

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

LİSANSSIZ GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALLERİNDE
ŞEBEKE SATIŞ KISITLAMALARININ KURULU GÜÇ
BOYUTLANDIRMASI VE TÜKETİM PROFİLLERİ
ÜZERİNDEN FİNANSAL ANALİZİ

Sait Gazi YILDIRIM

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı
Elektrik Tesisleri Programı

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Ali DURUSU

Kasım, 2023

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**LİSANSSIZ GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALLERİNDE ŞEBEKE
SATIŞ KISITLAMALARININ KURULU GÜÇ
BOYUTLANDIRMASI VE TÜKETİM PROFİLLERİ
ÜZERİNDEN FİNANSAL ANALİZİ**

Sait Gazi YILDIRIM tarafından hazırlanan tez çalışması 28.11.2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı, Elektrik Tesisleri Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Ali DURUSU
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Dr. Öğr. Üyesi Ali DURUSU, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Bedri KEKEZOĞLU, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Asiye KAYMAZ ÖZCANLI, Üye
Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi

Danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Ali DURUSU sorumluluğunda tarafımca hazırlanan “Lisanssız Güneş Enerjisi Santrallerinde Şebeke Satış Kısıtlamalarının Kurulu Güç Boyutlandırması ve Tüketim Profilleri Üzerinden Finansal Analizi” başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Sait Gazi YILDIRIM

İmza



Canım Babam'a
sevgi ve hasretle

...

TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitimim boyunca ve bu tez çalışması süresince bilgi birikimiyle her zaman bana yardımcı olan, zor dönemlerimde desteğini esirgemeyen, değerli danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Ali DURUSU' ya minnettarlığımı ifade etmek istiyorum.

Ayrıca, aileme ve sevdiklerime de teşekkürlerimi sunarım. Sizlerin moral desteği ve anlayışı benim için büyük bir motivasyon kaynağı oldu.

Tüm katkılarınız için tekrar çok teşekkür ederim.

Sait Gazi YILDIRIM

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	iv
SİMGE LİSTESİ	vi
KISALTMA LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
TABLO LİSTESİ	xi
ÖZET	xii
ABSTRACT	xiv
1 GİRİŞ	1
1.1 Tarihçe	1
1.2 Motivasyon ve Tezin Amacı	1
1.3 Literatür Araştırması	3
2 GÜNEŞ ENERJİSİ	8
2.1 Güneş Geometrisi	8
2.2 Fotovoltaik Güneş Pili Teknolojisi	11
3 LİSANSSIZ ELEKTRİK ÜRETİMİ	19
3.1 Türkiye’de Yenilenebilir Enerjinin Yasal Dayanağı ve Lisanssız Elektrik Üretimi	19
3.2 Türkiye’de Lisanssız Elektrik Üretim Santrallerinin Durumu	25
3.3 Türkiye’nin Güneş Enerjisi Potansiyeli	27
4 GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRAL TASARIMI, OPTİMAL BOYUTLANDIRMA VE EKONOMİK ANALİZ	30
4.1 Tüketim Tesisi Verileri	30
4.2 Santral Alanı	31
4.3 PVsyst ile Güneş Enerjisi Santrali Tasarımı	33
4.4 Ekonomik Analiz	40
4.5 Metodoloji	42
4.6 Senaryolara Göre Ekonomik Analiz ve Optimal Boyutlandırma	45
5 SONUÇ	62
KAYNAKÇA	66
A EK	74
TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR	83

SİMGE LİSTESİ

V_{oc}	Açık Devre Gerilimi
G	Anlık Işınım Değeri
k	Boltzman Sabiti
δ	Deklinasyon Açısı
i_D	Diyot Akımı
I_S	Diyot Saturasyon Akımı
q	Elektron Yüğü
φ	Enlem Açısı
γ_s	Güneş Azimut Açısı
α	Güneş Yükseklik Açısı
I_{ph}	Hücre Akım Kaynağı Akımı
V_{PV}	Hücre Çıkış Gerilimini
$T_{hücre}$	Hücre Sıcaklığı
r	İndirim Oranı
P_{max_AC}	İnverter Maksimum Çıkış Gücü
V_{max_MPP}	İnverter Maksimum MPP Çalışma Gerilimi
P_{nom_AC}	İnverter Nominal Çıkış Gücü
V_{min_MPP}	İnverter Minimum MPP Çalışma Gerilimi
I_{sc}	Kısa Devre Akımı
V_{max_Array}	Maksimum Dizi Gerilimi
P_{max}	Maksimum Panel Gücü
I_{mpp}	Panel MPP Akımı
β	Panel Eğim Açısı
V_{mpp}	Panel MPP Gerilimi
n	Proje ömrü
I_{PV}	PV Hücre Çıkış Akımı
R_s	PV Hücre İç Direnci
R_p	PV Hücre Paralel Direnci
ω	Saat Açısı
ΔT	Sıcaklık Farkı
K_i	Sıcaklık Katsayısı

G_{nom}	Standart Test Koşullarında Işınım
I_t	t Yılı Yatırım Harcamaları
M_t	t Yılı İşletme ve Bakım Harcamaları
E_t	t Yılı Üretilen Enerji Miktarı
R_t	t Yılı Nakit Akışı
η	Verim Oranı
θ_z	Zenit Açısı



KISALTMA LİSTESİ

EİGM	Enerji İşleri Genel Müdürlüğü
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
EPİAŞ	Enerji Piyasaları İşletme Anonim Şirketi
FIT	Besleme Tarifesi (Feed-in Tariff)
GEPA	Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası
GES	Güneş Enerjisi Santrali
GHI	Global Yatay Işınım
IRR	İç Karlılık Oranı (Internal Rate of Return)
LCOE	Seyielendirilmiş Enerji Maliyetli (Levelized Cost of Energy)
LID	Işık Kaynaklı Bozunma (Light Induced Degredation)
LST	Yerel Güneş Zamanı
LUY	Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliğı
MPP	Maksimum Güç Noktası
MPPT	Maksimum Güç Takibi
NBD	Net Bugünkü Değer
OPV	Organik Güneş Pilleri
OSB	Organize Sanayi Bölgesi
PPA	Elektrik Satım Alım Anlaşması (Power Purchase Agreement)
PR	Performans Oranı
PV	Fotovoltaik
ROI	Yatırım Getirisi (Return of Investment)
STK	Standart Test Koşulları
TEDAŞ	Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
YEK	Yenilenebilir Enerji Kanunu
YEKDEM	Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	Güneşten gelen ışınların atmosferde dağılımı	8
Şekil 2.2	Güneş geometrisi.....	9
Şekil 2.3	Deklinasyon açısının aylara göre değişimi.....	10
Şekil 2.4	Zenit, azimut ve eğim açıları	11
Şekil 2.5	Fotovoltaik hücrenin çalışma prensibi	12
Şekil 2.6	Fotovoltaik hücrenin tek diyotlu eşdeğer devresi.....	12
Şekil 2.7	PV hücrenin ışıınım, akım, gerilim ve güç parametreleri arasındaki ilişki	13
Şekil 2.8	Fotovoltaik hücrenin sıcaklık, akım ve gerilim ilişkisi	14
Şekil 2.9	Monokristal panel (solda), polikristal panel (sağda)	15
Şekil 2.10	İnce film teknolojisi kullanılarak üretilmiş solar kiremitler.....	16
Şekil 2.11	Amorf silikon güneş pilli bir hesap makinesi.....	16
Şekil 2.12	Organik fotovoltaik hücrelerden yapılmış bir PV modül.....	18
Şekil 3.1	YEKDEM kaynak türüne göre teşvik fiyatları.....	19
Şekil 3.2	Mayıs 2019 tarihinden kurulacak lisanssız santrallerin YEKDEM tarifesi	19
Şekil 3.3	YEKDEM yerli malzeme kullanıma verilen ilave teşvik tarifesi.....	20
Şekil 3.4	Türkiye’deki lisanslı ve lisanssız santrallerin kurulu güçleri ve yüzde dağılımları	26
Şekil 3.5	Türkiye 2022 yılı elektrik enerjisi üretimi	26
Şekil 3.6	Türkiye güneş enerjisi potansiyel atlası	27
Şekil 3.7	Türkiye’nin global radyasyon değerleri	28
Şekil 3.8	Türkiye’nin güneşlenme süreleri.....	28
Şekil 3.9	PV teknolojisine göre metrekarede üretilebilecek enerji	29
Şekil 3.10	Türkiye’nin solar kurulu gücünün yıllara göre değişimi.....	29
Şekil 4.1	Santralin kurulacağı alan	32
Şekil 4.2	Santral alanının aylık ortalama ışıınım değerleri	32
Şekil 4.3	Santral alanının aylık ortalama güneşlenme süreleri	33
Şekil 4.4	GES kurulum alanının meteorolojik verileri	34
Şekil 4.5	PVsyst panel azimut ve eğim açılarının belirlenmesi	34
Şekil 4.6	PVsyst sistem tasarım ekranı.....	36
Şekil 4.7	Güneş horizonu, ufuk gölgelenmesi.....	37
Şekil 4.8	1 MWp santralin PVsyst simulasyon sonuçları ve performans oranı	37

