle son yıllarda yapılan yatırımlar sayesinde, güneş enerjisinden elektrik elde etmenin maliyeti önceki yıllara göre oldukça azalmış, kullanımı artmıştır. Güneş enerji sistemleri avantajları arasında; ihtiyaca göre kapasite ayarlanabilmesi, hızlı ve basit kurulabilir olması, uzun süreli enerji elde edilebilmesi yer alır. Bu sistemlerin dezavantajları olarak ise; enerjinin depolanması, sistemin herhangi bir şekilde gölgeye maruz kalmaması ve özellikle kış aylarında ışıının az olması dolayısıyla bu aylarda enerji üretiminin çok az olabilmesi gösterilebilir [51].

3.1.4 Dünya’da güneş enerjisinin yeri

3.1.4.1 Dünya’da tüketilen enerjinin kaynakları

2021 yılında elde edilen verilere göre, Dünya’da tüketilen enerji miktarı toplamda 163.709 TWh olmuştur. Diğer yıllarda karşılaştırıldığında, Dünya’da tüketilen enerjinin, 2020 yılı haricinde, her sene bir önceki seneden daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. 2015-2021 yılları arası Dünya enerji arzının TWh cinsinden değerleri Çizelge 3.1’de verilmiştir [54]. Çizelgede “Diğer” olarak verilen kısım; jeotermal, biokütle ve atık enerjisinin toplamıdır.

Çizelge 3.1: 2015-2021 yılları arası Dünya enerji arzı (TWh).

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Petrol	50796	51761	52516	53251	53369	48381	51170
Kömür	44054	43504	43752	44316	43700	41964	44473
Doğal Gaz	34769	35561	36529	38356	39063	38456	40375
Nükleer E.	6656	6715	6735	6856	7073	6789	7031
Hidro	10444	10741	10831	11068	11154	11414	11183
Rüzgar	2239	2576	3035	3360	3745	4193	4872
Güneş	686	877	1186	1525	1856	2222	2702
Biyoyakıt	905	947	973	1046	1120	1066	1140
Diğer	551	560	596	643	675	704	763
Toplam	151100	153241	156152	160420	161754	155188	163709

Çizelge 3.2, 2015-2021 yılları arasında Dünya’da tüketilen enerjinin kaynaklara göre dağılımı verilmiştir [54]. Çizelgeden de anlaşılabacağı üzere, bu yıllar arasında petrol, kömür, doğal gaz gibi yenilenemez enerji kaynaklarının tüketimi azalırken; rüzgar, güneş, jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı artmaya başlamıştır. Çizelgede “Diğer” olarak verilen kısım; jeotermal, biokütle ve atık enerjisinin toplamıdır.

Çizelge 3.2: 2015-2021 yılları arası Dünya enerji arzının kaynaklara göre dağılımı (%).

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Petrol	33,62	33,78	33,63	33,19	32,99	31,18	31,26
Kömür	29,16	28,39	28,02	27,62	27,02	27,04	27,17
Doğal Gaz	23,01	23,21	23,39	23,91	24,15	24,78	24,66
Nükleer E.	4,4	4,38	4,31	4,27	4,37	4,37	4,3

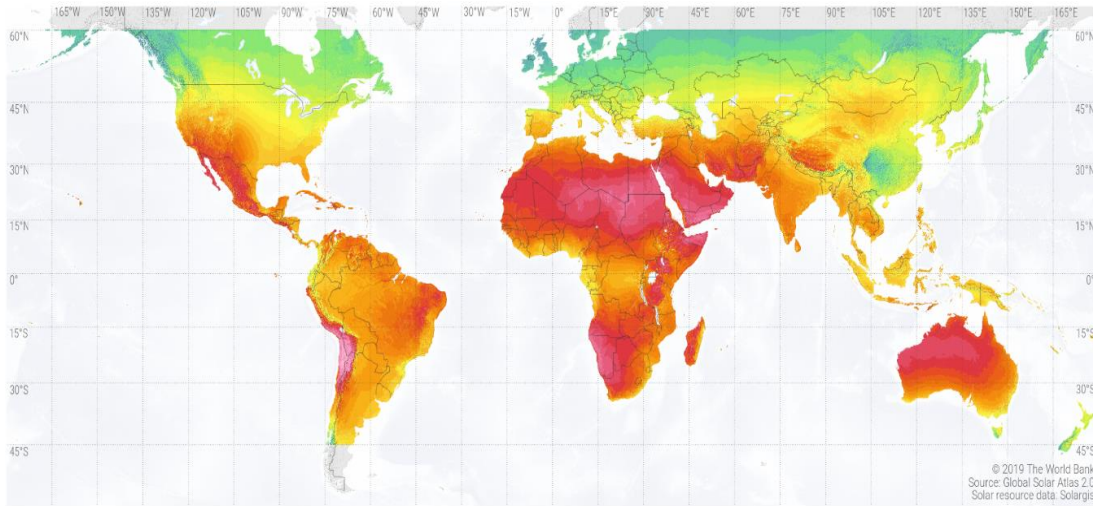
Çizelge 3.2(devam) : 2015-2021 yılları arası Dünya enerji arzının kaynaklara göre dağılımı (%).

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Hidro	6,91	7,01	6,94	6,9	6,9	7,35	6,83
Rüzgar	1,48	1,68	1,94	2,09	2,31	2,7	2,98
Güneş	0,45	0,57	0,76	0,95	1,15	1,43	1,65
Biyoyakıt	0,6	0,62	0,62	0,65	0,69	0,69	0,7
Diğer	0,36	0,37	0,38	0,4	0,42	0,45	0,47
Toplam	100	100	100	100	100	100	100

Yenilenebilir enerji kaynaklarına baktığımızda; bu kaynakların (rüzgar, güneş, biyoyakıt ve diğer) toplam enerji tüketimindeki payı 2015 yılında %2,89 olduğu, bu oranın 2021 yılında %5,8'e çıktığı gözlemlenmektedir.

3.1.4.2 Dünya coğrafyası ve güneş enerjisi potansiyeli

Dünya'nın 45° kuzey ve güney paralelleri arasında kalan bölge, güneş enerjisinden ekonomik olarak yararlanabilme imkânına sahiptir [53]. Özellikle güneş ışınlarının dik geldiği 23°27' kuzey ve güney enlemleri güneş enerjisi potansiyeli bakımından en verimli bölgedir. Dünya güneş enerjisi potansiyeli haritası Şekil 3.1'de gösterilmiştir [49].



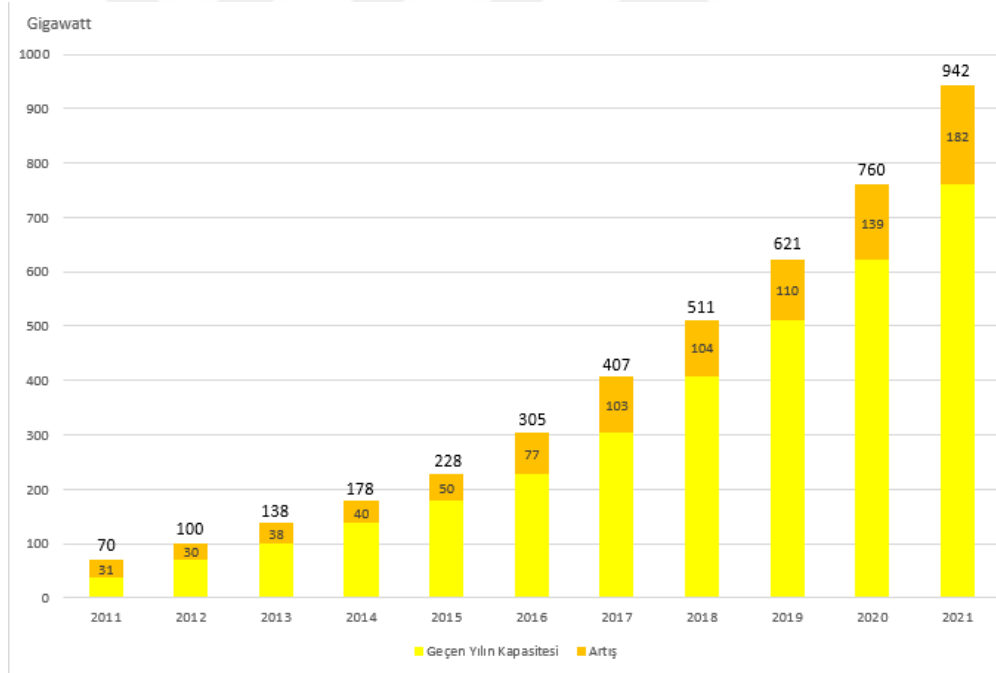
Şekil 3.1: Dünya Güneş enerjisi haritası (kWh/m2).

Güneş enerjisi bakımından potansiyeli en yüksek ülkeler; Afrika'nın kuzey ve güney bölgelerinde, Arap yarımadasında, Avusturalya ve Güney Amerika'da olmasına rağmen, güneş enerjisi yatırımları Çin, Almanya ve Amerika gibi güneş enerjisi potansiyeli az olan bölgelerdeki ülkelerde görülmektedir.

3.1.4.3 Ülkelerin kurulu güneş enerjisi ve geçmiş ile kıyaslaması

2012 yılı haricinde, 2021 yılına kadar dünyadaki PV kapasite artış miktarı bir önceki seneye göre artış göstermiştir. Her ne kadar 2020 yılından itibaren Dünya’da varlığı oldukça güçlü hissettiren COVID-19 virüsü insanların yaşam şartlarını zorlaştırsa da, bu durum PV güç sistemlerinin artışını etkilememiş gibi görünüyor. 2020 yılında 139 GW artışla toplamda 760 GW kapasiteye ulaşan PV kapasite miktarı, 2021 yılında 182 GW artarak toplamda 942 GW’a ulaşmıştır. Diğer yıllarda ulaşılan kapasite ve artış miktarı Şekil 3.2’de gösterilmiştir [55].

Ülkelerin PV güneş enerjisi sistemlerine olan talebi her yıl artıyor ve bu ilerideki yıllarda artacak gibi görünüyor. 2020 yılında yaklaşık 20 ülke PV kapasitesine en az 1 GW’lık bir ekleme yaptı, bu sayı 2019 yılında 18’di. 2020 yılı sonuna gelindiğinde ise, en az 42 ülkenin PV kapasitesinin 1 GW ya da daha fazla olduğu tespit edilmiştir [2].



Şekil 3.2: Dünya'daki PV kapasitesinin yıllara göre artışı ve kapasite miktarı.

PV sistemler, ülkelerin elektrik üretiminde git gide daha da belirgin bir yer almaya başlamıştır. 2020 yılının sonunda; en az 15 ülkenin, toplam ürettiği elektrik miktarının %5 ya da daha fazlasını PV sistemlerin oluşturduğu gözlemlenmiştir. Honduras %11,2 ile ilk sırada yer almaktadır; Honduras’ı Almanya %10,5, Yunanistan %10,4, Avusturalya %9,9, Şili %9,8, İtalya %9,4 ve Japonya %8,5 ile takip etmektedir. Kapasite ekleme miktarına bölge olarak baktığımızda, Asya’nın son 8 yılda olduğu

gibi yine en fazla PV kapasite ekleyen bölge olduğu görülmektedir. Dünya’da eklenen toplam kapasitenin %58’i Asya bölgesine aittir. Asya’yı %18 ile Amerika, %16 ile Avrupa bölgesi takip etmektedir. Ülke bazında baktığımızda ise Dünya üzerindeki en büyük pazarı oluşturan Çin, Amerika Birleşik Devletleri, Vietnam, Japonya ve Almanya, yeni eklenen kapasitenin toplam %66’ından sorumludur. Bu ülkelerden sonraki en büyük 5 pazar ise Hindistan, Avusturalya, Kore Cumhuriyeti, Brezilya ve Hollanda’dır. Toplam PV kapasite bakımından lider ülkeler sırasıyla Çin, Amerika Birleşik Devletleri, Japonya, Almanya ve Hindistan olurken; kişi başına kapasitede ise Avusturalya, Almanya ve Japonya öne çıkmaktadır [2]. Çin, özellikle son yıllarda güneş enerjisine yaptığı yatırımlar ve yüksek miktardaki kapasite artışıyla, bu alanda dünyanın önde gelen ülkesi olmayı sürdürüyor. Sadece 2020 yılında PV kapasitesini 48,2 GW arttıran Çin, toplamda kapasitesini 250 GW’ın üstüne çıkarmıştır. Çin’i, kapasitesini 19,2 GW arttırarak toplam kapasitesini 100 GW’a yaklaştıran Amerika Birleşik Devletleri takip etmektedir.

3.1.5 Türkiye’de güneş enerjisi

3.1.5.1 Coğrafi konum ve bununla gelen güneş enerjisi potansiyeli

Dünya üzerindeki konumu itibarı ile, güneş enerjisi bakımından ülkemiz oldukça avantajlı bir konumdadır. Türkiye, bu avantajlı konumuna rağmen güneş enerjisi potansiyelini kullanmada istenilen düzeyde değildir [56]. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nın hazırladığı Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) göre, ortalama yıllık güneşlenme süresi 2741 saat, yıllık toplam ışıınım değeri 1527,46 kWh/m² olarak belirtilmiştir [57]. Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nün 2017 yılındaki aylık ortalama güneşlenme süresi verilerine göre, güneşlenme süresi temmuz ayında 10,96 saat/gün ile en yüksek değere ulaşırken, aralık ayında 3,27 saat/gün ile en düşük değerini almaktadır. Aylara göre ortalama güneşlenme süresi Çizelge 3.3’te verilmiştir [58]. Güneş kaynaklı elektrik üretim kapasitesinin teknik kapasitesi 405 milyar kWh/yıl, ekonomik potansiyeli 380 milyar kWh/yıl olarak öngörülmüştür [59]. Şekil 3.3’te Türkiye Güneş enerjisi potansiyeli atlası gösterilmiştir [57].

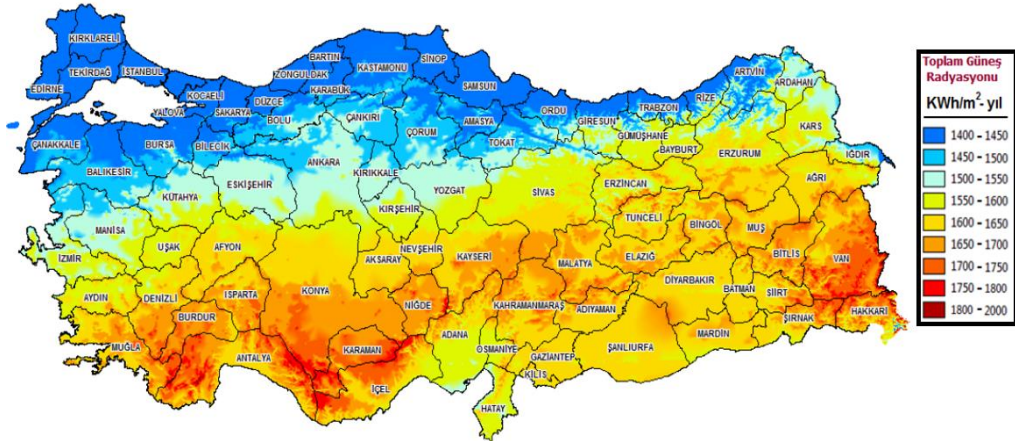
Çizelge 3.3: Türkiye aylık ortalama güneşlenme saati.

Aylar	Güneşlenme Saati (saat/gün)
Ocak	3,57
Şubat	4,44

Çizelge 3.3(devam) : Türkiye aylık ortalama güneşlenme saati.

Aylar	Güneşlenme Saati (saat/gün)
Mart	5,61
Nisan	6,75
Mayıs	8,56
Haziran	10,3
Temmuz	10,96
Ağustos	10,42
Eylül	8,82
Ekim	6,46
Kasım	4,79
Aralık	3,27

Türkiye güneş enerjisi potansiyeli atlası incelendiğinde, özellikle Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinin güneş radyasyonu bakımından en verimli bölgeler olduğu söylenebilir. Kuzeye doğru gidildikçe, ısınım değerleri de düşmeye başlar. Özellikle Karadeniz bölgesi hem konumundan hem iklim özellikleri bakımından diğer bölgelere kıyasla güneşten en az yararlanan bölgedir.



Şekil 3.3: Türkiye Güneş enerjisi potansiyeli atlası.