Şekil 4.9	1 MWp santralin normalize üretim değerleri	38
Şekil 4.10	Simuasyon sonucunda 1 MWp GES'in kayıp diyagramı ve ilk yıl sonunda üretilen toplam faydalı enerji.....	39
Şekil 4.11	Optimal boyutlandırma akış diyagramı	43
Şekil 4.12	1 MWp ve 600 kWp GES'in yönetmeliğe göre toplam enerji akışları	51
Şekil 4.13	1 MWp ve 600 kWp GES'in yönetmeliğe göre kümülatif nakit akışları	51
Şekil 4.14	600 kWp GES'in gerçek tüketim ve sabit tüketime göre enerji akışı ..	53
Şekil 4.15	600 kWp GES'in gerçek tüketim ve sabit tüketime göre nakit akışı ...	53
Şekil 4.16	600 kWp GES'in yazlık, kışlık ve gerçek tüketime göre enerji akışı ..	57
Şekil 4.17	600 kWp GES'in yazlık, kışlık ve gerçek tüketime göre nakit akışı ...	57
Şekil 4.18	Santrallerin aylık ve yıllık mahsuplaşmaya göre toplam enerji akışları	59
Şekil 4.19	Santrallerin aylık ve yıllık mahsuplaşmaya göre nakit akışları.....	59

TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1	Satışa konu edilebilecek enerji miktarları - Senaryo 1	24
Tablo 3.2	Satışa konu edilebilecek enerji miktarları - Senaryo 2	24
Tablo 3.3	Ham tüketim miktarlarının tespiti.....	25
Tablo 3.4	2022 sonu ile Türkiye’deki lisanssız üretim santrallerinin durumu	25
Tablo 4.1	Tüketim tesisinin ham elektrik tüketim verileri	31
Tablo 4.2	Tasarımda kullanılan PV panel ve inverter özellikleri	35
Tablo 4.3	Ekonomik parametreler.....	44
Tablo 4.4	1 MWp GES’in eski yönetmeliğe göre mahsuplaşma tablosu	45
Tablo 4.5	1 MWp GES’in satış kısıtlaması yokken gelir gider tablosu.....	46
Tablo 4.6	1 MWp GES’in yeni yönetmeliğe göre mahsuplaşma tablosu	47
Tablo 4.7	1 MWp GES’in satış kısıtlaması varken gelir gider tablosu.....	47
Tablo 4.8	600 kWp GES’in PVsyst simülasyonuna göre ilk yıl üretim verileri...	49
Tablo 4.9	600 kWp GES’in yeni yönetmeliğe göre mahsuplaşma tablosu.....	49
Tablo 4.10	600 kWp GES’in satış kısıtlaması varken gelir gider tablosu	50
Tablo 4.11	Sabit tüketimde 600 kWp GES’in satış kısıtına göre mahsuplaşması	52
Tablo 4.12	Sabit tüketimde 600 kWp GES’in satış kısıtına göre gelir gider tablosu	52
Tablo 4.13	Yazlık tüketimde 600 kWp GES’in satış kısıtına göre mahsuplaşması	54
Tablo 4.14	Yazlık tüketimde 600 kWp GES’in satış kısıtına göre gelir gider tablosu	55
Tablo 4.15	Kışlık tüketimde 600 kWp GES’in satış kısıtına göre mahsuplaşması	56
Tablo 4.16	Kışlık tüketimde 600 kWp GES’in satış kısıtına göre gelir gider tablosu	56
Tablo 4.17	1 MWp GES’in yıllık mahsuplaşma göre gelir gider tablosu.....	58
Tablo 4.18	600 kWp GES’in yıllık mahsuplaşma göre gelir gider tablosu	58
Tablo 4.19	1 MWp GES’in tam satış kısıtlaması halinde ekonomik analizi	60
Tablo 4.20	Tam satış kısıtına göre en uygun kapasiteli 300 kWp GES’in PVsyst simülasyon sonuçları.....	61
Tablo 4.21	300 kWp GES’in tam satış kısıtlaması halinde ekonomik analizi.....	62
Tablo 5.1	Mevzuattaki şebeke elektrik satış durumlarına göre maksimum ve optimal kapasiteli santral yatırımlarının finansal metrikleri ve enerji akışlarını.....	63

LİSANSSIZ GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALLERİNDE ŞEBEKE SATIŞ KISITLAMALARININ KURULU GÜÇ BOYUTLANDIRMASI VE TÜKETİM PROFİLLERİ ÜZERİNDEN FİNANSAL ANALİZİ

Sait Gazi YILDIRIM

Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı

Elektrik Tesisleri Programı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Ali DURUSU

Dünyanın birçok ülkesinde yenilenebilir enerji kullanımını arttırmak ve yerinde üretim ile tüketicilerin kendi elektrik ihtiyaçlarını karşılamalarını sağlamak için teşvik sistemleri bulunmaktadır. Bazı durumlarda tarifeler ve kapsamlar iyi belirlenmediği takdirde, bu teşvikler yatırımlarda aşırı karlılık veya şebeke arz güvenliğinde teknik problemler oluşturabildiğinden yetkili makamlar bu sistemlerde değişiklik yaparak düzenlemelere giderler. Benzer bir düzenleme geçtiğimiz yıl Türkiye’de yapılarak, küçük ve orta ölçekli yenilenebilir enerji yatırımlarının tabi olduğu Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği’nde şebeke elektrik satışlarına kısıtlama getirilmiştir. İlgili satış kısıtlaması ülkede mevcut bulunan çok sayıdaki lisanssız güneş enerjisi santralini (GES) ve gelecekteki potansiyel yatırımları etkileyecektir. Bu tez çalışmasında, mevzuata getirilen şebeke satış kısıtlamalarının bir yatırımın üzerindeki etkileri finansal metrikler ile ortaya konulmuştur. Devamında ise şebeke satış kısıtlamalı durumda bir güneş enerjisi santralinin kurulu gücünün boyutlandırması yapılmıştır. Ardından farklı

tüketim profillerinin GES yatırımı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bir diğer senaryoda aylık ve yıllık mahsuplaşmalara göre analiz yapılmıştır. Ayrıca elektrik satışının tamamen kısıtlandığı senaryoya göre de analiz tekrarlanarak optimal kapasiteli santralin gücü elde edilmiştir. Son olarak satış kısıtlamalı ve kısıtlamasız durumlar için elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak doğru boyutlandırmanın etkinliği finansal olarak kanıtlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Güneş enerji santralleri, yenilenebilir enerji politikaları, lisanssız elektrik üretimi, şebeke elektrik satış kısıtlaması, PV santral boyutlandırma