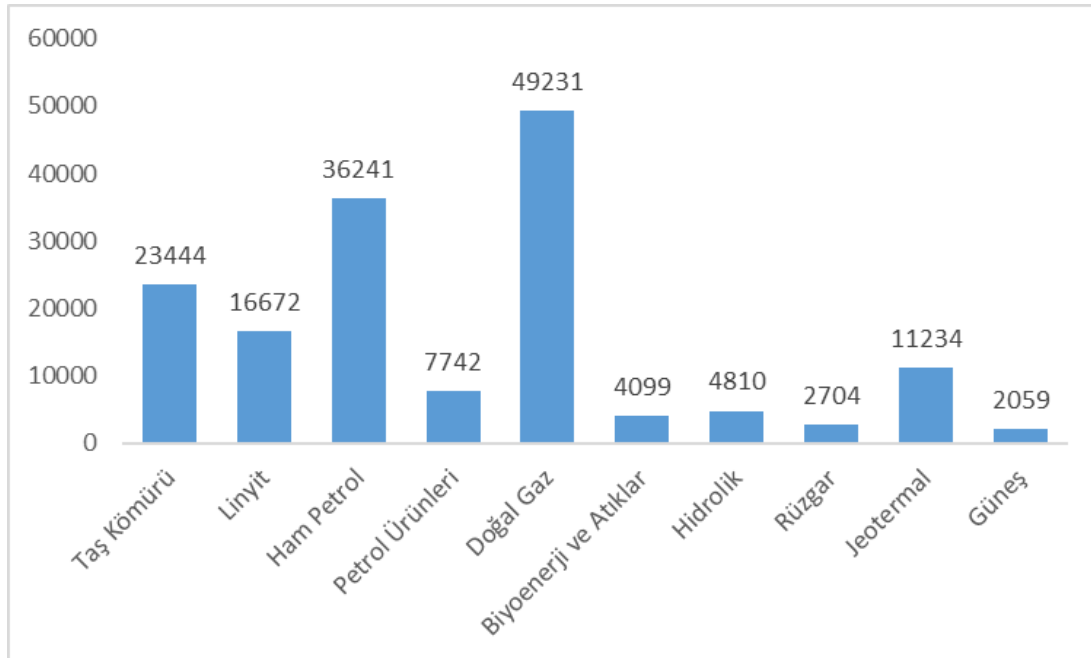
3.1.5.2 Türkiye'nin enerji kaynakları, kurulu güçleri ve bunların arasında güneşin yeri

Türkiye'nin 2021 yılındaki birincil enerji arzı 159.432 bin tep (ton eşdeğer petrol) olup, bu değer geçen seneye göre %8,33'lük bir artış göstermiştir. Türkiye'nin birincil enerji kaynaklarından petrolün, doğal gazın, katı yakıtın ve yenilenebilir enerji kaynaklarının geçen seneki değişime bakıldığında; petrol arzının %4,25 artarak 43.983 bin tep, doğal gaz arzının %23,68 artarak 49.231 bin tep, yenilenebilir enerji arzının %1,22 artarak 24.906 bin tep seviyesine ulaştığı gözlemlenmiştir. Yenilenebilir enerji

kaynakları daha detaylı incelendiğinde ise; rüzgar %26,65, güneş %15,41, jeotermal %6,22 ve biyoenerji %20,7 oranında artış göstermiştir. Türkiye'nin 2015-2021 yılındaki enerji arzının kaynaklara göre dağılımı bin tep cinsinden Çizelge 3.4'te gösterilmiştir [3]. Şekil 3.4, Türkiye'nin 2021 yılındaki enerji arzının kaynaklara göre dağılımının grafiğe dökülmüş halidir.

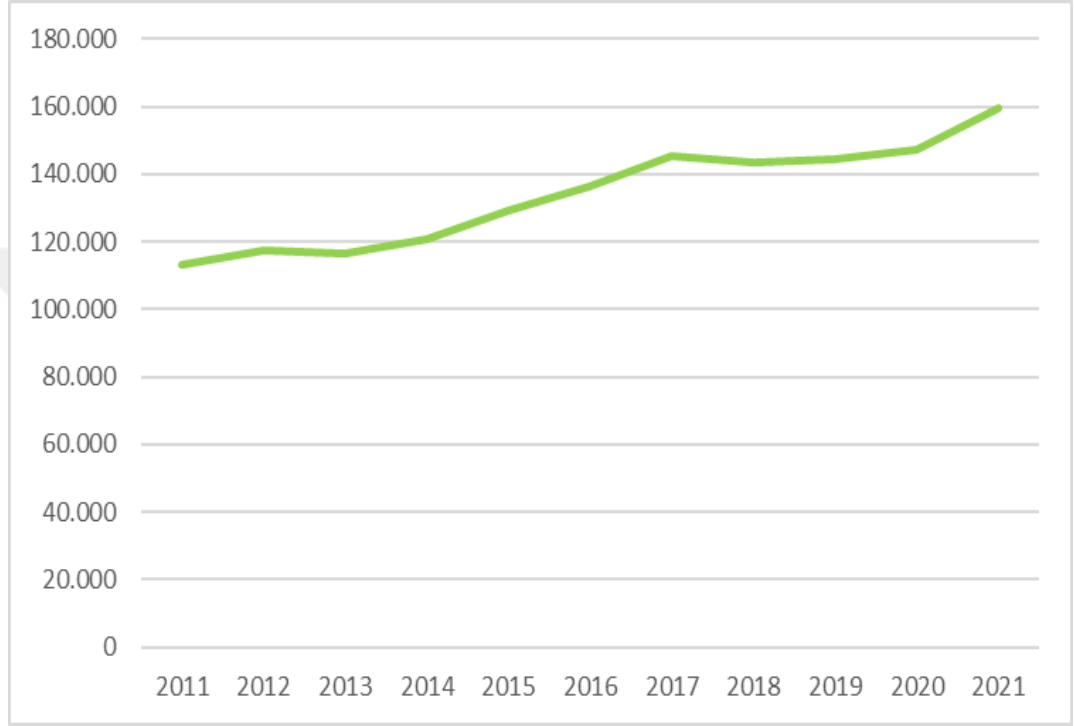
Çizelge 3.4: 2015-2021 yılları arası Türkiye enerji arzı (Bin TEP).

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Taş Kömürü	22428	23597	24707	24679	25120	25449	23444
Linyit	11446	13556	13791	15086	15453	13863	16672
Ham Petrol	28015	28709	29491	25099	35448	34393	36241
Petrol Ürünleri	11194	13495	14786	16814	5821	7797	7742
Doğal Gaz	39651	38338	44319	41171	37128	39806	49231
Biyoenerji ve Atıklar	2938	2843	2531	3014	3157	3396	4099
Hidrolik	5575	5782	5007	5155	7639	6716	4810
Rüzgar	1002	1334	1540	1716	1869	2315	2704
Jeotermal	4805	6034	7128	8343	9651	10576	11234
Güneş	828	917	1091	1547	1622	1784	2059
Toplam	129139	136229	145305	143666	144205	147168	159432



Şekil 3.4: Türkiye'nin 2021 yılındaki enerji arzının kaynaklara göre dağılımı (Bin tep).

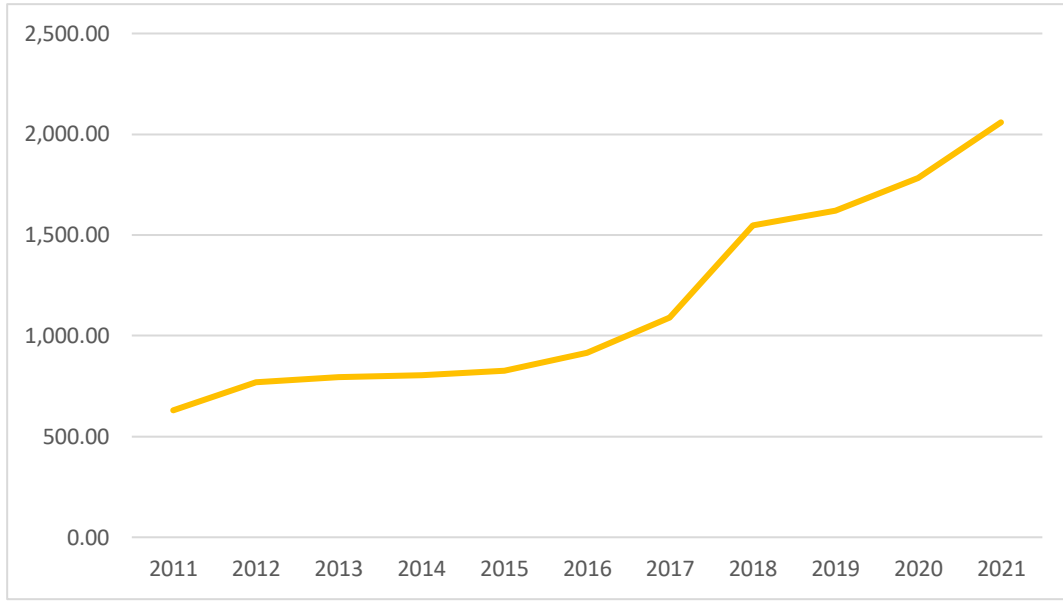
Türkiye'nin toplam enerji arzının yıllara göre değişimi Şekil 3.5'te verilmiştir. 2017 yılından itibaren bir miktar düşüş görünse de, 2020 yılında tekrardan bu seviye yakalanmıştır. Türkiye'nin 2020 yılındaki enerji arzı, 2019 yılına göre %2,05 artarak 147.168 bin TEP olmuştur. Enerji arzı miktarı 2017 yılında 145.305 bin TEP olurken; 2018 yılında 143.666 bin TEP, 2019 yılında 144.205 bin TEP, 2020 yılında 147.168 bin tep ve 2021 yılında 159.432 bin tep olmuştur [3].



Şekil 3.5: Türkiye'nin enerji arzının yıllara göre değişimi (Bin TEP).

3.1.5.3 Türkiye güneş enerjisi kurulu gücü

Şekil 3.6'da Türkiye'nin güneş enerjisinden faydalanma miktarının yıllara göre değişimi gösterilmiştir [60]. Grafiğe göre 2012'den 2014'e kadar bir durgunluk gözlenirse de genel olarak güneş enerjisi kullanımında hızlı bir artış olduğu söylenebilir. 2014 yılına kadar sadece konutlarda ve bir takım ısıtma ve kurutma işlemi için sanayide kullanılsa da, günümüze gelindiğinde ise güneş enerjisi, enerji gerektirebilecek her alanda kendine yer bulmaya başlamıştır [59]. Tarımsal sulamada ve bazı belediyelerin havalimanlarında güneş enerjisi sistemleri kullanılması, buna verilebilecek örneklerdendir. Bu gelişmelerle birlikte, 2015 yılından itibaren güneş enerjisi kullanımında çok ciddi bir artış gözlenmiştir. 2014 yılında 803 bin TEP olan bu sayı, 2021'de 2.059 bin TEP'e çıkmıştır. Bu artışın önümüzdeki yıllarda da sürdürülmesi beklenmektedir.



Şekil 3.6: Türkiye’de güneş enerjisinden faydalanma miktarının yıllara göre değişimi (Bin Tep).

3.1.5.4 Türkiye’de güneş enerjisinin kullanım şekli

Ülkemizde güneş enerji sistemlerinden olan sıcak su ısıtma sistemlerini yaygın olarak kullanmaktadır [52]. İlk olarak 1975 yılında İzmir’de üretilmiş olan bu sistem varlığı halen sürdürmektedir [61]. 2001 yılı itibarı ile güneş kolektörleri miktarı 7,5 milyon m² iken, bu sayı 2012 yılında 18,6 milyon m²’ye yükselmiştir [56]. Aynı yıl içerisinde, güneş kolektörleri ile elde edilen ısı enerjisi miktarı yaklaşık 768.000 TEP olmuştur.

Günümüzde, COVID-19 salgının da etkisiyle, ısı güneş enerjisi sektöründeki kapasite artışındaki düşüş devam etti. 2019 yılı itibarı ile eklenen kapasite 26,1 GWth olurken, bu sayı 2020 yılında %3,6 azalarak 25,2 GWth olmuştur. Isıl güneş enerjisi sektöründeki lider ülkelerin sırası, bu yılda da değişmemiştir. Türkiye, Çin’den sonra en fazla ısı güneş enerjisi kapasitesini arttıran ülke olmuştur. Çin ile Türkiye’yi Hindistan, Brezilya ve Amerika Birleşik Devletleri izlemektedir [2].

Güneş ışınlarının, yarı silikon maddelerden oluşan piller sayesinde elektrik enerjisine dönüştürülüp kullanılması esasına dayanır. Bir pilin (hücre olarak da isimlendirilir) alanı yaklaşık olarak 100 cm² civarındadır, kalınlığı ise 0,2-0,4 mm arasında değişebilir. Hareketli parçaları olmadığından mekanik aşınmaya uğramazlar, uzun ömürlüdürler ve çevreyi kirletmezler. Güç talebine bağlı olarak paneller birbirine seri ya da paralel bağlanarak istenilen güçte bir sistem oluşturmak mümkündür.

Türkiye, 2010 yılında yenilenen ve 2013 yılında yürürlüğe giren 5346 sayılı “Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kanunu” ile PV sistemlerin yaygınlaşması amaçlanmıştır [56]. PV sistemlerin maliyetinin azalması ve panel verimliliğindeki artıştan dolayı, ülke genelinde PV sistemleri kullanımı da artmıştır. 2014 yılında 40,2 MW kurulu güce sahip olan Türkiye, 5 sene içerisinde bu sayıyı 5995,2 MW’a çıkarmıştır. Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ) Aralık 2021 Kurulu Güç Raporu’na göre, 2021 yılındaki kurulu gücü 7815,6 MW olarak tespit edilmiştir [60].

3.1.5.5 Lisanssız elektrik üretimi

Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği’nin temel amacı; ülkedeki hanelerin, kamu ve özel kuruluşların herhangi bir lisans alma ya da şirket açma faaliyeti içine girmeden, elektrik ihtiyaçlarını mümkün olduğunca kendi üretim tesisinden karşılamasını yaygınlaştırmaktır. Bu sayede insanlar hem elektrik ihtiyaçlarını kendisine en yakın üretim yerinden karşılayarak elektrik dağıtım maliyetlerinin azaltılmasına, hem de üretim fazlasını tekrardan sisteme kazandırarak ülke ekonomisine katkı sağlayabilirler [62].

Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu (EPDK), 2011 yılında lisanssız elektrik üretimine izin veren bir yönetmelik yayınladı ve üst sınırı 500 kW olarak belirledi. Bu sınır 2013 yılının Mart ayında 1 MW’ye çıkarıldı [63]. Mayıs 2019’da açıklanan yönetmeliğe göre, 1 MW olan üst sınır 5 MW’a çıkarılmıştır [64].

TEİAŞ’ın kurulu güç raporlarına göre Türkiye’deki lisanssız güneş santralleri kurulu gücü ve adedi Çizelge 3.5’te gösterilmiştir [60]. Tablodan da anlaşılabacağı üzere, lisanssız güneş santralleri kurulu gücü ve adedi her sene artış göstermiştir. 2019 yılında 5825,5 MW olan kurulu güç, bir sonraki sene %7,4 artarak 6257,6 olmuştur. 2021 yılında ise, kapasite %10’luk bir artış göstererek 6907,8 MW olmuştur. Lisanssız santral adedine bakacak olursak, 2019 yılında 6884 olan bu sayı 2020 yılında 7481’e çıkmıştır. 2021 yılının sonuna gelindiğinde ise, bu sayı daha da artarak 8352 olmuştur.

Çizelge 3.5: 2019-2021 yılları arasında Türkiye’deki lisanssız güneş santralleri kurulu gücü ve adedi.

Yıl	Kurulu Güç (MW)	Adet
2019	5825,5	6884
2020	6257,6	7481
2021	6907,8	8352

3.1.5.6 Lisanslı elektrik üretimi

TEİAŞ'ın verilerine göre, 2019 yılı aralık ayında toplamda 17 adet lisanslı güneş enerjisi santrali varken, bu sayı aralık 2020'de 37'ye yükselmiştir. 2021 aralık ayında bu sayıda herhangi bir artış ya da azalış olmamıştır. Üretim açısından bakacak olursak aynı ay için 2019 yılındaki üretim miktarı 169,7 MW olurken, 2020 yılında 409,8, 2021 yılında ise 907,9 MW olmuştur [60].

EPDK verilerine göre, 2019 ve 2021 aralık ayları arasında yürürlükte olan toplam 21 proje bulunmaktadır. 2 adet proje bu süreç içerisinde sonlandırılmıştır. Bu projelerin kurulu güçleri sırası ile 1234,36 ve 27 MWe'tir. Bu tarihler arasında yürürlükte olan santrallerin toplam kapasitesi 1261,364 MWe olup, işletmeye alınan kapasitesi 712,834 MWe olmuştur. Çizelge 3.6'da, Aralık 2019-Aralık 2020 itibariyle lisanslı santrallerin kapasiteleri ve durumları verilmiştir [64].

Çizelge 3.6: Aralık 2019-Aralık 2020 itibariyle lisanslı santrallerin kapasiteleri ve durumları.