FINANCIAL ANALYSIS OF GRID SALES RESTRICTIONS IN UNLICENSED SOLAR POWER POWER PLANTS THROUGH CAPACITY SIZING AND CONSUMPTION PROFILES

Sait Gazi YILDIRIM

Department of Electrical Engineering

Master of Science Thesis

Supervisor: Assistant Professor Ali DURUSU

In many countries of the world, there are incentive systems to increase the use of renewable energy and to meet the electricity needs of consumers. In some cases, if the tariffs and scopes are not well defined, these incentives may lead to excessive profitability in investments or technical problems in the security of grid supply. A similar regulation was made in Turkey last year, and grid electricity sales were restricted in the Unlicensed Electricity Generation Legislation, which is subject to small and medium-sized renewable energy investments. It is a matter of curiosity how this situation will affect the large number of existing unlicensed PV power plants in the country and their potential future investments. In this study, the effects of the grid sales restrictions imposed by the legislation on an solar power plant investment are revealed with financial metrics. After that, the installed power of the solar power plant with grid sales restrictions was dimensioned. Then, the effects of different consumption profiles on solar power plant investment were examined. In another scenario, analysis was made based on monthly and annual offsets. In addition, the analysis was repeated according to the scenario in which electricity

sales were completely restricted, and the installed power of the solar power plant with optimal capacity was obtained. Finally, the effectiveness of sizing was proven financially by comparing the results obtained for sales-restricted and unrestricted situations.

Keywords: Solar power plants, renewable energy policies, license exempt electricity generation, grid sale constraints, PV power plant capacity sizing



1.1 Tarihçe

Sanayi devrimiyle birlikte enerji kavramı dünyada çok ciddi bir önem kazanmıştır ve bu durum ülkelerin birbirleriyle yarış haline girmesine vesile olmuştur. 1800'li yıllarda buharlı makineler için gerekli ısıyı üretecek kömür linyit petrol gaz gibi fosil yakıtlar elektrik makinelerinin geliştirilmesinden sonra elektrik enerjisi üretilmek için kaynak olarak kullanılmaya devam etmiştir. Tüm bu fosil kaynakların dünya üzerinde eşit olarak dağılmayıp belli coğrafyalarda bulunması, bu topraklara sahip ülkeler için avantaj sağlarken yer altı kaynağı kısıtlı olan devletler için dezavantaj oluşturmuştur. Bu yeraltı kaynaklara sahip olma amacı savaşların temel nedeni olmuştur. Ülkeler sahip olduğu fosil enerji kaynakları ile hızla sanayileşerek üretimlerini arttırmış ve gelişme sağlamışlardır.

Bununla birlikte çoğalan dünya nüfusu, sanayi ve teknolojinin gittikçe gelişmesi gibi nedenler ile enerji ihtiyacının sürekli artması; dünyayı, kısıtlı ve çevreye zararlı fosil yakıtların yerine alternatif olacak yeni enerji kaynakları aramaya yöneltmiştir.

1839 senesinde Alexander Edmond Becquerel fotovoltaiik etkiyi keşfederek güneşten elektrik üretilebileceğini göstermiştir. 20. Yüzyılda da fotovoltaiikler üzerine çalışmalar devam etti. Daha sonrasında Russell Ohl ilk modern güneş pilinin patentini aldı [1]. 1973 petrol krizinden sonra özellikle batılı devletler enerji bağımlılığını azaltmak için alternatif enerji kaynaklarına yönelik arge çalışmalarına ağırlık vermiş ve yüksek verimli fotovoltaiik pilleri geliştirerek güneş enerjisine yönelimi başlatmışlardır [2].

1.2 Motivasyon ve Tezin Amacı

Günümüzde, ülkemizde ve dünyada güneş enerji santral yatırımları her geçen gün artarak devam etmektedir. Son 10 yılda dünyadaki kurulu fotovoltaiik (PV) kapasitesi %729 artarak 843,1 GW'a ulaştı ve önümüzdeki 25 yıl içinde şimdiki kapasitenin 20 katına çıkması beklenmektedir [3]. Özellikle birçok gelişmiş ülke aldığı kararlar çerçevesinde 2050 yılına kadar sera gazı salınımlarını bitirecek şekilde enerji politikaları benimseyerek, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı

üretimini teşvik edici sistemler ve yasal düzenlemeler uygulamaktadır [4]. Uzun süreli satın alma garantileri (Feed-in Tariff, FIT), ikili elektrik satış anlaşmaları (PPA), net ölçüm (Net Metering) gibi mekanizmalar birçok ülke tarafından yenilenebilir enerji kapasitesinin büyümesini hızlandırmak için başarılı bir politika aracı olarak yaygın bir şekilde benimsenmiştir [5].

Benzer şekilde Türkiye’de, yasal düzenlemelerle yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanarak hem tüketicilerin kendi elektrik ihtiyaçlarını karşılamaları hem de enerjide dışa bağımlılığımızı azaltmak için teşvikler uygulanmaktadır [6].

Türkiye'nin ilk satın alma garantili tarife sistemi olan Yenilenebilir Enerji Kaynaklarını Destekleme Mekanizması (YEKDEM), yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretiminde kullanımının artırılması amacıyla 2011 yılında hayata geçirilmiştir [7]. Özellikle lisanssız (elektrik üretim lisansı almaktan muaf) elektrik üretim esasları kapsamında kurulan küçük-orta ölçekli arazi ve çatı tipi güneş enerji santralleri (GES) bu mekanizmanın en önemli katılımcıları olmuştur. 2023 yılının başı itibariyle ülkedeki lisanssız GES’lerin toplam kurulu gücü yaklaşık olarak 8000 MW’a ulaşmıştır ve bu değer ülkenin mevcut solar enerji kapasitesinin yüzde 85’ini oluşturmaktadır. [8].

Türkiye’de elektrik üretim faaliyetleri lisanslı ve lisanssız olmak üzere iki şekilde gerçekleştirilir [9]. Lisanslı elektrik üretimi, ticari amaçlı büyük ölçekli enerji santrallerini kapsamakta olup karmaşık izin ve lisans süreçlerini gerektirir. Lisanslı elektrik üretim faaliyeti, enerji üreticilerinin emreamade kapasite gibi belirli yükümlülöklere tabi olduğu daha büyük ölçekli enerji üretimini ifade eder [10].

Öte yandan, lisanssız elektrik üretim faaliyeti, elektrik enerjisi üretmek için şirket kurma zorunluluğu ve lisans alma yükümlölüğü olmadan gerçekleştirilen bir süreçtir. Bu tür üretim genellikle küçük ölçekli yenilenebilir enerji kaynaklarına dayanır ve yerel enerji üretimini teşvik eder. Türkiye’de lisanssız elektrik üretimini düzenleyen mevzuat, T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından yayımlanan Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği’dir. Bu mevzuat ile tüketicilerin kendi elektriklerini üretebilmeleri, küçük ölçekli üretim tesislerinin ülke ekonomisine kazandırılması ve arz güvenliğinin sağlanması, yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretiminde kullanımının yaygınlaştırılması ve

elektrik şebekesindeki kayıpların azaltılması amaçlanmıştır [11]. İlk olarak 2010 senesinde Resmi Gazete’de yayınlanarak yürürlüğe giren Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği’nde günümüze kadar EPDK tarafından çok sayıda düzenleme yapılarak, kapsam ve usulleri değişikliklere uğramıştır. Özellikle geçtiğimiz yılın ağustos ayında yapılan önemli düzenlemeler ile üretilen fazla elektriğin şebeke tarafından YEKDEM kapsamında satın alınması hususuna limitleme getirilmiş ve şebekeye satılabilecek enerji, tüketilen enerji miktarı ile sınırlandırılmıştır [12].