Toplam Elektriksel Kapasite (MWe)	Toplam İşletmedeki Kapasite (MWe)	Toplam İşletmeye Alınmamış Kapasite (MWe)
1261,364	712,834	548,53

Çizelge 3.7'de, lisans başvurularının durumu ve kapasiteleri gösterilmiştir [64]. Bu tarihler arasında değerlendirilmede ya da askıda olan bir proje bulunmamaktadır.

Çizelge 3.7: Aralık 2019- Aralık 2021 yılları arasındaki lisans başvurularının durumu.

Lisans Durumu	Proje Sayısı	Kurulu Güç (MWe)
Yürürlükte	21	1234,36
Sonlandırıldı	2	27

3.2 Türkiye'de Çatı Güneş Tedarik Zinciri Analizi

PV tedarik zincirinin yukarı akış bölümünü oluşturan malzemeler, genellikle Türkiye'nin dışa bağımlı olduğu malzemelerdir. Yapılan araştırmalarda; Türkiye içerisinde, PV panel için gerekli olan polisilikon materyaller ve silikon külçe üretimi yapan bir firmaya rastlanmamıştır. Türkiye silikon levha ithalatında Asya pazarına bağımlıdır. Yapılan ithalatın %95,7'si Çin'le yapılırken, Çin'i %3 ile Malezya takip etmektedir [65].

Modülün yapısal kısmı için gerekli olan hammaddeler kısmında; demir, alüminyum, cam ve enkapsülen bulunmaktadır. Demir ithalatının büyük bir kısmı Almanya ile yapılmaktadır. %66,5 ile bu alanda zirvede bulunan Almanya'yı, %14 ile İsviçre takip etmektedir. Alüminyum, diğer hammaddeler arasında ithalat ülke çeşitliliği en fazla olan hammaddedir. Türkiye'nin birincil alüminyum üreten tek tesisi, yıllık üretim kapasitesi 82 bin ton/yıl olan Seydişehir Alüminyum Tesisleri'dir [66]. Dolayısıyla ülkenin alüminyum ihtiyacı, dışarıdan sağlanmak zorundadır. Cam ithalatının büyük bir kısmı, silikon külçede olduğu gibi Asya ile yapılmaktadır. Yapılan ithalatın %55'il Malezya ile yapılırken, %19,2'si Çin ile yapılmaktadır. Enkapsülen ithalatı, alüminyum gibi çok çeşitli ülkeler ile yapılmaktadır. Yapılan araştırmalarda, Türkiye'de enkapsülen üreten yalnızca 2 adet firmaya rastlanmıştır. Çizelge 3.8'de Türkiye'nin silikon levha ithalatı yaptığı ülkeler, Çizelge 3.9'da demir ithalatı yaptığı ülkeler, Çizelge 3.10'da alüminyum ithalatı yaptığı ülkeler, Çizelge 3.11'de cam ithalatı yaptığı ülkeler, Çizelge 3.12'de ise enkapsülen ithalatı yaptığı ülkeler ve ithalat değerine göre yüzde payları gösterilmiştir [65].

Çizelge 3.8: Türkiye'nin silikon levha ithalatı yaptığı ülkeler.

Silikon Levha (GTİP: 381800100000), 2021	İthalat Değeri (bin \$)	% Payı (İthalat Değerine Göre)
Çin	8792	95,7
Malezya	271	3
Almanya	44	0,5
ABD	36	0,4
Kanada	12	0,1
Rusya	12	0,1
İsviçre	7	0,1

Çizelge 3.9: Türkiye'nin demir ithalatı yaptığı ülkeler.

Demir (GTİP: 730120), 2021	İthalat Değeri (bin \$)	% Payı (İthalat Değerine Göre)
Almanya	313	66,5
İsviçre	66	14
ABD	51	10,8
Belçika	18	3,8
Rusya	10	2,1
Kanada	5	1,1
Birleşik Krallık	3	0,6
Hollanda	2	0,4
Polonya	1	0,2

Çizelge 3.9(devam) : Türkiye'nin demir ithalatı yaptığı ülkeler.

Demir (GTİP: 730120), 2021	İthalat Değeri (bin \$)	% Payı (İthalat Değerine Göre)
Bulgaristan	1	0,2
Çin	1	0,2

Çizelge 3.10: Türkiye'nin alüminyum ithalatı yaptığı ülkeler.

Alüminyum (GTİP: 7601), 2021	İthalat Değeri (bin \$)	% Payı (İthalat Değerine Göre)
Rusya	1221076	25,6
Hindistan	907916	19
Malezya	511004	10,7
Iran	449350	9,4
Katar	342527	7,2
Bahreyn	267622	5,6
Kazakistan	250399	5,2
BAE	237555	5
Umman	159348	3,3
Tacikistan	68724	1,4
Venezuela	55265	1,2
Vietnam	54196	1,1
Azerbaycan	47311	1
Suudi Arabistan	26215	0,5
İspanya	24477	0,5
Güney Afrika	21906	0,5
Irak	20711	0,4
Özbekistan	14380	0,3
İtalya	12011	0,3
Türkmenistan	10968	0,2
Mısır	9520	0,2
Almanya	6780	0,1
Suriye	6429	0,1
Kanada	5846	0,1
Avustralya	4603	0,1
Arnavutluk	4269	0,1
Libya	4024	0,1
Macaristan	2988	0,1
Romanya	2660	0,1
Hollanda	2614	0,1

Çizelge 3.11: Türkiye'nin cam ithalatı yaptığı ülkeler.

Cam (GTİP: 700719), 2021	İthalat Değeri (bin \$)	% Payı (İthalat Değerine Göre)
Malezya	56235	55
Çin	19644	19,2
Vietnam	7307	7,1

Çizelge 3.11(devam) : Türkiye'nin cam ithalatı yaptığı ülkeler.

Cam (GTİP: 700719), 2021	İthalat Değeri (bin \$)	% Payı (İthalat Değerine Göre)
Iran	6327	6,2
Hindistan	4202	4,1
İtalya	3780	3,7
Fransa	1714	1,7
Almanya	868	0,8
Bulgaristan	799	0,8
Ukrayna	507	0,5
Polonya	299	0,3
Birleşik Krallık	204	0,2
Hollanda	83	0,1
Rusya	55	0,1

Çizelge 3.12: Türkiye'nin en kapsülen ithalatı yaptığı ülkeler.

En kapsülen (GTİP: 392010250000), 2021	İthalat Değeri (bin \$)	% Payı (İthalat Değerine Göre)
Çin	12200	19,4
İsveç	8478	13,5
İtalya	7484	11,9
Almanya	7194	11,4
İspanya	3485	5,5
Malezya	2912	4,8
Iran	2773	4,4
Belçika	2720	4,3
ABD	2228	3,5
Suudi Arabistan	2036	3,2
Hollanda	1604	2,5
Fransa	1314	2,1
Polonya	1296	2,1
Türkmenistan	1041	1,7
İsrail	966	1,5
Kore	823	1,3
İsviçre	568	0,9
Romanya	521	0,8
Kanada	454	0,7
Macaristan	420	0,7
Çekya	417	0,7
Yunanistan	363	0,6
Finlandiya	356	0,6
Birleşik Krallık	285	0,5
Danimarka	200	0,3
Bulgaristan	173	0,3
Mısır	122	0,2

Çizelge 3.12(devam) : Türkiye'nin enkapsülan ithalatı yaptığı ülkeler.

Enkapsülan (GTİP: 392010250000), 2021	İthalat Değeri (bin \$)	% Payı (İthalat Değerine Göre)
Tayvan	105	0,2
Lübnan	93	0,1
Lüksemburg	67	0,1
Hindistan	56	0,1
Portekiz	49	0,1
Slovakya	45	0,1
Tayland	40	0,1

3.2.1 Firmalar

Türkiye’de toplamda 42 adet monokristal panel, polikristal panel ya da her iki malzemeden de panel üreten firma vardır. Sadece monokristal panel üreten 5, sadece polikristal panel üreten 6 adet firma bulunmaktadır. Kalan 31 firma hem monokristal panel hem de polikristal panel üretmektedir. Şekil 3.7’de Türkiye’de yer alan firmaların illere göre dağılımı verilmiştir [67].

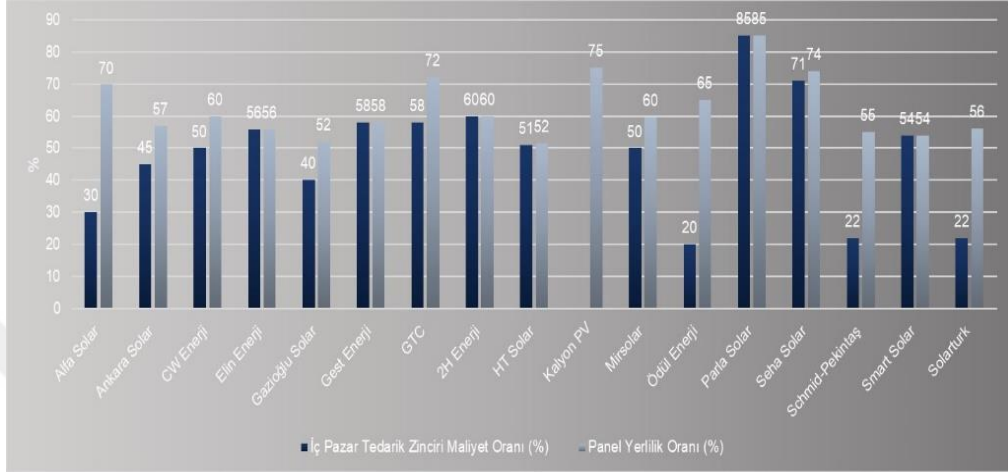


Şekil 3.7: Türkiye’deki panel üreticileri sayılarının illere göre dağılımı.

Yapılan araştırmalarda, Türkiye’de en fazla panel üreten firma İstanbul’da bulunmaktadır. Toplamda 8 adet firma bulunan İstanbul’u, 7 ile Ankara takip etmektedir. Türkiye’de monokristal PV panel, polikristal PV panel, hem monokristal hem de polikristal panel, , montaj sistem gereksinimleri, kablo, inventer, bağlantı kutusu , çerçeve, PV test cihazı, sensör ve dedektör üreten ve PV sistemlerin montajını yapan firmalara ait bilgiler; Çizelge A.1-A.10 arasında verilmiştir [67].

Şekil 3.8’de, Türkiye’deki bazı PV üretici firmaların iç pazar tedarik zinciri maliyet oranı ve panel yerlilik oranı gösterilmektedir [68]. Tablodaki değerle incelendiğinde,

en düşük panel yerlilik oranı %52 ile Gazioğlu Solar ve HT Solar firmalarına aittir. Panel yerlilik oranı ortalaması %62'dir. Panel yerlilik oranları her ne kadar birbirine yakın gözükse de, bu durum iç Pazar tedarik zinciri maliyeti oranları için söylenemez. En düşük iç Pazar tedarik zinciri maliyet oranı %20 ile Ödül Enerji'ye aitken, en yüksek oran %85 ile Parla Solar'a aittir.



Şekil 3.8: Türkiye'deki PV üretici firmaların iç pazar tedarik zinciri maliyet oranı ve panel yerlilik oranı.

3.3 Türkiye'de Güneş Enerjisi Kullanımının Gelir ve İstihdama Etkisi

İstihdam; bir ülkenin kurumsal olmayan, çalışma çağındaki sivil nüfusunun ücretli bir işte çalışan kısmı olarak tanımlanabilir. Ülkelerin öncelikli hedefi bu oranı yükseltmektir. Ülkenin milli geliri yükseldikçe, ülkenin üretim kapasitesi daha etkin kullanılabilir ve ülkedeki refah düzeyi de yükselir. Özellikle küresel rekabetin yoğun olduğu sektörlerde kalifiye eleman ihtiyacı daha fazla olacağından, çalışan maaşlarının görece yüksek olacağı ve bunun da makroekonomik düzeyde öngörülen istihdam katkılarını artıracığı öngörülmektedir [69]. Türkiye nispeten yüksek güneş enerjisi yüzdesine sahiptir. Uzun vadeli tahminlere dayalı dikkatli yatırım planlaması ve hem altyapıda hem de diğer alanlarda sunulacak teşviklerle, önemli bir büyüme potansiyeline sahiptir. Bu potansiyele bağlı olarak hem doğrudan hem de dolaylı işlerin kurulması ve bu istihdamın sürdürülmesi mümkündür.

Pandemi kaynaklı karantinaların, ekonominin birçok sektöründe istihdam üzerinde büyük etkisi olmuştur. Enerji sektöründe, yenilenebilir enerji işleri de etkilendi, ancak fosil yakıt işlerinden daha az etkilendi. 2020'de yeni kurulumların hızı önceden tahmin

edilenden daha yavaş olacak olsa da, bazı gecikmelerle birlikte büyük ölçekli kamu hizmeti projelerinin inşaatı devam edecektir [70].

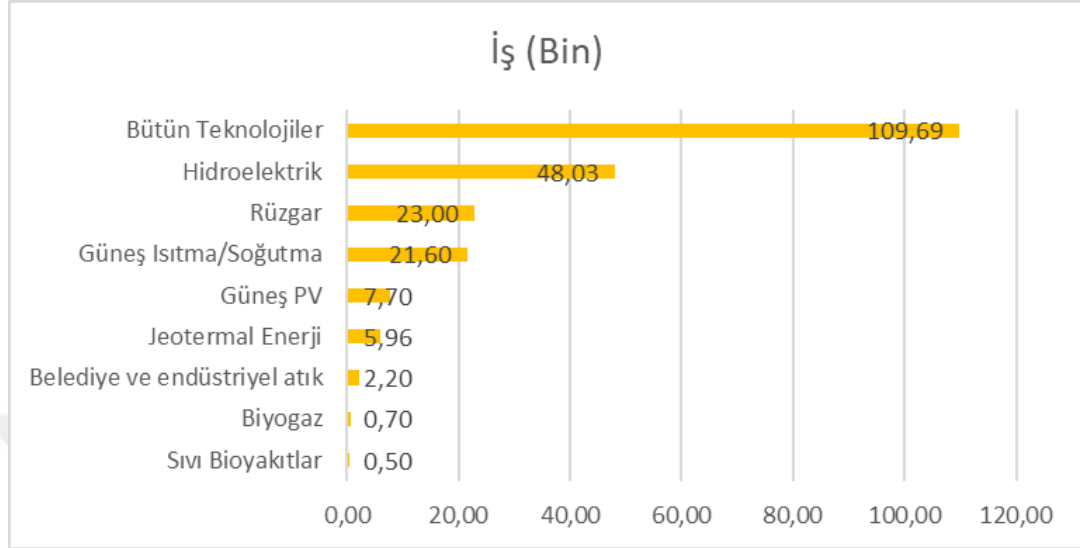
Bazı iş etkileri, fabrikaların kapanması veya sınır kısıtlamaları nedeniyle donanım, bileşen veya hammadde tedarikindeki geçici kesintilerden kaynaklanmaktadır. Sosyal mesafe gereksinimlerinin ve kısıtlı hane bütçelerinin önemli bir etkiye sahip olduğu, elektrik şebekesi ölçeğindeki rüzgâr ve güneş enerjisi santrallerinin operasyonlarında işler, güneş enerjisi çatısı kurulumuna ve şebekeden bağımsız çözümlere göre daha az etkilenmiştir. Solar PV endüstrisi, 2018'deki toplam yenilenebilir enerji işlerinin üçte biri ile yenilenebilir enerji teknolojileri arasında en büyük işveren olmuştur. Hindistan'da güneş enerjisi santrali inşaatı ve bakımında çalışan 70.000 kişi, proje tesliminde birkaç aylık gecikmeler nedeniyle belirsizliklerle karşı karşıyadır. Amerika Birleşik Devletleri'nde, COVID öncesi tahminlere göre 2020'nin ikinci çeyreğinde yeni güneş enerjisi kapasitesinde beklenen %37'lik düşüş, Haziran 2020'ye kadar beklenen 302.000 yerine yalnızca 188.000 iş olacağı anlamına gelmektedir [70]. 65.000'den fazla kurulumcu ve teknisyen Mayıs ortasına kadar işlerini kaybetmişti. 40 günlük bir endüstriyel kapatmanın 10.000 güneş enerjisi çalışanını etkilediği Bangladeş'te olduğu gibi, imalat sektöründeki iş etkileri çoğunlukla geçici olmuştur.

Covid sonrası döneme baktığımızda; istihdam artışı çoğunlukla karbonsuz enerji alanında olduğu gözlemlenmiştir. 2019 yılında %49 seviyesinde olan enerji sektöründe karbonsuz enerji ile ilgili istihdamın, 2022 yılına geldiğinde %51 seviyesine çıktığı görülmüştür. Net sıfır karbon hedefleri doğrultusunda enerji geçişi hızlanırken istihdam yapısının da değişmesi bekleniyor. IEA tarafından yayınlanan projeksiyonlara göre 2050 net sıfır emisyon senaryosu, 2030 yılında enerji sektöründe yaklaşık 30 milyon yeni iş yaratırken, 6 milyon iş kaybedilecek. Elektrikli araçlar, enerji verimliliği, yenilenebilir enerji ve elektrik şebekeleri, yeni istihdam potansiyeli en yüksek sektörler olarak belirlendi [71].

Yatırımın sözde istihdam yoğunluğu, yani her bir yatırım birimi için yaratılan istihdam, bir teknolojiye göre değişir. Enerji geçiş teknolojilerine yatırım yapmak, her bir milyon dolarlık harcama için fosil yakıtlardan yaklaşık üç kat daha fazla iş yaratmaktadır [70].

2020 yılında PV güneş sektörü, Türkiye'de yaklaşık 7700 istihdam yaratmıştır. Bu sayı, yenilenebilir enerji sektörünün yarattığı istihdam sayısının %7'sine denk

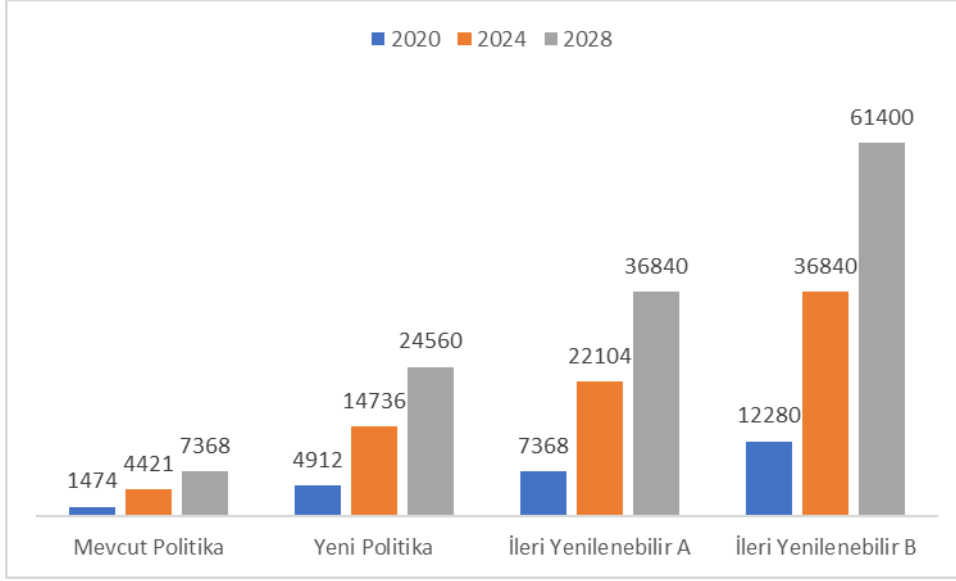
gelmektedir. Diğer yenilenebilir enerji sektörleri arasında PV güneş enerjisi sektörü 4. sırada yer almaktadır. Şekil 3.9’da, 2020 yılında Türkiye’de yenilenebilir enerji sektörünün yarattığı istihdam sayıları gösterilmiştir [72].



Şekil 3.9: 2020 yılında Türkiye’de yenilenebilir enerji sektörünün yarattığı istihdam.

Türkiye’de yenilenebilir enerji yatırımları ile bugüne kadar yaratılan işlerin çoğu, elektrik üretimine girdi sağlayan değer zinciri aşamalarında yaratılmıştır. Türkiye’deki lisanslı güneş PV operatörlerinin sayısı hala sınırlıdır ve güneş değer zincirindeki 10 tam zamanlı istihdamın 9’u değer zincirinin daha üst aşamalarında yaratılmıştır [73].

Güneş enerjisi üreticileri tarafından yaratılan işlerin çoğu yüksek vasıflı işler olsa da, en çok orta vasıflı işçiler güneş değer zinciri boyunca yaratılan işlerden yararlanırlar. Tüm senaryolarda, üretilen TZE (tam zamanlı eşdeğeri) işlerinin %55’i makine operatörleri ve satış görevlileri gibi orta vasıflı işgücü gruplarındadır. TZE, bir kişinin bir ay boyunca çalıştığı gün sayısına göre hesaplanan bir parametredir. Eğer bir kişi 1 ayda 31 gün boyunca çalıştıysa, TZE istihdam metriği 1 olmaktadır. Eklenen işlerin dörtte biri, güneş enerjisi değer zincirindeki yöneticiler ve teknisyenler gibi yüksek nitelikli işlerdir. Değer zinciri boyunca enerji kapasitesindeki her 1 MW’lık artış, güneş enerjisi sektöründe yaklaşık 2,5 TZE iş yaratır. Mevcut politika senaryosunda, güneş enerjisi değer zincirindeki FTE iş gücünün önümüzdeki on yılda 7.400 artması bekleniyor. Ancak İleri Yenilenebilir Enerji B senaryosunda bu sayı sekiz kat artabilir. Şekil 3.10’da, uygulanacak politikalar ile, 2020-2028 yılları arasında güneş enerjisi değer zincirinde yaratılabilecek istihdam değerleri gösterilmiştir [73].



Şekil 3.10: Güneş enerjisi değer zincirinde farklı senaryolara göre istihdam gelişimi, 2020–2028.

Mevcut politika olarak, TEİAŞ’ın 2026 yılına ait tahminlerinin 2027 ve 2028 için uyarlanması temel alınmıştır. Yeni politika, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nın “Ulusal Enerji ve Madencilik Politikası”nın bir parçası olarak 2018’den başlayarak 10 yıl boyunca güneş ve rüzgâr enerjisi kapasitesinde yıllık 1’er GW’lık artış yapılacağı açıklaması uygulanmıştır. İleri Yenilenebilir Enerji A Senaryosu, SHURA’nın 2018 yılında yayımladığı, iletim sistemine herhangi bir ilave bir yatırım yapılmadan güneş enerji kurulu gücünün 20 GW’a çıkarılabileceğini açıklayan rapora dayanmaktadır. İleri Yenilenebilir Enerji B Senaryosu, yine aynı raporda savunulan, güneş enerji kurulu gücündeki 30 GW’lık artışın, iletim kapasitesi yatırımının %30 ve trafo merkezi yatırımının %20 artmasıyla gerçekleştirilebileceği analiz eden rapora dayanmaktadır.

4 SENARYO ANALİZLERİ

4.1 I-JEDI Modeli Ve Girdi Çıktı Tabloları

Girdi-çıktı tabloları ve analizi, Wassily Leontief tarafından 1941 yılında ortaya çıkmış ve bu çalışması ona 1973 yılında Nobel İktisat Ödülü'nü kazandırmıştır [74]. Girdi-çıktı tablolarını kullanarak birçok ölçüm yapabilmek mümkündür. Bu yapılan ölçümler, olasılıktan bağımsız ölçümler olmaktadır. Girdi-çıktı tabloları kullanılarak verimlilik analizleri yapılabilir, geriye ve ileriye doğru endüstrilerin bağlantı hesapları yapılabilir, herhangi bir endüstrinin talebindeki 1 birim artışın üretimi nasıl etkilediğinin analizi yapılabilir, ülke endüstrilerinin verimliliği hesaplanabilir, endüstrilerin ithalata olan bağımlılığının analizi yapılabilir, ya da bu tablolar kullanılarak enflasyon hesabı yapılabilir. Girdi-çıktı tablolarını oluşturmak meşakkatli bir süreçtir, çünkü her bir endüstrinin diğer endüstriye olan girdisini ve çıktısını belirlemek gerekir. Girdi-çıktı tablolarında sadece endüstri tüketimini değil, aynı zamanda insanların veya devletin tüketimlerini de gösterir. Bu tüketimler nihai ürün şeklinde tüketilen ürünlerdir. Bundan mütevellit, girdi-çıktı tabloları 3-4 yıllık periyotlar halinde yayınlanır.

Girdi-çıktı tabloları, bir ülkenin dışarıya ne kadar bağımlı olduğunun anlaşılmasında da kullanılabilecek ölçümlerden biridir. Yurtiçi üretimde ne kadar ithal girdiye ihtiyaç olduğu, ya da ihracatta ne kadar ithal girdiye ihtiyaç duyulduğu, yani ihracatta ithalata olan bağımlılığı görmek mümkündür. Sadece tabloya bakarak, herhangi bir endüstrinin ihtiyaç duyduğu girdi miktarı, bunun sonucunda elde edilebilecek çıktı miktarı ve bunun katma değer miktarını bulabiliriz. Yine aynı şekilde bir birim talep edilen miktar için ihtiyaç duyulan ithal girdi miktarı ne kadardır, ya da endüstrilerin ithal girdi bağımlılığının ne kadar olduğu bulunabilir.

4.1.1 Girdi-çıktı analizi

Girdi-çıktı analizi, endüstriler arasındaki ilişkinin incelenmesi için kullanılan bir yöntemdir. Ülke içindeki ekonomik faaliyetleri oluşturan sektörlerin üretim ve tüketim unsurları arasındaki ilişkiyi ve bağımlılıkları incelenir. Bu analiz ile birlikte ekonomik

kalkınma planları yapılabilir ve ekonomik sürecin işleyiş şekli ile ilgili fikir sahibi olunabilir. Bu modelleme, elde edilen girdi-çıktı tablosuna dayanmaktadır [75].

Girdi-çıktı modellerinde, her bir sektörün bir ürün ürettiği varsayılmıştır. Bu analizin en kritik varsayımlarından biri; üretim seviyesine, tedarik zincirindeki rolüne ve ihracatçı olup olmamasına bakılmaksızın her bir firma tarafından üretimde kullanılan girdi oranlarını sektör ortalamasına eşit olacak şekilde sabit kabul etmesidir. Yani, tüm sektörler için üretimde ölçeğe göre sabit getiri varsayımına dayanmaktadır.

Buradaki denklem sistemi, aslında matris eşitliğine denktir. Bu matrisin elde edilmesiyle birlikte, Leontief ters matrisi olarak adlandırılan transformasyon matrisi elde edilebilir. Leontief ters matrisi üretim zincirindeki sektörler arası geriye doğru bağımlılığı temsil etmektedir. Bu yaklaşımla nihai talepteki bir değişimin tüm sektörlerin üretiminde meydana getirdiği etkiler hesaplanabilir. Bu hesaplama yöntemi ile 2 tip tablo elde edilebilir. Eğer hanehalkı tüketimi ya da çalışanlar bu hesaplama katılmaz ise, bu dolaylı etkiler tablosu olur. Eğer hanehalkı ve çalışanlar bu hesaba katılırsa, bu direkt etkiler tablosu olur [76]. I-JEDI modeli, sektörlerin ekonomiye ve istihdama etkisini analiz etmek amacıyla G-Ç analizlerini kullanır.

4.1.2 I-JEDI model tanıtımı

I-JEDI modeli, çeşitli ülkelerdeki rüzgar, güneş, jeotermal gibi enerji tesislerinden brüt ekonomik etkileri değerlendiren bir ekonomik modeldir. I-JEDI, enerji projelerini ne kadar para harcandığına ve harcamanın nerede gerçekleştiğine göre sınıflandırarak ekonomik etkilerini tahmin eder. Bu veriler, istihdam, kazanç, GSYİH ve brüt çıktı etkilerini tahmin etmek için ülkeye özgü bir ekonomik modelde kullanılır [77]. Rapor, sektöre göre etkilerin yanı sıra toplam ekonomik etkileri de sunar.

GSYİH, bir süre boyunca bir ekonomide üretilen tüm mal ve hizmetlerin parasal değerinin bir ölçüsüdür. Uzun yıllardır incelenen ve ekonomiyi modellemek için kullanılabilen temel ekonomik göstergelerden biridir. Gayri safi yurtiçi hasıla; ülke içindeki tüm sektörlerde meydana gelen tüm ekonomik faaliyetlerin bir özeti olarak nitelendirilebilir, dolayısıyla makroekonomik araştırmalardaki en yaygın kullanılan veri setlerindendir [78].

4.1.3 Etki metriklerinin tanımları

I-JEDI, diğer G-Ç değerlendirmelerine benzer şekilde, sonuçlar üretmek için doğrudan, dolaylı ve uyarılmış etkileri kullanır. Proje etkileri hem inşaat hem de işletmeyi içerir. Bir projenin doğrudan etkisi, ona harcanan paradır. Dolaylı etki, bu harcamaların bir sonucu olarak ortaya çıkabilecek endüstriler arasındaki ekonomik aktivitedir. Jeneratör üreticisinin bakır tel satın almasının direkt etkisi bir jeneratör satın alması olurken, dolaylı sonuç ise jeneratör üreticisinin bakır tel satın alması olacaktır. İşletmeler arası hizmetler, doğal kaynaklar ve endüstri harcamalarıyla desteklenen diğer faaliyetler, dolaylı etkilere örnektir. Bir bobin sarma makinesi satın almak ve arızalı jeneratörleri tespit etmek için bir danışmans kullanmak, yukarıdaki senaryodan iki dolaylı ekonomik çıkarımdır. Tetiklenen etki, doğrudan ve dolaylı etkilerle desteklenen hanehalkı harcamalarından kaynaklanabilecek faaliyetlerdir. Bir jeneratör şirketinden ve bir tel fabrikasından işçiler bir restorana giderse, restorana yaptıkları ödemelerin yarattığı etki olacaktır.

I-JEDI modeli G-Ç tablosu ve meslek gruplarının brüt maaşları ile beraber; inşaat ve kurulum maliyetleri, tasarım, hukuk, çevre çalışmaları, altyapı, elektrik, ulaşım, bakım ve onarım, onarım parçaları ve işletme maliyetleri parametrelerinin yüzde kaçının analiz yapılan ülkeye ait olduğunu kullanıcıdan alır ve bu bilgiler ışığında projeler ile ilgili ekonomik ve istihdam analizleri yapar. Bu tezde, panel ve inverter yerlilik oranı hariç, geri kalan maliyet parametreleri “%100” olarak kabul edilmiştir.

I-JEDI'deki doğrudan etki, bir enerji tesisi inşa etme veya işletme maliyetinin tamamıdır. Örneğin, tesisatçıya yapılan ödemeler, yerel olarak satın alınan montaj donanımı ve mühendislik ücretleri, bir güneş PV projesine dahil edilebilir. Muhasebe hizmetleri, kamu hizmetleri ve hammaddeler dolaylı sonuçlara örnektir. Doğrudan ve dolaylı çalışanlar, tetiklenen etkileri destekler. I-JEDI ayrıca istihdam, ücretler, GSYİH ve brüt üretim hakkında veriler sağlar. GSYİH bir ekonomide belirli bir dönemde üretilen tüm mal ve hizmetlerin cari fiyatlarla piyasa değeridir. İşler, her ülkenin ortalama geliri için belirli bir istihdam düzeyini gösterir. Örneğin, bir ülkenin tarım işletmesi, iş başına yıllık ortalama 10.000 ABD Doları kâr bildirdiyse, 20.000 ABD Doları iki istihdamı sürdürecektir. İşçi ödemeleri, mülk tipi gelir (karlar dahil) ve vergiler bu kategoriyi oluşturur. Brüt üretim, toplam ekonomik faaliyet miktarını ölçen bir ölçüdür. Hem katma değeri hem de endüstriler arasındaki tüm girdi

etkileşimlerini içerir. Modelin yayınlandığı tarihte mevcut olanın ötesindeki yıllar için, dolarda yıllık %2 enflasyon varsaymaktadır [77].

4.1.4 Sonuçlar ve sınırlamalar

I-JEDI, yalnızca analiz ülkesindeki bir faaliyetin ekonomik yansımalarını tahmin eder. Yurtiçi içerik yüzdeleri yurt içi harcamalara (örneğin yurt içi hizmetler ve yurt içinden satın alınan ekipman) doğrudan etkileri kısıtlar. Ek olarak, dolaylı ve uyarılmış etkiler değerlendirilirken, G-Ç verileri ithal girdileri veya ithal ürünlere yapılan hane halkı harcamalarını hesaba katar. Yerli içeriğin yüzdeleri yalnızca doğrudan sonuçlarla ilgilidir. Bakır tel ithal eden yerli bir üreticiden jeneratör alınması durumunda, işlemin yerli kısmı "%100" olarak listelenmelidir. Bakır tel ithalatı, G-Ç modeline dahil edilecektir. Zaman ölçeği açısından inşaat etkileri, işletme ve bakım etkilerinden farklıdır. İnşaat etkileri sadece bir kez yapılmıştır ve sonuçlar bir yıldır. Örneğin, I-JEDI bir projenin inşaat sırasında 500 istihdamı desteklediğini ancak inşaatın aslında iki yıl sürdüğünü belirtirse, bu iki yıllık dönemde her yıl ortalama 250 işe dönüşür. İşletme ve bakım maliyetleri yıllık olarak ödendiğinden, projenin işletim ve bakım etkilerinin proje süresince devam edeceği varsayılmaktadır. Örneğin, 100 istihdamı destekleyen 25 yıllık ömrü olan bir rüzgar santrali, 25 yıllık ortalama 100 istihdam anlamına gelir. I-JEDI'nin diğer ekonomik modellerde olduğu gibi sınırları vardır ve sonuçlar bu kısıtlamalar ışığında değerlendirilmelidir.