Bu tez çalışması kapsamında ilgili satış kısıtlamalarının lisanssız GES’ler üzerindeki etkilerini farklı senaryolar üzerinden analiz edilmesi ve yeni lisanssız elektrik üretim yönetmeliğin göre tasarlanacak şebeke bağlantılı bir güneş enerjisi üretim santralının optimize edilmiş kurulu güç kapasitesinin tesisi ile enerji maliyetlerini en aza düşürmek, yatırım geri ödemelerini en kısa süreye indirmek amaçlanmıştır.

1.3 Literatür Araştırması

Güneş enerjisine dayalı elektrik üretimi gün geçtikçe artmakta ve hem endüstriyel hem de evsel uygulamalar için yaygın olarak güneş enerjisi santrali yatırımları yapılmaktadır. Ancak, bu santrallerin verimli bir şekilde tasarlanması ve işletilmesi bir dizi teknik parametrenin hassas şekilde ayarlanmasını gerektirir. Diğer taraftan iyi tasarlanmış, verimli bir güneş enerjisi santralının herhangi bir teşvik mekanizması içinde yeterince karlı olup olmadığı o teşvik sisteminin sınırlarına bağlıdır. Bu bölümde önce bir güneş enerjisi santralının tasarımında önemli olan teknik unsurlardan bahsedilecek sonrasında ise dünyadaki teşvik mekanizmalarının GES’ler üzerindeki etkileri hakkında bilgi verilecektir.

Fotovoltaik (PV) sistemlerin en verimli şekilde konumlandırılması, sistem saha performansını belirlemek açısından büyük bir öneme sahiptir. PV sistemlerin, ürettikleri elektrik enerjisi miktarı bir dizi faktör tarafından etkilenmektedir. Bunlar arasında güneş ışınımı, eğim açısı, azimut açısı ve çevresel koşullar gibi faktörler yer almaktadır [13]. Bu faktörlerin optimum bir şekilde belirlenmesi, PV sisteminin performansını en üst düzeye çıkarmak için kritik bir adımdır. Ancak sadece performans artışı düşünülerek değil, aynı zamanda üretilen enerjinin ekonomik değeri de göz önünde bulundurulmalıdır [14]. Çünkü PV enerji üretimi, genellikle şebekedeki enerji talebi ile her zaman aynı seviyede olmayabilir. Bu nedenle

optimum konumlandırma, hem enerji üretimini artırmayı hem de ekonomik olarak sürdürülebilir bir yatırımı temsil etmelidir. Sonuç olarak, PV sistemlerinin optimum konumlandırılması, sadece teknik performansı artırmakla kalmaz, aynı zamanda ekonomik getiriye de artırabilir [15]. Bu nedenle, güneş enerjisi projeleri planlanırken sadece fiziksel faktörler değil, aynı zamanda enerji talebi ve ekonomik değer de göz önünde bulundurulmalıdır. Bu yaklaşım, sürdürülebilir ve karlı güneş enerjisi projelerinin geliştirilmesine katkı sağlar [16].

Fotovoltaik (PV) sistemlerin enerji üretimini en fazla etkileyen faktörlerden biri güneş ışıdır [17]. PV sistemlerin tasarımı ve geliştirilmesi sürecinde, güneş ışığının ne kadarının sistem üzerine düştüğünü ve ışıının nasıl değiştiğini bilmek büyük önem taşır. Maalesef, birçok bölge için ölçülen güneş ışıını verileri her zaman mevcut değildir, bu nedenle ışıının tahmin edilmesi gerekmektedir [18]. Güneş ışıının tahmin edilmesi için farklı teknikler kullanılmaktadır [19]. Bu teknikler, genellikle yatay düzlemdeki güneş ışıını hesaplamak için tasarlanmıştır. PV sistem üzerine düşen ışıın miktarı, PV panellerin yönü ve eğim açısı tarafından belirlenir. Yüzeye düşen ışıının mümkün mertebe yüksek olması için PV paneller genellikle ekvatora doğru konumlandırılır [20]. Bu, kuzey yarımkürede güneye, güney yarımkürede ise kuzeye bakacak şekilde bir konum anlamına gelir. Ancak güneş ışıını, bölgelere göre günlük, aylık, mevsimsel ve yıllık olarak farklılık gösterir. Bu nedenle, her bölge için optimum PV panel eğim açıları da farklılık gösterebilir. Güneş enerjisi santral tasarımında bölgesel olarak uygun eğim açılarının kullanılması, PV sistemlerin daha verimli ve etkili bir şekilde çalışmasına yardımcı olur [21].

Bir GES'in tasarımında, güneş enerjisi santralinin başarısı ve verimliliği için iki temel ekipman, yani güneş panelleri ve inverterler, son derece kritiktir ve bu ekipmanların seçimi büyük bir öneme sahiptir [22]. Bu seçimler, santralin sürekliliği, enerji verimliliği ve maliyeti açısından büyük etkilere sahiptir [23]. Geçmiş yıllarda, birçok güneş enerjisi santrali, düşük maliyet ve daha kolay üretim olanağı sağladığı için polikristal panellerle kurulmuştur [24][25]. Ancak günümüzde, monokristal panellerin maliyetlerinin hızla düşmesi ve ince film teknolojisinin bu tür panelleri üretmekte daha avantajlı olması nedeniyle, monokristal ve ince film teknolojilerinin payları artmaktadır [26].

Güneş enerjisi santrallerinde çeşitli faktörler nedeniyle enerji kayıpları yaşanabilir. Bu kayıpların anlaşılması ve azaltılması, güneş santrallerinin daha etkili bir şekilde çalışmasını sağlamak için kritik öneme sahiptir. Güneş panelleri, güneş ışığını emerek enerji üretirler. Ancak bazı ışık ve ısı enerjisi yansiyarak kaybolabilir. Yansıma kayıpları olarak adlandırılan bu kayıplar, panellerin yüzey özelliklerine ve kaplama malzemelerine bağlı olarak değişebilir [27]. Ayrıca bulutlu günlerde ve gece saatlerinde güneş ışınımı azalır, bu da enerji üretimini olumsuz etkiler. Benzer şekilde güneş panelleri üzerine gelen ışınlarını engelleyecek nesnelerde gölgelenme kayıplarına neden olur [28][29]. Gölgeleme analizi, güneş enerjisi santrali tasarımının kritik bir parçasıdır ve bu analiz, güneş panellerinin verimliliği ve enerji üretimi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir [30]. Bu analiz, güneş panellerinin gün içinde ve yıl boyunca güneş ışığına ne kadar süre maruz kaldığını ve potansiyel gölgelenme kaynaklarını değerlendirir. Gölgeleme analizi, çevresel faktörleri, binaları, ağaçları veya diğer engelleri dikkate alır ve güneş panellerinin bu gölgelerle etkileşimini inceler [31]. Yine rüzgâr hızı ve yoğunluğu da enerji üretimini etkileyen faktörlerdir [32]. Güneş panelleri sıcaklığa duyarlıdır. Yüksek sıcaklıklar, panellerin verimliliğini azaltabilir. Ayrıca, panellerin sıcaklığı arttıkça elektrik üretim verimliliği azalır [33]. Panellerin yüzeylerinin kirlenmesi veya tozla kaplanması, güneş ışığının panellere ulaşmasını engelleyebilir. Bu da enerji kaybına neden olabilir [34]. Yine DC elektriği AC elektriğe dönüştürürken enerji kayıpları meydana gelir. Bu kayıplar, inverterlerin verimliliği ve kalitesine bağlı olarak değişebilir. Uzun kablo mesafeleri, enerji iletimi sırasında kayıplara neden olabilir. İyi tasarlanmış ve kaliteli kablolar kullanarak bu tür kayıplar azaltılabilir [35]. Güneş santrallerindeki kayıpları minimize etmek için düzenli bakım, temizlik ve verimliliği artırmak için gelişmiş teknolojiler kullanımı önemlidir [36]. Güneş santrallerinin tasarım ve işletmesi, bu kayıpları en aza indirmek ve temiz enerji üretimini optimize etmek için özenle planlanmalıdır.

MPPT (Maximum Power Point Tracking), güneş enerjisi santrali gibi fotovoltaik sistemlerde kullanılan önemli bir tekniktir [37]. MPPT, güneş panellerinden alınan DC elektriği en verimli şekilde kullanmak için tasarlanmış bir kontrol algoritmasıdır [38]. Bu teknoloji, panellerin optimum çalışma noktasını belirler ve bu noktada çalışmalarını sağlar. MPPT' nin en büyük avantajlarından biri, değişken güneş ışığı koşullarında bile maksimum güç üretimini sağlamasıdır. Güneş ışığının

açısı, yoğunluğu ve bulut örtüsü gibi faktörler, panellerin verimliliğini etkiler. MPPT, bu değişkenliklere anında tepki vererek enerji üretimini optimize eder [39]. Ayrıca, MPPT, güneş enerjisi sistemlerinin daha yüksek verimlilikle çalışmasını ve daha fazla enerji üretmesini sağlar. Bu da enerji maliyetlerini düşürür ve çevresel sürdürülebilirliği artırır. Bu yüzden MPPT kontrol cihazları, fotovoltaik sistemlerin güneş enerjisini daha etkili bir şekilde kullanmasına yardımcı olan önemli bir teknoloji olarak öne çıkar [40].

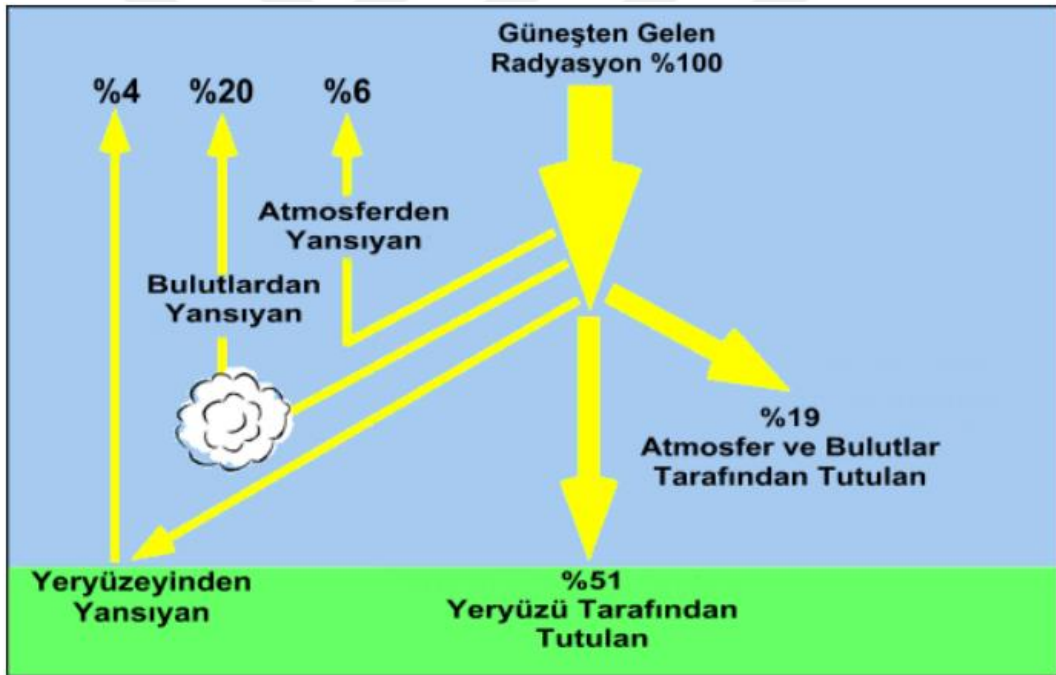
Dünyanın birçok ülkesinde feed-in tarifeler (FIT) yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgiyi teşvik etmek amacıyla uygulamaya konmuştur. Bu teşvik mekanizmalarının iyi hesaplanması gerekmektedir. Bazı FIT mekanizmaları aşırı karlılığa neden olarak market dengesini bozabilmekte ve aynı zamanda şebekeye fazla arz yüzünden teknik sorunlara neden olabilmektedir. Bazı durumlarda ise tarifeler yetersiz kalabilmektedir [41]. Sırbistan’da yapılan bir çalışmada hükümetin verdiği mahsuplaşma ve 12 yıllık satın alma garanti fiyatları bir güneş enerjisi sistem yatırımı için karlı olmadığı görülmüştür ve şebeke fiyatlarından farklı bir sonuca ulaşamamıştır. Bu durumda satın alma sürelerinin uzatılması veya garantili tarife fiyatlarının şebeke fiyatlarındaki yıllık artış fiyatlarına benzer oranda arttırılması önerilmiştir [29]. Bir başka çalışmada güneş enerjisi FIT fiyatlarının küresel ağırlıklı ortalama seviyelendirilmiş enerji maliyetlerinin baz alınması ve yerel faktörlerin hesaba katılmaması yatırımlarda aşırı artışa neden olmuş, aynı zamanda teşvik mekanizmanın kapasite, proje bölgesi, teknoloji türü konularında iyi tanımlanmaması sistem arzında dengesizlik oluşturmuştur.[42] Avustralya’da evsel çatı tipi güneş santrallerine uygulanan FIT politikasını inceleyen bir çalışmada, ülke genelinde tarifenin aynı olması yerine bölgesel olarak farklı uygulanması yatırımların az olduğu bölgelerde teşvik fiyatlarının daha cazip olması fazla olan bölgelerde ise nispeten daha düşük fiyatlar verilmesi gerektiği önerilmiştir. Yine solar güç hedeflerine (solar penetration) ulaşmak amacıyla başlangıçta daha yüksek FIT fiyatları sunulup sonrasında ise bu fiyatlar kademeli olarak azaltılıp devletlerin mali yükü azaltılması gerektiği savunulmuştur. [43] Bununla birlikte İngiltere’de benzer senaryo üzerinden bir analiz yapılmıştır. Yakın zamana kadar evsel kullanıcılar için iyi fiyatlar veren hükümet aldığı kararla ücretleri aşağı çekmiş ve bu durumun solar büyümeyi yavaşlatacağı, uzun vadede bataryalı PV sistemlere yönelimin ve öz-tüketimlerin artacağı, böylece şebekeden

çekilen elektriğin düşerek dağıtım şirketlerinin bundan olumsuz etkileneceği sonucuna varılmıştır [44]. Avrupa genelinde yapılan bir başka çalışmada, 2008'den itibaren düşük vergi ve yüksek tarife fiyatlı cazip FIT sistemiyle PV pazarının hızlı şekilde büyüdüğü, fakat ilerleyen süreçte bu durumun İspanya örneğindeki gibi FIT sistemini çökerttiği ve sisteme net maliyet olarak yansıdığı görülmüştür. 2014 sonrası süreçte ise ek vergiler ve garanti fiyatlarının düşürülmesi ile Avrupa'da bir durağanlığa gidilerek yatırımların azaldığı gözlemlenmiştir. Buna rağmen bölgede hala yüksek bir potansiyel olduğu ve iyi düşünülmüş FIT politikaları ile markette dengenin sağlanabileceği vurgulanmıştır [45]. FIT politikalarının sürekli değişerek istikrarsızlık oluşturmadaki diğer bir önemli unsur PV teknolojinin maliyetlerinin yıllar içinde düşmesi olmuştur. İlk dönemlerde verilen yüksek satın alma garantileri düşen kurulum maliyetleri ile birleşince yatırımlarda hızlı bir artış olmuş ve bu tesislerin aşırı karlılığı ülkelerin ekonomisine mali yük olarak geri dönmüştür [46].