I-JEDI'nin bulguları net değil brüttür. Her bir teknoloji için etki tahminleri, yerinden edilmiş ekonomik faaliyetler veya proje finansmanının alternatif kullanımları gibi uzun vadeli sonuçları hesaba katmaz. Bir rüzgar santrali bir kömür santralini yerini alırsa, kömür santralini kapatılması beklenen sonuçlara dahil edilmeyecektir.

I-JEDI bulguları doğrusal ve orantılı olduğundan, 1 MW'lık bir tesisin öngörülen ekonomik sonuçları, 10 MW'lık bir tesisle aynıdır. Literatürde herhangi bir model formülasyonuna rastlanmamıştır. Dolayısıyla arka plandaki hesapların nasıl yapıldığı bilinmemektedir.

Solar PV için varsayılanlar, konut çatısı, iş çatısı veya şebeke ölçeğinde güneş PV'si arasında ayırım yapmaz. Varsayılanlar, ortalama oldukları için analiz ülkesinde genel olarak kurulu olanı temsil eder. Ülkenin PV'si çoğunlukla şebeke ölçeğindeyse ve birkaç çatı katı kurulumu varsa, varsayılan fiyatlandırma şebeke ölçeğinde PV'yi yansıtacaktır. Fiyatlandırma, hizmet oranları, vergiler veya maaşlardaki değişiklikler

de I-JEDI tarafından tahmin edilmez. Örneğin, fayda oranları bir projeyi desteklemek için yükselirse, model etkileri hesaba katmaz. Vergiler başka bir amaç yerine bir proje için kullanılmış olsaydı, model bu alternatif etkiyi değerlendirmezdi. I-JEDI, fiyat artışlarıyla bağlantılı olabilecek kaynak sınırlarını hesaba katmaz. Temel işgücü ve yatırım dahil tüm girdilerin, gerekli miktar ne olursa olsun erişilebilir ve aynı maliyette olduğu varsayılır.

Birçok neden, proje giderlerinin I-JEDI istatistiklerinden daha yüksek veya daha düşük olmasına neden olabilir. Örneğin rüzgar türbinlerini hareket ettirmek için yollar inşa etmek masrafları artırır ancak varsayılan istatistiklere yansıtılmaz. Üretilen bileşenlerin yerel olarak mı yoksa ithal mi edildiği gibi geliştirici kararları ve uygulamaları proje maliyetlerini etkileyebilir.

Bir ekonominin belirli bir yıldaki yapısının değerlendirmesini yansıtan ve değişime açık olan G-Ç tabloları da sınırlayıcı bir faktördür. Bu değişimler teknolojiyen, göreceli fiyat değişikliklerinden ve çeşitli diğer değişkenlerden etkilenir. Örneğin, bir şirketin farklı bir girdiyi değiştirme veya girdiyi elde ettiği yeri değiştirme kararı, bir girdinin fiyatından etkilenebilir. Veriler sıklıkla geciktiğinden, bu bir kısıtlama teşkil eder. G-Ç tabloları oluşturmak için resmi olarak kaydedilen istatistiksel veriler kullanılır. Bu rakamlara, karaborsa veya gayri resmi işlemler gibi takip edilmeyen ekonomik faaliyetler dahil değildir. Sonuç olarak, etki hesaplamalarının dışında tutulurlar [77].

4.2 Senaryolar

Güneş paneli tedarik zincirinin yerelleşmesinin ülkeye sağlayacağı tahmini ekonomik katkı ve istihdam verileri, I-JEDI modeli ile elde edilmiştir. Bu senaryolarda dolar kuru 2020 yılı satış ortalaması olan 7,01 alınmıştır [79]. Modele girecek olan verilerden biri olan maaş verisi TÜİK'ten alınmıştır. TÜİK'ten alınan maaş verilerine Çizelge 4.1'den ulaşılabilir [80]. Buradaki maaş değerleri dolar cinsindendir.

Çizelge 4.1: Ekonomik faaliyetlere göre aylık ortalama brüt kazanç.

Sektör	Ortalama Brüt Kazanç (\$)
Tarım	461,48
Madencilik	862,90
İmalat	618,75
Elektrik, gaz ve su temini	1017,01

Çizelge 4.1(devam) : Ekonomik faaliyetlere göre aylık ortalama brüt kazanç

Sektör	Ortalama Brüt Kazanç (\$)
İnşaat	373,13
Toptan ve Perakende Ticaret	504,09
Konaklama ve Yiyecek Hizmetleri	327,51
Ulaştırma ve Depolama	569,59
Finans ve Sigorta Faaliyetleri	1737,55
Gayrimenkul Faaliyetleri	457,64
Mesleki, Bilimsel ve Teknik Faaliyetler	597,56
İdari ve Destek Hizmet	535,34
Eğitim	955,09
Sağlık ve Sosyal Hizmetler	946,20
Diğer Hizmet Faaliyetleri	461,48

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, I-JEDI bulguları doğrusal ve orantısal olduğundan, MW parametresindeki artışlar ile ekonomik bulgulardaki artışlar orantısal olmuştur. Dolayısıyla, sonuçlar ile ilgili analizler panel ve inverterin yerlilik oranının artışı üzerinden gitmektedir.

İstihdam bulguları incelendiğinde; panel yerlilik oranının artışı, solar PV projelerinden yaratılan direkt işler kısmında sadece üretim sektörünü etkilerken, yaratılan dolaylı işler için bütün sektörleri etkilemiştir. Bu sebepten ötürü, direkt istihdam incelenirken üretim sektörü için ayrıca bir analiz yapılmıştır.

4.2.1 Senaryo 1

Bu senaryoda, inverter yerliliği %100 olarak alınmıştır. 100 MW ve üzeri projeler için %100 yerli inverter bulunmadığından, buradaki sonuçlar 10 MW'lık proje üzerinden verilmiştir. Çizelge 4.2'de, belirtilen panel yerlilik oranları ile yapılan 10 MW'lık projenin, GSYİH'ye direkt etkisi gösterilmiştir.

Çizelge 4.2: Panel yerlilik oranlarının GSYİH'ye direkt etkisi.

	%58 Yerli	%70 Yerli	%85 Yerli	%100 Yerli
2020	\$ 6.533.143,02	\$ 7.073.895,20	\$ 7.749.835,44	\$ 8.425.775,68
2021	\$ 6.546.073,14	\$ 7.097.640,38	\$ 7.787.099,42	\$ 8.476.558,46
2022	\$ 6.559.261,87	\$ 7.121.860,45	\$ 7.825.108,67	\$ 8.528.356,89
2023	\$ 6.572.714,37	\$ 7.146.564,92	\$ 7.863.878,11	\$ 8.581.191,30
2024	\$ 6.586.435,93	\$ 7.171.763,49	\$ 7.903.422,94	\$ 8.635.082,39
2025	\$ 6.600.431,91	\$ 7.197.466,03	\$ 7.943.758,67	\$ 8.690.051,31
2026	\$ 6.614.707,82	\$ 7.223.682,61	\$ 7.984.901,11	\$ 8.746.119,60
2027	\$ 6.629.269,24	\$ 7.250.423,53	\$ 8.026.866,39	\$ 8.803.309,26
2028	\$ 6.644.121,89	\$ 7.277.699,27	\$ 8.069.670,99	\$ 8.861.642,71
2029	\$ 6.659.271,60	\$ 7.305.520,52	\$ 8.113.331,67	\$ 8.921.142,83

Çizelge 4.2(devam) : Panel yerlilik oranlarının GSYİH'ye direkt etkisi.

	%58 Yerli	%70 Yerli	%85 Yerli	%100 Yerli
2030	\$ 6.674.724,29	\$ 7.333.898,20	\$ 8.157.865,57	\$ 8.981.832,95

Çizelge 4.3'te, belirtilen panel yerlilik oranları ile yapılan 10 MW'lık projenin, GSYİH'e ekonomik dolaylı etkisi gösterilmiştir.

Çizelge 4.3: Panel yerlilik oranlarının GSYİH'ye dolaylı etkisi

	%58 Yerli	%70 Yerli	%85 Yerli	%100 Yerli
2020	\$ 4.514.212,62	\$ 4.644.895,98	\$ 4.808.250,19	\$ 4.971.604,39
2021	\$ 4.475.026,24	\$ 4.608.323,26	\$ 4.774.944,55	\$ 4.941.565,84
2022	\$ 4.435.056,12	\$ 4.571.019,09	\$ 4.740.972,80	\$ 4.910.926,52
2023	\$ 4.394.286,61	\$ 4.532.968,84	\$ 4.706.321,62	\$ 4.879.674,41
2024	\$ 4.352.701,70	\$ 4.494.157,57	\$ 4.670.977,42	\$ 4.847.797,26
2025	\$ 4.310.285,10	\$ 4.454.570,09	\$ 4.634.926,33	\$ 4.815.282,57
2026	\$ 4.267.020,16	\$ 4.414.190,85	\$ 4.598.154,22	\$ 4.782.117,58
2027	\$ 4.222.889,93	\$ 4.373.004,03	\$ 4.560.646,66	\$ 4.748.289,30
2028	\$ 4.177.877,09	\$ 4.330.993,47	\$ 4.522.388,96	\$ 4.713.784,44
2029	\$ 4.131.963,99	\$ 4.288.142,71	\$ 4.483.366,10	\$ 4.678.589,49
2030	\$ 4.085.132,63	\$ 4.244.434,92	\$ 4.443.562,78	\$ 4.642.690,65

Çizelge 4.4'te verilen panel yerliliği ile yapılan 10 MW'lık projelerde ortaya çıkabilecek direkt istihdam sayıları verilmiştir.

Çizelge 4.4: Panel yerliliğinin yarattığı direkt istihdam.

	%58 Yerli	%70 Yerli	%85 Yerli	%100 Yerli
2020	3629,4	3873,3	4178,1	4483,0
2021	3558,0	3801,9	4106,7	4411,5
2022	3488,0	3731,8	4036,7	4341,5
2023	3419,3	3663,2	3968,0	4272,9
2024	3352,0	3595,9	3900,7	4205,5
2025	3286,0	3529,9	3834,7	4139,6
2026	3221,3	3465,2	3770,0	4074,9
2027	3157,9	3401,8	3706,6	4011,4
2028	3095,7	3339,6	3644,4	3949,3
2029	3034,7	3278,6	3583,5	3888,3
2030	2975,0	3218,8	3523,7	3828,5

Çizelge 4.5'te verilen panel yerliliği ile yapılan 10 MW'lık projelerde ortaya çıkabilecek dolaylı istihdam sayıları verilmiştir.

Çizelge 4.5: Panel yerliliğinin yarattığı dolaylı istihdam.

	%58 Yerli	%70 Yerli	%85 Yerli	%100 Yerli
2020	2330,9	2407,5	2503,2	2598,9
2021	2266,9	2343,4	2439,2	2534,9

Çizelge 4.5(devam) : Panel yerliliğinin yarattığı dolaylı istihdam.

	%58 Yerli	%70 Yerli	%85 Yerli	%100 Yerli
2022	2204,1	2280,7	2376,4	2472,1
2023	2142,6	2219,1	2314,8	2410,5
2024	2082,2	2158,8	2254,5	2350,2
2025	2023,1	2099,7	2195,4	2291,1
2026	1965,1	2041,7	2137,4	2233,1
2027	1908,3	1984,8	2080,5	2176,2
2028	1852,5	1929,1	2024,8	2120,5
2029	1797,9	1874,4	1970,1	2065,8
2030	1744,3	1820,9	1916,6	2012,3

4.2.2 Senaryo 2

100 MW ve üzeri projeler için %100 yerli inverter bulunmadığından, bu senaryoda proje büyüklüğü olarak 1000 MW, inverter yerliliği olarak da %40 seçilmiştir. Çizelge 4.6’da, verilen panel yerlilik oranıyla yapılan projenin GSYİH’ye direkt katkısını göstermektedir.

Çizelge 4.6: Panel yerlilik oranlarının GSYİH'ye direkt etkisi.

	%58 Yerli	%70 Yerli	%85 Yerli	%100 Yerli
2020	\$627.642.511,38	\$681.717.730,35	\$749.311.754,07	\$816.905.777,78
2021	\$629.310.301,39	\$684.467.024,74	\$753.412.928,93	\$822.358.833,11
2022	\$631.011.447,19	\$687.271.305,01	\$757.596.127,28	\$827.920.949,55
2023	\$632.746.615,92	\$690.131.670,89	\$761.862.989,61	\$833.594.308,32
2024	\$634.516.488,01	\$693.049.244,08	\$766.215.189,18	\$839.381.134,27
2025	\$636.321.757,55	\$696.025.168,74	\$770.654.432,74	\$845.283.696,73
2026	\$638.163.132,48	\$699.060.611,90	\$775.182.461,17	\$851.304.310,44
2027	\$640.041.334,91	\$702.156.763,91	\$779.801.050,17	\$857.445.336,43
2028	\$641.957.101,38	\$705.314.838,97	\$784.512.010,95	\$863.709.182,93
2029	\$643.911.183,19	\$708.536.075,52	\$789.317.190,95	\$870.098.306,37
2030	\$645.904.346,63	\$711.821.736,81	\$794.218.474,54	\$876.615.212,28

Çizelge 4.7’de, belirtilen panel yerlilik oranları ile yapılan 1000 MW’lık projenin GSYİH’ye dolaylı etkisi gösterilmiştir.

Çizelge 4.7: Panel yerlilik oranlarının GSYİH'ye dolaylı etkisi.

	%58 Yerli	%70 Yerli	%85 Yerli	%100 Yerli
2020	\$421.768.953,15	\$434.837.289,39	\$451.172.709,69	\$467.508.129,99
2021	\$418.283.202,75	\$431.612.905,71	\$448.275.034,42	\$464.937.163,12
2022	\$414.727.737,33	\$428.324.034,36	\$445.319.405,64	\$462.314.776,91
2023	\$411.101.162,61	\$424.969.385,57	\$442.304.664,28	\$459.639.942,98
2024	\$407.402.056,39	\$421.547.643,82	\$439.229.628,10	\$456.911.612,37
2025	\$403.628.968,05	\$418.057.467,22	\$436.093.091,19	\$454.128.715,15

Çizelge 4.7(devam): Panel yerlilik oranlarının GSYİH'ye dolaylı etkisi.

	%58 Yerli	%70 Yerli	%85 Yerli	%100 Yerli
2026	\$399.780.417,95	\$414.497.487,10	\$432.893.823,54	\$451.290.159,99
2027	\$395.854.896,84	\$410.866.307,37	\$429.630.570,55	\$448.394.833,72
2028	\$391.850.865,30	\$407.162.504,05	\$426.302.052,49	\$445.441.600,92
2029	\$387.766.753,14	\$403.384.624,66	\$422.906.964,07	\$442.429.303,47
2030	\$383.600.958,73	\$399.531.187,69	\$419.443.973,88	\$439.356.760,07

Çizelge 4.8'te, verilen panel yerliliği ile yapılan 1000 MW'lık projelerde ortaya çıkabilecek direkt istihdam sayıları verilmiştir.

Çizelge 4.8: Panel yerliliğinin yarattığı direkt istihdam.

	%58 Yerli	%70 Yerli	%85 Yerli	%100 Yerli
2020	341018,7	365405,8	395889,7	426373,5
2021	334619,7	359006,7	389490,6	419974,4
2022	328346,0	352733,1	383217,0	413700,8
2023	322195,4	346582,5	377066,4	407550,2
2024	316165,4	340552,5	371036,4	401520,2
2025	310253,7	334640,7	365124,6	395608,4
2026	304457,8	328844,9	359328,7	389812,6
2027	298775,6	323162,7	353646,5	384130,4
2028	293204,8	317591,9	348075,7	378559,6
2029	287743,3	312130,3	342614,2	373098,0
2030	282388,8	306775,9	337259,7	367743,6

Çizelge 4.9'da, verilen panel yerliliği ile yapılan 1000 MW'lık projelerde ortaya çıkabilecek dolaylı istihdam sayıları verilmiştir.

Çizelge 4.9: Panel yerliliğinin yarattığı dolaylı istihdam.