Şebeke işletmecisinin, güneş enerjisi santralının nominal gücü, şebeke kapasitesi nedeniyle izin verilen maksimum değerden daha yüksek olduğunda üretilen güce kısıtlamalar getirmesi yaygın bir durumdur. Bu nedenle güneş enerjisi santralının güç kesintilerini en aza indirmek için batarya enerji depolama sistemlerinin entegrasyonu önerilir [47]. Bu konfigürasyon mevcut literatürde kapsamlı bir şekilde çalışılmış ve güç kısıtlamalarının önüne batarya sistemleriyle geçilebildiği optimizasyon algoritmaları geliştirilmiştir [48]. Fakat güç kısıtlamaları batarya modeli ile çözülsün de enerji kısıtlamasına bu şekilde bir çözüm sağlanamayacaktır zira şebekeye verilebilecek maksimum enerji miktarı belirlidir. Dahası tezin konusu oluşturan EPDK'nın aylık fazla enerjinin satışı kısıtlamasıyla ilgili dünya genelinde benzer bir uygulama bulunmadığı görülmüştür ve şebeke bağlantılı bataryasız santrallerin enerji kısıtlamasıyla ilgili bir çalışma yapılmamıştır.

2 GÜNEŞ ENERJİSİ

Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğindeki füzyon süreci sırasında açığa çıkan ısıma enerjisidir. Güneş, yaklaşık olarak $3,9 \times 10^{26}$ watt güç üreten, temiz ve tükenmeyen bir yenilenebilir enerji kaynağıdır [49]. Ancak güneşten yayılan bu enerjinin sadece çok küçük bir kısmı Dünya'ya ulaşır. Atmosferin dışındaki her bir metrekareye ortalama 1.367 watt güç düşer ve bu değer güneş sabiti (SC) olarak adlandırılır [50]. Dünya atmosferi, güneşten gelen enerjinin bir kısmını yansıtır ve sönümler. Bu nedenle deniz seviyesinde ulaşılabilen en yüksek güneş enerjisi miktarı yaklaşık olarak $1,020 \text{ W/m}^2$ 'dir [51]. Bu, Dünya'ya gelen enerjinin çok küçük bir kısmının bile mevcut enerji tüketimimizden çok daha fazla olduğunu gösterir. Güneş enerjisi, bu potansiyel ile sınırsız ve temiz bir enerji kaynağıdır.

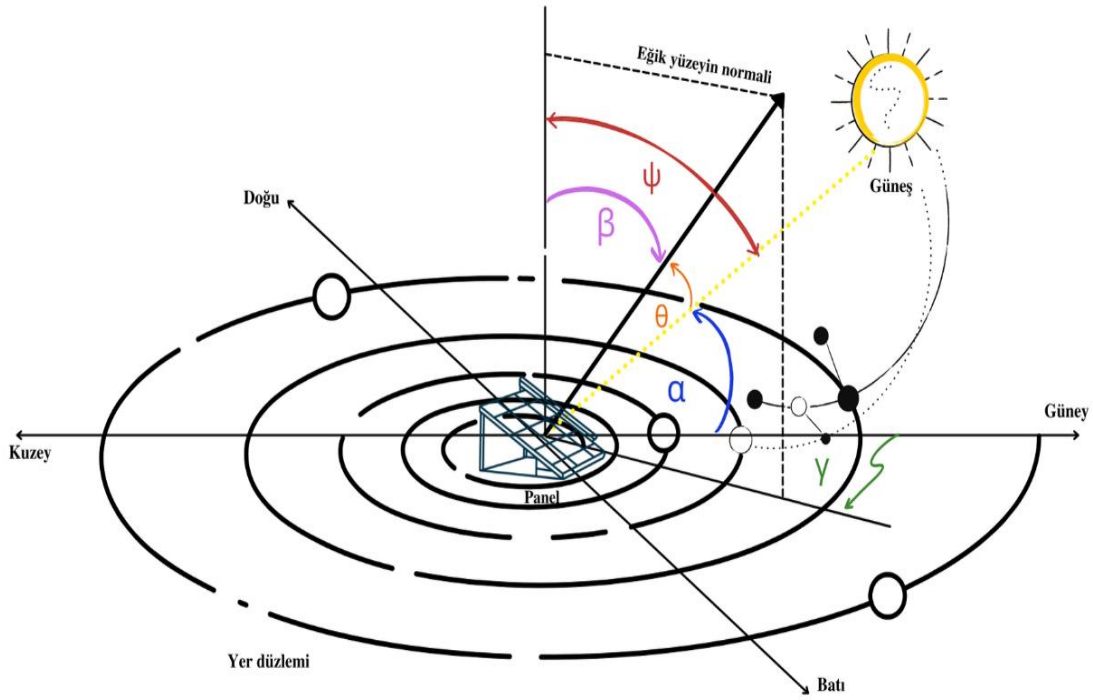


Şekil 2.1 Güneşten gelen ışınların atmosferde dağılımı [52]

2.1 Güneş Geometrisi

Fotovoltaik güneş enerjisi sistemleri, güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştürürler. Bir PV sistem tasarımında, güneş panellerinin maksimum güneş ışığına maruz kalması sağlanarak en yüksek enerji üretimi amaçlanır. Güneş geometrisi, bu hedefe ulaşmak için gerekli olan bilgileri sunar. Güneş enerjisi

sistemlerinin tasarımı ve verimliliği, güneşin konumu, hareketi ve ışıınımı gibi temel güneş geometrisi faktörleriyle yakından ilişkilidir.



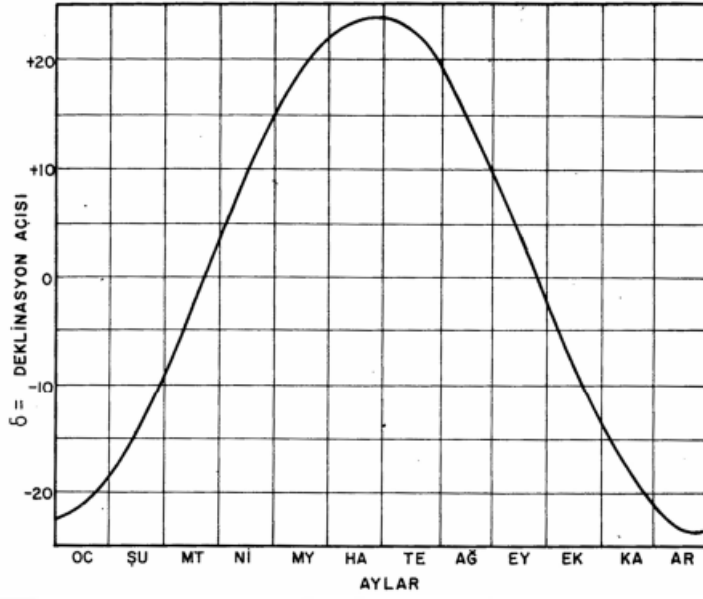
ψ = Zenit açısı, α = Güneş yükseklik açısı, γ = Güneş azimut açısı, θ = Geliş açısı, β = Yüzeyin eğim açısı

Şekil 2.2 Güneş geometrisi [53]

2.1.1 Deklinasyon Açısı

Deklinasyon yani sapma açısı (δ), dünyanın kendi eksenini etrafındaki 23.45 derecelik eğikliğinden kaynaklanan ve güneş etrafındaki dönüşü sırasında oluşan açıdır. Bu açı, Dünya'nın ekseninin ekliptik düzleme (Güneş'in hareket ettiği düzlem) göre olan eğikliğini ifade eder. Dünya'nın eksenini etrafındaki eğiklik ve güneş etrafındaki dönüşü nedeniyle sapma açısı mevsimsel olarak değişir. Yalnızca ilkbahar ve sonbahar ekinokslarında sapma açısı 0 derece olur, yani Güneş ekvatorun doğru üstünde bulunur. Bu, gece ve gündüzün eşit olduğu dönemlerdir. Sapma açısı, Güneş enerjisi sistemlerinin tasarımında ve enerji üretimi tahminlerinde önemli bir faktör olarak dikkate alınır. n yılın ilgili günü olmak üzere deklinasyon açısı (2.1) eşitliğindeki formülle hesaplanır [54].