	%58 Yerli	%70 Yerli	%85 Yerli	%100 Yerli
2020	217287,1	224943,2	234513,4	244083,6
2021	211420,6	219076,7	228646,9	238217,1
2022	205669,1	213325,3	222895,4	232465,6
2023	200030,4	207686,6	217256,7	226826,9
2024	194502,3	202158,4	211728,6	221298,8
2025	189082,5	196738,7	206308,8	215879,0
2026	183769,1	191425,2	200995,4	210565,5
2027	178559,8	186215,9	195786,1	205356,3
2028	173452,6	181108,8	190678,9	200249,1
2029	168445,6	176101,8	185671,9	195242,1
2030	163536,8	171192,9	180763,1	190333,3

4.2.3 Senaryo 3

100 MW ve üzeri projeler için %100 yerli inverter bulunmadığından, bu senaryoda proje büyüklüğü olarak 1000 MW, inverter yerliliği olarak da %50 seçilmiştir. Çizelge

4.10’da, verilen panel yerlilik oranıyla yapılan projenin GSYİH’ye direkt katkısını göstermektedir.

Çizelge 4.10: Panel yerlilik oranlarının GSYİH'ye direkt etkisi.

	%58 Yerli	%70 Yerli	%85 Yerli	%100 Yerli
2020	\$631.921.143,07	\$685.996.362,05	\$753.590.385,76	\$821.184.409,47
2021	\$633.526.470,19	\$688.683.193,54	\$757.629.097,73	\$826.575.001,91
2022	\$635.163.903,85	\$691.423.761,66	\$761.748.583,94	\$832.073.406,21
2023	\$636.834.086,18	\$694.219.141,15	\$765.950.459,87	\$837.681.778,58
2024	\$638.537.672,16	\$697.070.428,23	\$770.236.373,32	\$843.402.318,41
2025	\$640.275.329,85	\$699.978.741,05	\$774.608.005,04	\$849.237.269,03
2026	\$642.047.740,70	\$702.945.220,12	\$779.067.069,39	\$855.188.918,67
2027	\$643.855.599,77	\$705.971.028,78	\$783.615.315,04	\$861.259.601,29
2028	\$645.699.616,02	\$709.057.353,61	\$788.254.525,59	\$867.451.697,57
2029	\$647.580.512,59	\$712.205.404,93	\$792.986.520,36	\$873.767.635,78
2030	\$649.499.027,10	\$715.416.417,28	\$797.813.155,02	\$880.209.892,75

Çizelge 4.11’de, belirtilen panel yerlilik oranları ile yapılan 1000 MW’lık projenin GSYİH’ye dolaylı etkisi gösterilmiştir.

Çizelge 4.11: Panel yerlilik oranlarının GSYİH'ye dolaylı etkisi.

	%58 Yerli	%70 Yerli	%85 Yerli	%100 Yerli
2020	\$426.711.004,64	\$439.779.340,88	\$456.114.761,17	\$472.450.181,47
2021	\$423.153.106,21	\$436.482.809,17	\$453.144.937,88	\$469.807.066,58
2022	\$419.524.049,81	\$433.120.346,83	\$450.115.718,11	\$467.111.089,39
2023	\$415.822.412,28	\$429.690.635,25	\$447.025.913,95	\$464.361.192,66
2024	\$412.046.742,01	\$426.192.329,43	\$443.874.313,71	\$461.556.297,99
2025	\$408.195.558,33	\$422.624.057,50	\$440.659.681,46	\$458.695.305,43
2026	\$404.267.350,97	\$418.984.420,13	\$437.380.756,57	\$455.777.093,01
2027	\$400.260.579,47	\$415.271.990,01	\$434.036.253,18	\$452.800.516,35
2028	\$396.173.672,54	\$411.485.311,28	\$430.624.859,72	\$449.764.408,16
2029	\$392.005.027,46	\$407.622.898,99	\$427.145.238,39	\$446.667.577,80
2030	\$387.753.009,49	\$403.683.238,45	\$423.596.024,64	\$443.508.810,83

Çizelge 4.12’de, verilen panel yerliliği ile yapılan 1000 MW’lık projelerde ortaya çıkabilecek direkt istihdam sayıları verilmiştir.

Çizelge 4.12: Panel yerliliğinin yarattığı direkt istihdam.

	%58 Yerli	%70 Yerli	%85 Yerli	%100 Yerli
2020	344672,4	369059,5	399543,4	430027,2
2021	338149,4	362536,5	393020,3	423504,2
2022	331754,3	356141,4	386625,2	417109,1
2023	325484,6	349871,7	380355,5	410839,3
2024	319337,8	343724,9	374208,7	404692,6

Çizelge 4.12(devam) : Panel yerliliğinin yarattığı direkt istihdam.

	%58 Yerli	%70 Yerli	%85 Yerli	%100 Yerli
2025	313311,5	337698,6	368182,4	398666,3
2026	307403,4	331790,5	362274,3	392758,2
2027	301611,2	325998,2	356482,1	386965,9
2028	295932,5	320319,6	350803,4	381287,2
2029	290365,1	314752,2	345236,1	375719,9
2030	284907,0	309294,1	339777,9	370261,7

Çizelge 4.13'te, verilen panel yerliliği ile yapılan 1000 MW'lık projelerde ortaya çıkabilecek direkt istihdam sayıları verilmiştir.

Çizelge 4.13: Panel yerliliğinin yarattığı dolaylı istihdam.

	%58 Yerli	%70 Yerli	%85 Yerli	%100 Yerli
2020	219921,2	227577,3	237147,5	246717,6
2021	213965,3	221621,4	231191,6	240761,8
2022	208126,2	215782,4	225352,5	234922,7
2023	202401,6	210057,8	219628,0	229198,1
2024	196789,3	204445,5	214015,6	223585,8
2025	191287,0	198943,2	208513,3	218083,5
2026	185892,6	193548,8	203118,9	212689,1
2027	180604,0	188260,1	197830,3	207400,5
2028	175419,1	183075,2	192645,4	202215,5
2029	170335,8	177991,9	187562,1	197132,3
2030	165352,2	173008,3	182578,5	192148,7



5 SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER

Bu çalışma, çatı güneş panellerinin tedarik zincirini çıkarmak, Türkiye'nin durumunu incelemek ve tedarik zincirinin yerleştirilmesinin ülkeye sunabilecek olası getirileri incelemek için yapılmıştır.

Çatı güneş panelini oluşturan unsurlar tek tek çıkarılmış, tedarik zinciri içerisine yerleştirilmiş ve Türkiye'nin bu unsurları elde etmede ne kadar dışarıya bağımlı olduğu araştırılmıştır. Sonrasında I-JEDI modeli kullanılarak, ilerde tedarik zincirinin yerleştirilmesinin artması sonucunda bu durumun ülkeye ne kadar fayda getirebileceği analiz edilmiştir. Yapılan analizler, 100 MW ve üzerini karşılayacak yerli bir inverter olmadığından, inverterin yerlilik oranı %40, %50 ve %100 olacak şekilde 3 farklı kısma ayrılmıştır. Tezin devamında bu kısımlar sırasıyla "Senaryo 1", "Senaryo 2" ve "Senaryo 3" olarak adlandırılmıştır. Daha sonra bu senaryolar, yerlilik oranı değiştirilerek analiz edilmiştir. Panel yerlilik oranı için Smart Solar ve Tekfen Enerji'nin görüşü alınmış, bu görüş sonunda panelin yerlilik oranının %58 olduğu hesaplanmıştır. Analiz sırasında bu oran sırasıyla %70, %85 ve %100'e çıkarılarak, yerleştirmenin GSYİH ve istihdama olacak olası katkıları incelenmiştir. Yapılan analizler sonunda elde edilen çıkarımlar aşağıda özetlenmiştir;

- Panel yerleşmesinin GSYİH'ye direkt etkisi incelendiğinde; panel yerliliğinin %1 arttırmak, 4506,26 \$/MW'lık bir katkı sunacaktır. İnverter yerleşmesinin GSYİH'ye direkt etkisi incelendiğinde ise; inverter yerliliğini %1 arttırmak, 1089,02 \$/MW'lık bir etki gösterecektir.
- Panel ve inverter yerleşmesinin GSYİH'ye dolaylı etkisine bakıldığında; panel yerlilik oranını %1 arttırmak 1089,02 \$/MW'lık bir etki yaratırken, inverter yerlilik oranını %1 arttırmak 494,20 \$/MW'lık bir etki yaratmıştır.
- İstihdam yaratma kısmında; panel yerliliğini %1 arttırmak, MW başına 2,03 direkt istihdam yaratmıştır. İnverter yerliliğini %1 arttırmak, MW başına 0,36 direkt istihdam yaratmıştır.

- Dolaylı istihdam kısmında ise; panel yerliliğini %1 arttırmak MW başına 0,63 dolaylı istihdam sağlamışken, inverter yerliliğini %1 arttırmak MW başına 0,26 dolaylı istihdam yaratmıştır.

Yapılan çıkarımlardan da anlaşılacağı üzere; panel yerlilik oranındaki artış, ekonomik etki ve istihdam üzerinde olumlu bir etki yaratmıştır. Panel yerlileşmesi ile birlikte; insanlar güneş panellerine daha kolay ulaşabilir, böylece Türkiye Güneş enerjisi potansiyelini tam olarak kullanma şansını yakalayabilir. Gelecekte yapılacak çalışmalarda, panel yerlileştirmesinin sektörel etkileri incelenebilir. Bu tezde kullanılan girdi-çıktı tablosu 2018 yılına ait olduğundan, ilerideki çalışmalarda daha güncel bir girdi-çıktı tablosu kullanılarak daha doğru sonuçlar elde edilebilir. Bu çalışmada 2020-2030 arası değerlendirilmişti. Gelecek çalışmalarda, bu süre daha da genişletilebilir. Bu tezde sadece güneş panelleri ile ilgili analiz yapıldı. Gelecekteki çalışmalarda, sadece güneş panelleri değil aynı zamanda diğer yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili de burada yapılan çalışmaya benzer çalışma yapılabilir.

KAYNAKLAR

- [1]URL -1< https://globalsolaratlas.info/download_> Erişim Tarihi: Ekim 2022
- [2] **Ren21**, (2021) Renewable Global Status Report: Solar Thermal Heating Sayfa 137-145
- [3]URL-2 <<https://enerji.gov.tr/enerji-isleri-genel-mudurlugu-denge-tablolari>> Erişim Tarihi : Şubat 2022
- [4] **Özdemir, A. İ.** (2004). Tedarik zinciri yönetiminin gelişimi, süreçleri ve yararları. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (23).
- [5] **Semelane, S., Nwulu, N., Kambule, N., & Tazvinga, H.** (2021). Evaluating economic impacts of utility scale solar photovoltaic localisation in South Africa. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 16(4), 324-344.
- [6] **Loomis, D. G., Jo, J. H., & Aldeman, M. R.** (2016). Economic impact potential of solar photovoltaics in Illinois. *Renewable Energy*, 87, 253-258.
- [7] **Basore, P. A., & Cole, W. J.** (2018). Comparing supply and demand models for future photovoltaic power generation in the USA. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 26(6), 414-418.
- [8] **Cole, W., Frew, B., Gagnon, P., Reimers, A., Zuboy, J., & Margolis, R.** (2018). Envisioning a low-cost solar future: Exploring the potential impact of Achieving the SunShot 2030 targets for photovoltaics. *Energy*, 155, 690-704.
- [9] **Liaqait, R. A., Warsi, S. S., Zahid, T., Ghafoor, U., Ahmad, M. S., & Selvaraj, J.** (2021). A decision framework for solar PV panels supply chain in context of sustainable supplier selection and order allocation. *Sustainability*, 13(23), 13216.
- [10] **Chen, Z., & Su, S. I. I.** (2018). Multiple competing photovoltaic supply chains: Modeling, analyses and policies. *Journal of Cleaner Production*, 174, 1274-1287.
- [11] **Allison, M., & Pillai, G.** (2018, November). Photovoltaic Energy Potential and its Impact on Electricity Demand Profiles. *In International Conference on Science and Technology for Sustainable Development; TeesRep: Yangon, Myanmar*.
- [12] **Pinto, J. T., Amaral, K. J., & Janissek, P. R.** (2016). Deployment of photovoltaics in Brazil: Scenarios, perspectives and policies for low-income housing. *Solar Energy*, 133, 73-84.
- [13] **Herrera, M. M., Guerrero, A., & Sandoval, C.** (2018). A review of the photovoltaic supply chain in Latin America: challenges and opportunities. *Revista VirtualPro*
- [14] **Cucchiella, F., & D'Adamo, I.** (2013). Issue on supply chain of renewable energy. *Energy Conversion and Management*, 76, 774-780.
- [15] **Milousi, M., Souliotis, M., Arampatzis, G., & Papaefthimiou, S.** (2019). Evaluating the environmental performance of solar energy systems through a combined life cycle assessment and cost analysis. *Sustainability*, 11(9), 2539.

- [16] **Stamford, L., & Azapagic, A.** (2018). Environmental impacts of photovoltaics: the effects of technological improvements and transfer of manufacturing from Europe to China. *Energy technology*, 6(6), 1148-1160.
- [17] **Qi, L., & Zhang, Y.** (2017). Effects of solar photovoltaic technology on the environment in China. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(28), 22133-22142.
- [18] **Xu, M., Xie, P., & Xie, B. C.** (2020). Study of China's optimal solar photovoltaic power development path to 2050. *Resources Policy*, 65, 101541.
- [19] **Guo, X., Lin, K., Huang, H., & Li, Y.** (2019). Carbon footprint of the photovoltaic power supply chain in China. *Journal of cleaner production*, 233, 626-633.
- [20] **Venkateswaran, J., Solanki, C. S., Werner, K., & Yadama, G. N.** (2018). Addressing Energy Poverty in India: A systems perspective on the role of localization, affordability, and saturation in implementing solar technologies. *Energy research & social science*, 40, 205-210.
- [21] **AlOtaibi, Z. S., Khonkar, H. I., AlAmoudi, A. O., & Alqahtani, S. H.** (2020). Current status and future perspectives for localizing the solar photovoltaic industry in the Kingdom of Saudi Arabia. *Energy Transitions*, 4(1), 1-9.
- [22] **Semelane, S., Nwulu, N., Kambule, N., & Tazvinga, H.** (2021). Economic feasibility assessment of manufacturing solar panels in South Africa—A case study of Steve Tshwete Local Municipality. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 43, 100945.
- [23] **Almarshoud, A. F., & Adam, E.** (2021). A transition toward localizing the value chain of photovoltaic energy in Saudi Arabia. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 23(7), 2049-2059.
- [24] **Chen, Z., & Su, S. I. I.** (2014). Photovoltaic supply chain coordination with strategic consumers in China. *Renewable Energy*, 68, 236-244.
- [25] **Bekti, D. B. M., Prasetyo, Y. T., Redi, A. A. N. P., Budiman, A. S., Mandala, I. M. P. L., Putra, A. R., ... & Young, M. N.** (2021). Determining Factors Affecting Customer Intention to Use Rooftop Solar Photovoltaics in Indonesia. *Sustainability*, 14(1), 280.
- [26] **Abdallah, T., Diabat, A., & Rigter, J.** (2013). Investigating the option of installing small scale PVs on facility rooftops in a green supply chain. *International Journal of Production Economics*, 146(2), 465-477.
- [27] **Klein, M., & Deissenroth, M.** (2017). When do households invest in solar photovoltaics? An application of prospect theory. *Energy policy*, 109, 270-278.
- [28] **Baur, L., & Uriona, M.** (2018). Diffusion of photovoltaic technology in Germany: A sustainable success or an illusion driven by guaranteed feed-in tariffs?. *Energy*, 150, 289-298.
- [29] **Lee, M.** (2019). Economic feasibility analysis and policy implication for photovoltaic system at cohousing in KOREA. *Renewable Energy*, 144, 30-40.
- [30] **Li, Z., & Ma, T.** (2020). Peer-to-peer electricity trading in grid-connected residential communities with household distributed photovoltaic. *Applied Energy*, 278, 115670.