$$\delta = 23,45^\circ \sin \left(360 \frac{284 + n}{365} \right) \quad (2.1)$$



Şekil 2.3 Deklinasyon açısının aylara göre değişimi [55]

2.1.2 Saat Açısı

Saat Açısı, yerel güneş saati zamanını (LST) güneşin gökyüzündeki hareketini ifade eden derece cinsinden bir açıya dönüştürür. Temel olarak saat açısı, güneşin gökyüzünde hareket ettiği açısal pozisyonu temsil eder. Bu açı, güneşin öğle saatlerinde 0 derece olarak kabul edilir. Sabah saat açıları negatif değerlerdeyken, öğleden sonra saat açıları pozitif değerlere sahiptir. Dünya, saatte 15 derece döndüğü için, öğleden sonra her saat, güneşin gökyüzünde 15 derecelik bir hareketine karşılık gelir [56]. Saat Açısı, güneş enerjisi sistemlerinin güneşle en iyi şekilde hizalanması ve enerji üretiminin optimize edilmesi için hesaplamalarda kullanılır. Eşitlik (2.2) ile hesaplanır;

$$\omega = 15^\circ(LST - 12) \quad (2.2)$$

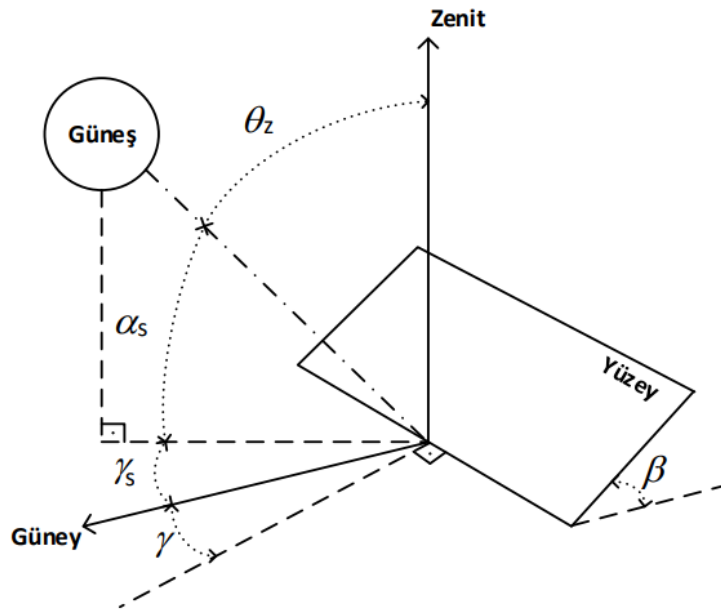
2.1.3 Zenit, Azimut ve Eğim Açıları

Dünya üzerindeki herhangi bir noktadan gökyüzüne doğru bir normal ile güneş ışınları arasında kalan açı, zenit açısı (θ_z) olarak ifade edilir. Güneş gökyüzünde yükseldikçe zenit açısı küçülür ve tam öğle vakti en düşük değere ulaşır [57]. Güneş enerjisi sistemlerinde, güneş panellerinin en iyi verimi elde etmek için zenit açısı dikkate alınır ve panellerin en iyi açıda konumlandırılması hedeflenir. Zenit noktası ile güneş arasındaki açı zenit açısının verirken, güneş ile yatay düzlem arasındaki

açında güneş yükseklik açısına (α) eşittir. Diğer bir ifadeyle $\alpha = 90^\circ - \theta_z$ olarak yazılabilir [58]. Zenit açısı eşitlik (2.3)'te ki formülle hesaplanır;

$$\theta_z = \cos^{-1}(\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \omega) \quad (2.3)$$

Formülde φ enlem açısı, δ deklinasyonu açısı ve ω saat açısını ifade etmektedir. Güneşin kuzey-güney eksenini ile arasındaki açıya "güneş azimut açısı γ_s " denirken, bir yüzeyin kuzey-güney eksenini ile olan açısına ise "yüzey azimut açısı γ " adı verilir. Bir yüzeyin yeryüzü ile arasındaki açı eğim açısıdır (β). Bu açılar, güneş enerjisi sistemlerinin tasarımında ve verimliliğinin optimize edilmesinde önemli bir rol oynar. Güneş panellerinin doğru güneş azimut açısı ve eğim açısıyla yerleştirilmesi, maksimum güneş ışığına maruz kalmalarını sağlar ve enerji üretimini artırır [59].

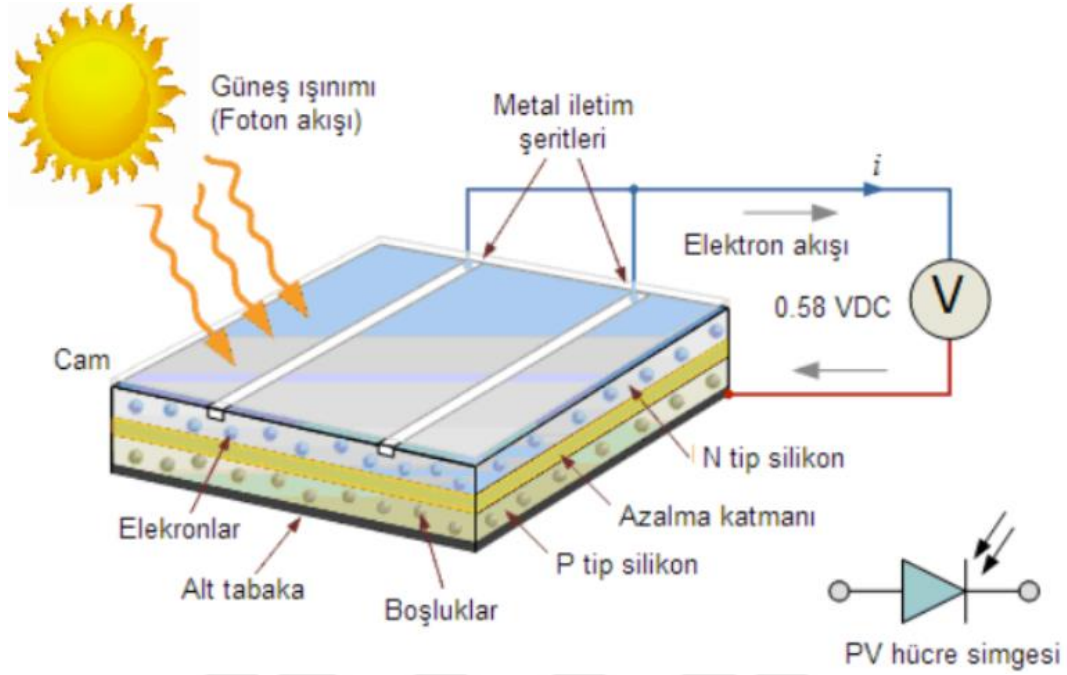


Şekil 2.4 Zenit, azimut ve eğim açıları [14]

2.2 Fotovoltaik Güneş Pili Teknolojisi

Fotovoltaik, güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren bir teknolojiyi ifade eder. Fotovoltaik hücreler, yarı iletkenler ve güneş ışığının içlerine düşmesiyle elektronların serbest bırakılmasını sağlar. Bu serbest bırakılan elektronlar, elektrik akımı oluşturmak için bir devre içinde hareket ederler. Bu

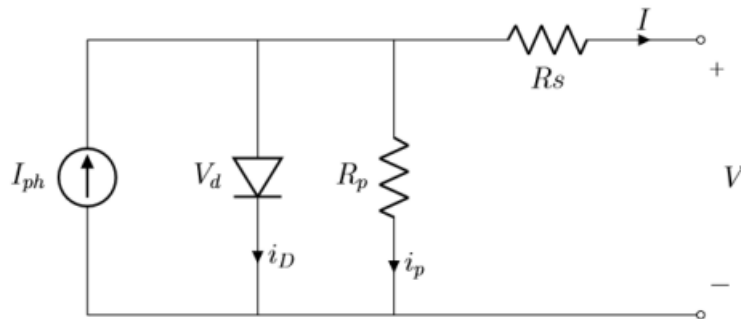
elektrik akımı daha sonra bir aküde depolanabilir veya elektrik şebekesine beslenebilir [60].