- [31] **Nuss, P., Graedel, T. E., Alonso, E., & Carroll, A.** (2016). Mapping supply chain risk by network analysis of product platforms. *Sustainable Materials and Technologies*, 10, 14-22.
- [32] **Jia, F., Sun, H., & Koh, L.** (2016). Global solar photovoltaic industry: An overview and national competitiveness of Taiwan. *Journal of Cleaner Production*, 126, 550-562.
- [33] **Davies, J., & Joglekar, N.** (2013). Supply chain integration, product modularity, and market valuation: Evidence from the solar energy industry. *Production and Operations Management*, 22(6), 1494-1508.
- [34] **Sampaio, P. G. V., & González, M. O. A.** (2017). Photovoltaic solar energy: Conceptual framework. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 74, 590-601.
- [35] **Özdemir, A., & Seçme, G.** (2009). Tedarik Zinciri Ağ Tasarımına Bulanık Ulaştırma Modeli Yaklaşımı. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (32), 219-237.
- [36] **Sefai, M. S.** (2011) *Tedarik Zinciri ve Analizi Yöntemlerinin Bir Hazır Giyim Ağına Uygulanması*. (Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi)
- [37] **Dükancılar, Ö.** (2011) *Supply Chain Analysis and Improvement of A Production Company*. (Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi)
- [38] **URL-3** <<https://digitalsupplychaintoday.com/f/upstream-and-downstream-logistics-in-supply-chain-management>> Erişim Tarihi: Kasım 2021
- [39] **URL-4** <<https://www.slideshare.net/erolcengiz9212/tedarik-zinciri-ynetimi-41271927>> Erişim Tarihi: 21.10.2021
- [40] **Currie, R. R., Seaton, S., & Wesley, F.** (2009). Determining stakeholders for feasibility analysis. *Annals of tourism research*, 36(1), 41-63.
- [41] **URL-5** <<https://pmstudycircle.com/conduct-feasibility-study/>> Erişim Tarihi: Aralık 2021
- [42] **Garlet, T. B., Ribeiro, J. L. D., de Souza Savian, F., & Siluk, J. C. M.** (2020). Value chain in distributed generation of photovoltaic energy and factors for competitiveness: A systematic review. *Solar Energy*, 211, 396-411.
- [43] **Jia, F., Sun, H., & Koh, L.** (2016). Global solar photovoltaic industry: an overview and national competitiveness of Taiwan. *Journal of Cleaner Production*, 126, 550-562.
- [44] **URL-6** <<https://www.enfsolar.com/directory/panel>> Erişim Tarihi: Mayıs 2022
- [45] **IRENA** (2021), Renewable Power Generation Costs in 2020, *International Renewable Energy Agency*, Abu Dhabi.
- [46] **Çolak, İ., Bayındır, R., & Demirtaş, M.** (2008). Türkiye'nin enerji geleceği. *Tübav Bilim Dergisi*, 1(2), 36-44.
- [47] **Yıldız, F. B., & Varol, Ç.** (2018). Nükleer Enerji Politikaları ve Büyük Enerji Yatırımlarında Toplumsal Katılımcı Süreçler: Sinop Nükleer Güç Santrali Örneği. *Çağdaş YEREL YÖNETİMLER* Cilt 27 Sayı 2 Nisan 2018 6360 Sayılı Kanun ve Zorunlu Kentleşme, 95.
- [48] **URL-7** <<https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/world-gross-electricity-production-by-source-2019>> Erişim Tarihi : Aralık 2021

- [49]URL -8 < <https://globalsolaratlas.info/map> > Erişim Tarihi: Ocak 2022
- [50] **Koç, E., & Kaya, K.** (2015). Enerji Kaynakları–Yenilenebilir Enerji Durumu. *Mühendis ve Makina*, 56(668), 36-47.
- [51] **Kocakuşak, R.** (2018) *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Güneş Enerjisinin, Türkiye’deki Önemi Ve Ges Kurulum Araştırması*. (Yüksek Lisans Tezi, Maltepe Üniversitesi)
- [52] **Varınca, K. B., & Gönüllü, M. T.** (2006). Türkiye’de güneş enerjisi potansiyeli ve bu potansiyelin kullanım derecesi, yöntemi ve yaygınlığı üzerine bir araştırma. *Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi*, 21-23.
- [53] **Kapluhan, E.** (2014). Enerji Coğrafyası Açısından Bir İnceleme: Güneş Enerjisinin Dünya’daki Ve Türkiye’deki Kullanım Durumu. *Coğrafya dergisi*, (29), 70-98.
- [54]URL-9 <<https://ourworldindata.org/grapher/energy-consumption-by-source-and-region?time=2020..latest>> Erişim Tarihi: şubat 2022
- [55] **Ren21**, (2022) Renewables 2022 Global Status Report
- [56] **KILIÇ, F. Ç.** (2015). Güneş Enerjisi, Türkiye’deki Son Durumu ve Üretim Teknolojileri. *Mühendis ve Makina*, 56(671), 28-40.
- [57]URL-10 <<https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-gunes>> Erişim Tarihi: Aralık 2021
- [58]URL-11 <<https://mgm.gov.tr/kurumici/turkiye-guneslenme-suresi.aspx>> Erişim Tarihi: Aralık 2021
- [59] **Özgür, E.** (2018). Türkiye’de güneş enerjisi. *Türkiye’de Enerji Görünümü*, 297(316), 20.
- [60]URL-12 <<https://www.teias.gov.tr/tr-TR/kurulu-guc-raporlari>> Erişim Tarihi : Aralık 2021
- [61] **Eskin, N.** (2006). Türkiye’de Güneş Enerjisi Araştırma ve Geliştirme.
- [62]URL-13 < <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-uretim-faaliyetleri-lisassiz-elektrik-uretimi> > Erişim Tarihi: şubat 2022
- [63] **Özcan, E. S.** (2013). Dünyada ve Türkiye’de Güneş Enerjisi. *Tubitak Bilim ve Teknik Dergisi*.
- [64]URL-14 <<https://lisans.epdk.gov.tr/epvys-web/faces/pages/lisans/elektrikUretim/elektrikUretimOzetSorgula.xhtml>> Erişim: şubat 2022
- [65]URL-15 < <https://www.trademap.org/> > Erişim: Mart 2022
- [66] **İstanbul Demir ve Demir Dışı Metaller İhracatçıları Birliği (İDDMİB)** (2020), *Türkiye Alüminyum Sektör Buluşması Raporu*
- [67]URL-16 < <https://www.enfsolar.com/> > Erişim Tarihi: Mart 2022
- [68] **Kayalıca, M.O., Çolak, Ü., Güven D., Kayakutlu G.** (Mayıs 2022). Güneş Paneli Teknolojileri ve Pazar İncelemesi: Analitik Hiyerarşik Süreç ile SWOT Analizi (Çalışma süreci devam eden rapor). *İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü*, İstanbul.
- [69] **Kart, C., S., Çalışır, Y., C., & Yılmaz, M.** (2018). Güneş Enerjisinin İstihdam Açısından Önemi, *TUCAUM 30. Yıl Uluslararası Coğrafya Sempozyumu*.

- [70] **IRENA** (2020), The Post-COVID Recovery: An Agenda For Resilience, Development And Equality, *International Renewable Energy Agency*, Abu Dhabi
- [71]**URL-17** < <https://shura.org.tr/shurastat-31-sayi/>> Erişim Tarihi: Kasım 2022
- [72]**URL-18**<<https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Benefits/Renewable-Energy-Employment-by-Country>> Erişim Tarihi: Haziran 2022
- [73] **Özenç, B., & Özen, E., N.**, (2020). Türkiye’de Yenilenebilir Enerjiyle Beceri Ve İstihdam Gelişimi, *Elektrik Sektörünü Karbonsuzlaştırmanın Yan Faydalarının Analizi*, Sabancı Üniversitesi
- [74]**URL-19** <https://tr.wikipedia.org/wiki/Wassily_Leontief> Erişim Tarihi: Mart 2022
- [75] **Altan, Ş., Atan, M., & Tokpınar, S.** (2015). Sektörel etkinlik ölçümü: girdi çıktı tablosu ve veri zarflama analizi ile bir uygulama. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 7(2), 214-234.
- [76] **Tok, E. O., & Sevinc, O.** (2019). Üretimin İthal Girdi Yogunluğu: Girdi-çikti Analizi (No. 1906). *Research and Monetary Policy Department*, Central Bank of the Republic of Turkey.
- [77] **Keyser, D., Flores-Espino, F., Uriarte, C., & Cox, S.** (2016). User Guide The International Jobs And Economic Development Impacts Model
- [78] **Erdoğan, H.** (2020). Türkiye’nin GSYİH Büyümesinin Karışık Veri Örneklemeye MIDAS Yöntemi ile Öngörüsü. *Iğdır Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (22), 519-542.
- [79]**URL-20** <<https://paracevirici.com/doviz-arsiv/merkez-bankasi/gecmis-tarihli-doviz/2020/amerikan-dolari>> Erişim Tarihi: Şubat 2022
- [80]**URL-21** < <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Isgucu-Maliyeti-Istatistikleri-2020-37495> > Erişim Tarihi: Şubat 2022



EKLER

EK A: Firmalar

Çizelge A.1 : Türkiye'de monokristal PV panel üreten firmalar.

Firma Adı	Şehir	Adres	Site	Telefon
Set Solar	Ankara	Aydın Mah. Aydın Küme Evleri No:78 Kahramankazan Ankara / Türkiye	setsolar.com.tr	+90 312 814 10 20
GTC Trade	Adıyaman	Petrol Mah. Organize Sanayi Bölgesi 11.cadde No: 2/1 02040 Adıyaman	gtctrade.com	90 416 290 35 36
HSA Enerji	İstanbul	Fatih Sultan Mehmet Mah. Poligon Cad. Buyaka Kule 2 No: 8/24, 34771, Ümraniye, İstanbul	hsaenerji.com	+90 216 7711654
Smart Solar Technologies	İstanbul	Rüzgarlıbahçe, Feragat Sk. No:2, 34805, Beykoz, İstanbul,	smartsolar.com.tr	+90 216 2257200

Çizelge A.2: Polikristal PV panel üreten firmalar.

Firma	Şehir	Adres	Site	Telefon
Zahit Energy	Adana	Hacı Sabancı Organize Sanayi Bölgesi Oğuz Kağan Köksal Cad. No:5 SARIÇAM/ ADANA	zahit.com.tr	+90 (322) 394 35 02
Kalyon PV	Ankara	Malıköy, Şaditürk Blv., 06909 Malıköy Başkent Osib/Sincan/Ankara	kalyonpv.com	444 6 559 (KLY)
MNY Energy	İstanbul	Nergiz Sok. No:12 Odakule1 Rezidans Kat:12 Daire: 49 34570 Ataşehir İstanbul	mnyenergy.com	+90 216 575 53 08

Çizelge A.2 (devam): Polikristal PV panel üreten firmalar.

Firma	Şehir	Adres	Site	Telefon
Daxler Energy	Konya	Büyükkayacık OSB Mah. 102. Cad. No: 3/1 42280 Selçuklu / Konya	daxlerenergy.com	444 95 77
Elizler (Pantec Solar)	Tekirdağ	Avrupa Sanayi Sitesi, Mimar Sinan Mah, 101. Cad, D Blok No:4 Kapaklı/Tekirdağ	elizler.com	+90 282 606 08 18

Çizelge A.3 : Hem Monokristal hem Polikristal PV Panel üreten firmalar.

Firma	Şehir	Adres	Site	Telefon
Gesper Enerji	Adana	Yeşiloba mah, 46167 sk, Efer 2 Sanayi Sitesi, B Blok, No: 39/AR, Seyhan, Adana, 01200	gesper.com.tr	+90322 2352235
SP Enerji	Adana	Hacı Sabancı Organize Sanayi Bölgesi, Acıdere OSB Mah. Hilal, Cad. No:6, 01410, Sarıçam, Adana	spenerji.com.tr	+90 322 4573232
Ankara Solar	Ankara	Demirhenderek Cd. No. 92, Ulubey, Altındağ, Ankara, 06360	ankarasolar.com.tr	+90 312 5980018
BGS	Ankara	İvedik Organize Sanayi 1354 cad., No.90, Kat.1, Yenimahalle, Ankara, 06378	basgulgrup.com.tr	+90 312 3404040
PluraWatt	Ankara	Başkent Organize Sanayi Bölgesi, Recep Tayyip Erdoğan Bulvarı No:6,Malıköy, 06909 Ankara	plurawatt.com	+90 537 0627365
Alfa Solar Enerji	Ankara	Balgat Mahallesi Mevlana Bulvarı No 139/A Kat 9 Daire 31 Yelken Plaza Çankaya- ANKARA	alfasolarenerji.com	0312 2303257
Sundate Solar	Ankara	Beştepe Mahallesi Nergiz Sokak, Via Tower İş Merkezi, No: 7 / 18, 06510, Söğütözü, Ankara	sundatesolar.com	+90 312 2190069
CW Enerji	Antalya	Antalya Organize Sanayi Bölgesi 1, Kısım, Atatürk Blv., No: 20, 07190, Aosa 1, Kısım, Döşemealtı, Antalya,	cw-enerji.com	+90 242 2290054
TERA Solar	Bursa	Yalova Yolu Üzeri., 3.km, 8 No'lu Sok., No. 15/Z1, Gemlik, Bursa, 16600	tera-solar.com	+90 224 5130588
SternLicht Energie	Diyarbakır	OSB II.Etap 17., Cad. No: 1, Yenişehir, Diyarbakır	sternlicht.com.tr	+90 412 503 08 80

Çizelge A.3 (devam) : Hem Monokristal hem Polikristal PV Panel üreten firmalar.

Firma	Şehir	Adres	Site	Telefon
SH Schindler	Gaziantep	Fevzi Çakmak Bulvarı, Göymen Apt Kat: 1d:2, Gaziantep, 27100	shschindlers.com	+90 532 2378876
Solarturk Enerji	Gaziantep	2.OrganizeSanayi Bölgesi, 83226, Nolu Cadde No:19 Şehitkamil, Gaziantep	solarturk.com.tr	+90 342 3372100
Solen Tad	Gaziantep	Körkün mah., Ökkeş Yiğit Bulv., No: 3, Oğuzeli, Gaziantep, 27500	solentad.com.tr	+90 342 7770555
Gest Energy	Hatay	Güngör Uydukent Blok:C12,Antakya, Hatay, 31000	gest-energy.com	+90 326 2551010
Demir Enerji	İstanbul	Büyükdere Cad., Torun Center Office Tower, No:74D, Kat:11, 34394, Mecidiyeköy, Şişli, İstanbul	demir-enerji.com	+90 212 2178777
Admen Energy	İstanbul	DudulluOSB Mahallesi İmes 305 Sokak C Blok No:3 Ümraniye/İSTANBUL	admenenerji.com	+90 216 364 01 01
Desiba Enerji	İstanbul	42 Maslak Ahi Evran Cad. No:6 A Blok K:10 D:1005, Sarıyer/İstanbul	desibaenerji.com	+90 212 3474754
Mirsolar Energy	İstanbul	AltunizadeMahallesi, Tophanelioğlu Caddesi No:2/4 Üsküdar İstanbul	mir solar.com.tr	+90 216 6889100
Schmid Pekintas Energy	İstanbul	Büyükdere Caddesi No:32 Pekintas İş Merkezi, 34394, Şişli, İstanbul	schmid-pekintas.com	+90 212 2670061
ACS Enerji	İzmir	1376 Sokak, Boran Plaza No:3AG, 35170 Halkapınar/İZMİR	acsenerji.com	+90 232 7990098
Aton Enerji	İzmir	Karacaoğlan Mah. 6169 Sk. No:8/19 Işıkkent Bornova / İzmir	atonenerji.com	+90 533 3588827
Matech Enerji	İzmir	EğitimMah, Şht. Kamil Özdemir Sk. No:31/B, 35330, Balçova, İzmir	matechenergy.com	+90 850 5328580
Aküsan	Kayseri	Yavuz Selim Mah., Sivas Cad., No: 364, Kocasinan, Kayseri, 38110	akusan.com	+90 352 2410770
Energate Solar	Kayseri	Mimarsinan OSB, 15.Cad, No:8, Melikgazi, Kayseri, 38350	energatesolar.com	+90 352 3520004
Ödül Solar	Kayseri	Mimarsinan O.S.B. 12.Cadde No:10, 38350, Melikgazi Kayseri	odulsolar.com	+90 352 2900359
Select Energy Systems	Kayseri	Osman Kavuncu Mahallesi, Osman Kavuncu Bulvarı No. 225/C, Melikgazi, Kayseri, 38070	selectenerji.com	+90 352 502 03 05
Sonetrol	Kayseri	BarbarosMah.Oymak Cad. No:8/51 Kocasinan, Kayseri, 38080	sonetrol.com.tr	+90 (352) 502 90 09

Çizelge A.3 (devam) : Hem Monokristal hem Polikristal PV Panel üreten firmalar.

Firma	Şehir	Adres	Site	Telefon
Neva Solar	Konya	Fevziçakmak, Büsan OSB Fevzi çakmak mah, Sıla Cd. A Blok, D, No: 12A, 42050, Karatay, Konya	nevalight.com	(332) 342 30 36
Tetra Enerji	Malatya	2.Organize Sanayi Bölgesi 5. Cd. No:4 Yeşilyurt – Malatya	tetraenerji.com.tr	+90422 2440544
GSE	Tekirdağ	Çerkezköy Org. San. Bölğ. Gazi Osman Paşa Mh. 7. Cd. No:124 59500 Çerkezköy/Tekirdağ/Türkiye	gazioglusolar.com.tr	+90 (282) 758 17 77
Sunwatt Enerji	Tekirdağ	Mimar sinan mahallesi 101 cad. Depocular ve yan sanayiciler sit. B blok apt. No: 7 b/7 Kapaklı	sunwattenerji.com	+90 (282) 758 18 82

Çizelge A.4 : Montaj Sistem Gereksinimleri üreten firmalar.

Firma	Şehir	Adres	Site	Telefon
Lazer Solar Enerji	Ankara	Samsun Yolu 25. km Gökçeyurt Mah. Serpmeler Sok. No:257 Mamak - ANKARA	lazersolarenerji.com	0 (312) 351 40 09
Mir Grup	Ankara	Macun mah. batı bulvarı ATB iş Merk. P.Code 06105 Yenimahalle Ankara	solarstreetlighting.net	+9031239 73934
Arkat Alüminyum	Bursa	Nilüfer Organize Sanayi Bölgesi Minareliçavuş OSB 120. Sokak No:5 Nilüfer / BURSA	arkataluminyum.com	0224 411 06 20
Era Aluminium	Bursa	Minareliçavuş OSB Mah. Gürgen Cad. No:8 Nilüfer / Bursa	eraaluminyum.com.tr	+90 224 532 1352
Solarteknik	Bursa	Ankara Cd. No: 334, 16310, Yıldırım, Bursa	solarteknik.com.tr	0 224 272 20 00
SMT Enerji	Gaziantep	Sanayi Mahallesi Anafartalar Caddesi No:170 Şehitkamil/ Gaziantep	smtenerji.com	+90 342 503 04 65
Standart Aluminium	Gaziantep	Kırklareli OSB 7. Cadde No:18 Gaziantep 4. OSB No:7/3	standartaluminyum.com	0342 341 4 341
Asal Solar	Hatay	Antakya Yeni sanayi Sitesi 8.cadde No:23 ANTAKYA / HATAY	asalsolar.com	+90 (539) 853 75 50
Dökücüler Alüminyum	Kahramanmaraş	Türkoğlu Organize Sanayi Bölgesi Mahallesi 2.Cadde 7/1 Türkoğlu	dokuculeraluminyum.com	+90 344 257 90 70

Çizelge A.4 (devam) : Montaj Sistem Gereksinimleri üreten firmalar.

Firma	Şehir	Adres	Site	Telefon
Formal Alüminyum	Kayseri	O.S.B. 35. CADDE NO:27 38070	formal.com.tr	0 352 322 15 55
Conta	Kocaeli	GOSB Tembelova 3200 Cadde No: 3205/1 2B1 Gebze 41400 Kocaeli	conta.com.tr	+90 262 642 99 88
Tema Alüminyum	Kocaeli	Barış Mahallesi Güney Yan Yol Caddesi No:338 Gebze/KOCAELİ	temaaluminyum.com .tr	444 57 20
Solimpeks Enerji	İzmir	Meriç Mah. 5627 Sok. No:10 35090 Çamdibi – Bornova / İZMİR	solimpeks.com.tr	+90 232 472 26 66
Teknik Alüminyum	Tekirdağ	Velimeşe O.S.B. Mah. 6. Yanyol Cad. No:40/1 Ergene / Tekirdağ	teknikaluminyum.co m.tr/	0-282- 674 51 51
Tuna Alüminyum	Tekirdağ	Veliköy O.S.B.Sanayi Bulvarı No:98/A / 59500 Çerkezköy / Tekirdağ / TURKEY	tunaaluminium.com	+ 90 282 746 13 00
ModSteel	İstanbul	LEVENT 199 Plaza Esentepe Mah. Büyükdere Cd. No: 199/6 Şişli	modsteel.com	+90 (212) 969 96 44
Sistem Alüminyum	İstanbul	Akçaburgaz Mh. 3055. Sok. No:4 Esenyurt	sistemal.com	+90 212 886 87 87
Six Metal	İstanbul	Bahçelievler Mah. Çınarlı Sok. 34180 İstanbul	sixmetal.com	+90 539 697 60 90
Yavuz Metal	İstanbul	Yunus Emre Mah. Tabiat sk. No:15 Sancaktepe / İstanbul	yavuzaluminyum.co m	+90 216 484 15 97-98
Meko Metal	İzmir	Yedi Eylül Mahallesi Ümit Tunçag Cad. No:5 PK:35860 Torbalı / İZMİR - Türkiye	mekometal.com.tr	+90 232 335 50 38

Çizelge A.5 : Kablo üreten firmalar

Firma	Şehir	Adres	Site	Telefon
Alves Kablo	Ankara	Fatih Mah. Karatay Cad. No: 6 Kahramankazan	alveskablo.com	0 312 802 05 55
CMK Kablo	Denizli	Hacıyüplü, Akça Cd. No: 157, 20050 Merkezefendi / Denizli	www.cmkkablo.com	+90 258 371 0030
RN Kablo	Denizli	Pinarkent Mah. Cafer Sadik Abalioglu Cad. No:59 DENİZLİ	rnkablo.com	+90 553 293 70 12
Seval Kablo	İzmir	1203/11 Sk. No:5/7 Kat:22 Megapol Çarşı Kule Konak / İZMİR	www.sevalkablo.co m	+90 232 469 60 60
Alkan Kablo	İstanbul	Fatih Mah. Yakacık Yolu Cad. Ortadağ Mevkii No:37/A Sancaktepe	alkanlar.com/en/grou p-companies/alkan- kablo/	+90 (216) 564 57 00
Başoğlu	İstanbul	İçerenköy Yolu Cad. Keyap San. Sit. E-2 Blok No.82 Yukarı Dudullu, 34775	basoglu.com/	0 216 420 59 40
Erse Kablo	İstanbul	Halil Rıfat Paşa Mh. Yüzer Havuz Sk. No: 5-9 Şişli / İstanbul - TÜRKİYE	ersekablo.com.tr	+90 (212) 320 26 80
Femka Kablo	İstanbul	Halil Rıfat Paşa Mahallesi Perpa Ticaret Merkezi A Blok Kat : 2 No: 9 / 0027 Okmeydanı Şişli İstanbul 34384	femka.com.tr/	+0212 220 20 22
Alves Kablo	Ankara	Fatih Mah. Karatay Cad. No: 6 Kahramankazan	alveskablo.com	0 312 802 05 55
CMK Kablo	Denizli	Hacıyüplü, Akça Cd. No: 157, 20050 Merkezefendi / Denizli	www.cmkkablo.com	+90 258 371 0030
RN Kablo	Denizli	Pinarkent Mah. Cafer Sadik Abalioglu Cad. No:59 DENİZLİ	rnkablo.com	+90 553 293 70 12

Çizelge A.5 (devam) : Kablo üreten firmalar.

Firma	Şehir	Adres	Site	Telefon
Seval Kablo	İzmir	1203/11 Sk. No:5/7 Kat:22 Megapol Çarşı Kule Konak / İZMİR	www.sevalkablo.com	+90 232 469 60 60
Alkan Kablo	İstanbul	Fatih Mah. Yakacık Yolu Cad. Ortadağ Mevkii No:37/A Sancaktepe	alkanlar.com/en/group-companies/alkan-kablo/	+90 (216) 564 57 00
Başoğlu	İstanbul	İçerenköy Yolu Cad. Keyap San. Sit. E-2 Blok No.82 Yukarı Dudullu, 34775	basoglu.com/	0 216 420 59 40
Erse Kablo	İstanbul	Halil Rıfat Paşa Mh. Yüzer Havuz Sk. No: 5-9 Şişli / İstanbul - TÜRKİYE	ersekablo.com.tr	+90 (212) 320 26 80
Femka Kablo	İstanbul	Halil Rıfat Paşa Mahallesi Perpa Ticaret Merkezi A Blok Kat : 2 No: 9 / 0027 Okmeydanı Şişli İstanbul 34384	femka.com.tr/	+0212 220 20 22
Klas Kablo	İstanbul	Hadımköy Ömerli Mah. Uzunçayır Cad. No : 13/2 Arnavutköy	klasenerji.com.tr	444 72 80
Unika	İstanbul	Yeni Sülün Sok. No:5 İçlevent 34330 Beşiktaş - İstanbul / TURKEY	unika.com.tr	+90 212 278 23 53
Vatan Kablo	İstanbul	Perpa Tic. Merk. A Blok K:11 No:1385 Okmeydanı İstanbul	vatan.com.tr	+90 212 210 3 331
Dikkan Cable	İzmir	Kemalpaşa osb mah. Güney sanayi cad. No: 365 iç kapi no: 1 Kemalpaşa	dikkancable.com	0 232 878 99 80
Hes Kablo	Kayseri	Erciyes Mahallesi Hes Caddesi No:22 - 38210	hes.com.tr	0 352 207 45 00
Ünal Kablo	Tekirdağ	Velimeşe OSB Mah.247.Sok.No:4/1 Ergene / Tekirdağ /	unalkablo.com	+90 282 693 30 00
Ege Kablo	Manisa	Keçiliköy OSB Mah. Yusuf Karaoğlu Cad. No:6 Yunusemre/ Manisa	egekablo.com	(0236) 246 82 85

Çizelge A.6 : İnverter üreten firmalar.

Firma	Şehir	Adres	Site	Telefon
Mir Grup	Ankara	Macun mah. batı bulvarı ATB iş Merk. P.Code 06105 Yenimahalle	solarstreetlighting.net	+9031239 73934
Mir Grup	Ankara	Macun mah. batı bulvarı ATB iş Merk. P.Code 06105 Yenimahalle	solarstreetlighting.net	+9031239 73934
Orion	Ankara	Çamlıca Mh. Anadolu Blv. No : 20-I Blok 2 Macunköy- Yenimahalle	orionsolar.com.tr	+90 (312) 472 33 57
Solarkol Enerji	Ankara	100.Yıl Mah. İzci Sok. Ekin Apt. No:24/5 06700 Çankaya	.solarkol.com	0312 272 0 565
Gest Energy	Hatay	Güngör Uydukent Blok C- 12 Antakya,31000	gest-energy.com	+90 326 255 1010
Esis Enerji	İstanbul	Şerifali Mah. Büyükyavuz Sok. Royal Plaza No.3 D.2 Ümraniye	esis.com.tr	0 216 540 90 00
Maxwatt Enerji	İstanbul	Triko Center San. Sit. İkitelli OSB M9 Blok No:7 Başakşehir	maxwattenerji.com	+90212 549 1996
Teksan	İzmir	2824 Sokak No:6 1.Sanayi Sitesi	orbussolar.com	+90 232 459 56 16
Elizler (Pantec Solar)	Tekirdağ	Avrupa Sanayi Sitesi, Mimar Sinan Mah, 101. Cad, D Blok No:4 Kapaklı	elizler.com/	+90 282 606 08 18

Çizelge A.7 : Bağlantı kutusu üreten firmalar

Firma	Şehir	Adres	Site	Telefon
Ekinler Endustri	İstanbul	Eski Büyükdere Cad. Maslak İş Merkezi No:37 Kat:9 34398 Maslak Sarıyer İstanbul / TÜRKİYE	ekinler.com/	+90 (212) 485 09 53

Çizelge A.8 : Çerçeve üreten firmalar.

Firma	Şehir	Adres	Site	Telefon
Zahit Energy	Adana	Hacı Sabancı Organize Sanayi Bölgesi Oğuz Kağan Köksal Cad. No:5 SARIÇAM/ ADANA	zahit.com.tr/	+90 (322) 394 35 02
Cansan Aluminyum	Bursa	Hasanağa OSB Mh. 12. Cd. No:4 16280 Nilüfer, Bursa, Türkiye	cansan.com.tr	0 (224) 484 23 30
Era Aluminium	Bursa	Minareliçavuş OSB Mah. Gürgen Cad. No:8 Nilüfer / Bursa / Türkiye	eraaluminyum.com.tr	+90 224 532 1352
Kalıpsan Aluminum	Bursa	Üçevler Mh. 81. (220) Sk. No: 1 Nilüfer	www.kalipsanaluminyum.com	0224 482 30 79
Asal Solar	Hatay	Antakya Yeni sanayi Sitesi 8.cadde No:23 ANTAKYA / HATAY	www.asalsolar.com	+90 (539) 853 75 50

Çizelge A.9 : PV test cihazı, sensor ve dedektör üreten firmalar.

Firma	Şehir	Adres	Site	Telefon
Arkensüs Enerji	Ankara	Büklüm Sokak No:68/1 Kavaklıdere	arkensüs.com/	+90 312 468 7171

Çizelge A.10 : PV Sistemlerin montajını yapan firmalar.

Firma	Şehir	Adres	Site	Telefon
SMI Grup	Aksaray	Erenler Organize Sanayi Bölgesi 4.Sokak No:4 Merkez	smigrup.com	+90 382 266 23 16
ERL Solar Montage Systems	Ankara	Maidan İş ve Yaşam Merkezi Eskişehir Yolu, Bilkent Kavşağı B Blok, 9.Kat No:92-94 Çankaya	erl.com.tr	+90 312 502 8434
Güneşfix Enerji	Ankara	Alcı Osb Mah. 2007. Cad. No:2 Sincan	gunesfix.com.tr	+90 312 640 13 13
Lazer Solar Enerji	Ankara	Samsun Yolu 25. Km Gökçeyurt Mah. Serpmeler Sok. No:257 Mamak	lazersolarenerji.com	0 (312) 351 40 09
Mir Grup	Ankara	Macun mah. batı bulvarı ATB İş Merk. P.Code 06105 Yenimahalle	solarstreetlighting.net	+9031239 73934
NE-KA Mühendislik	Ankara	Saray Mahallesi 1071.Sokak No:1G-1H (ANSA Toplu Isyerleri) Kahraman Kazan	nekamuhendislik.com.tr	+90(312) 8151497
PluraWatt	Ankara	Başkent Organize Sanayi Bölgesi Recep Tayyip Erdoğan Bulvarı No:6 Malıköy - 06909	plurawatt.com	(537) 062-7365
Zahit Energy	Ankara	Çamlıtepe Cd. 47 \ A-B Siteler ALTINDAĞ	zahit.com.tr	+90 (312) 353 54 53
Solarteknik	Bursa	Ankara Cd. No: 334, 16310, Yıldırım	solarteknik.com.tr	0 224 272 20 00
Kıraç Metal	Eskişehir	Organize Sanayi Bölgesi, Şehitler Bulvarı No:21 Eskişehir – Türkiye	kiracmetal.com	0222 236 15 00
Standart Aluminium	Gaziantep	Kırklareli OSB 7. Cadde No:18 Gaziantep 4. OSB No:7/3	standartaluminyum.com	0342 341 4 341

Çizelge A.10 (devam) : PV Sistemlerin montajını yapan firmalar.

Firma	Şehir	Adres	Site	Telefon
Asal Solar	Hatay	Antakya Yeni sanayi Sitesi 8.cadde No:23 ANTAKYA	asalsolar.com	+90 (539) 853 75 50
EAE	İstanbul	Akçaburgaz Mahallesi, 3114. Sokak, No: 10, 34522 Esenyurt	eae.com.tr	0 (212) 866 20 00
Gapsan	İstanbul	Kavacık Mah. Özgür Cad. No:23 Pan Plaza Kat:7 Beykoz /	gapsanprofil.com	+90 216 479 06 85
Isotec Enerji	Kocaeli	Çerkeşli Mah. İmes OSB 19. Cad. No:18 Dilovası	isotec.com.tr	+90 216 693 23 49
Sunera	İstanbul	Piyalepaşa Bulvarı Famas Plaza A Blok Kat:3 No:14, 34384 Şişli	sunera.com.tr	+90 (212) 222 32 11
Alkor	İzmir	İTOB OSB Mahallesi, 10005. Sk. No:19, Menderes/İzmir	alkorsolarsis.com	+90 232 799 01 81-83
Vergo Enerji Sistemleri	Manisa	Salihli OSB Mah. 307 Sok. No:13 Salihli	vergo.com.tr	+90 (232) 880 70 80
Ensotech Enerji	Kayseri	Oymaağaç, 5063. Sk No:3/P, 38090 Kocasinan/Kayseri	ensotech.com.tr	+90 (352) 513 03 45
Link	Kocaeli	TÜRKİYE Gebze OSB2 Mahallesi 1000. Cadde No: 1016/1 41420	www.linkyapi.com.tr	+90 262 751 4517
Tursam Holding	Sakarya	Çayırova / Kocaeli 2. Organize Sanayi Bölgesi 965 Ada 2 Parsel 54300 Hendek/ Sakarya/Turkey	www.tursamholding.com	+90 264 654 5777

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Muzaffer Cem ATEŞ

ÖĞRENİM DURUMU:

- Lisans : 2020, TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği

YÜKSEK LİSANS TEZİNDEN TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- **Kayakutlu G., Kayalıca M.Ö., Ateş M.C.,** The Contribution of Roof Solar Panels Supply Chain Localization To the Economy and Employment in Turkey. ICOMNAS 2.Uluslararası Multidisipliner Doğa Bilimleri ve Mühendislik Kongresi, 01-02 Aralık 2022, Türkiye