Şekil 2.5 Fotovoltaik hücrenin çalışma prensibi

2.2.1 Fotovoltaik Eşdeğer Devresi ve Karakteristiği

Fotovoltaik bir güneş pilinin tek diyotlu eşdeğer devresi şekilde gösterilmiştir. Devrede I_{ph} akım kaynağı olarak modellenen eleman PV hücre tarafından üretilen akımı temsil etmektedir. i_D diyot akımını, I_{PV} çıkış akımını, V_{PV} hücre çıkış gerilimini, R_s hücrenin iç direncini ve R_p paralel direnci ise kaçak akım direncini ifade etmektedir [61].



Şekil 2.6 Fotovoltaik hücrenin tek diyotlu eşdeğer devresi

Paralel kaçak akım direnci yük direncine kıyasla çok büyük olacağından ihmal edilirse çıkış akımı eşitlik (2.4)'e eşit olur [62].

$$I_{PV} = I_{ph} - i_D \quad (2.4)$$

Işık akımı olarak ifade edilen I_{ph} hücre yüzeyine gelen ışınlam ile doğru orantılı olup eşitlik (2.5)'teki şekilde ifade edilir.

$$I_{ph} = \frac{G}{G_{nom}} (I_{sc} + K_i \Delta T) \quad (2.5)$$

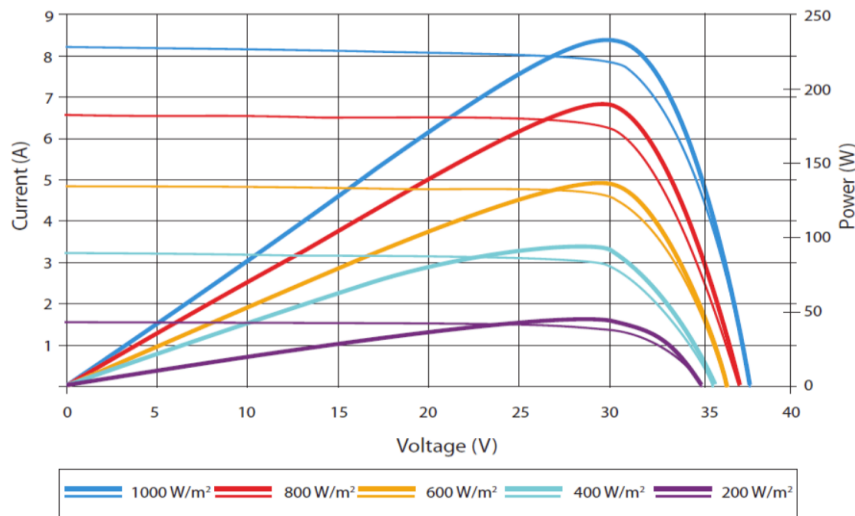
Burada G anlık ışınlam değeri, G_{nom} standart test koşullarında kabul edilen ışınlam değeri (1000 W/m^2), standart koşullara göre sıcaklık farkı ΔT , K_i sıcaklık katsayısı ve I_{sc} ise kısa devre akımını temsil eder.

Daha önce ifade edilen eşitlik (2.4)'te diyot akımı da yerine yazılırsa çıkış akımı eşitlik (2.6)'daki gibi elde edilir.

$$I_{PV} = \frac{G}{G_{nom}} (I_{sc} + K_i \Delta T) - I_s \left(e^{\frac{q(V_{PV} + I_P R_S)}{k T_{hücre}}} - 1 \right) \quad (2.6)$$

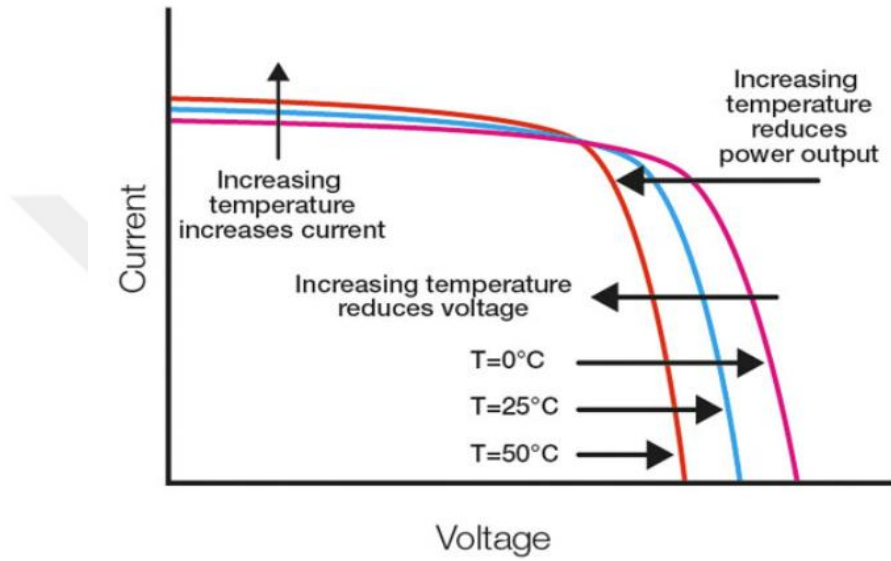
Bu eşitlikte I_s diyot satürasyon akımı, $T_{hücre}$ Kelvin cinsinden hücre sıcaklığı, k Boltzman sabitini ($1,380649 \times 10^{-23} \text{ Joule/K}$) ve q elektron yükünü ($-1,602 \times 10^{-19} \text{ Columb}$) ifade eder [63].

Elde edilen eşitliğe göre bir fotovoltaik hücrenin ışınlam, akım ve gerilim arasındaki ilişki aşağıdaki grafikte gösterilmiştir.



Şekil 2.7 PV hücrenin ışınlam, akım, gerilim ve güç parametreleri arasındaki ilişki

Şekilde farklı ışınımlara göre çizilmiş akım gerilim ve güç eğrileri görülmektedir. Işınının artmasıyla doğru orantılı olarak PV hücrenin çıkış akımı önemli oranda yükselmektedir. Gerilim ışınım arasındaki ilişkide ise, ışınım artması gerilimde çok daha küçük artışlara sebep olmaktadır. Sıcaklığa bağlı durumda ise sıcaklığın artması çıkış gerilimlerinin önemli oranda düşürmektedir. Sıcaklığın akım değerlerini ise çok küçük oranlarda arttırmakta olduğu görülür [64].



Şekil 2.8 Fotovoltaik hücrenin sıcaklık, akım ve gerilim ilişkisi

2.2.2 Fotovoltaik Hücre Çeşitleri

Fotovoltaik hücre (solar cell) teknolojisi, birinci nesil olarak geçen silikon tabanlı kristal hücreler, ikinci nesil ince film hücreler ve üçüncü nesil organik hücreler gibi farklı türlere ayrılmaktadır. Kristal silikon tabanlı hücreler, güneş ışığını yakalamak ve elektrik üretmek için silikon yarıiletkenlerini kullanır ve genellikle ticari güneş panellerinin temelini oluşturur. İnce film hücreler, amorf silikon, CdTe, CIGS gibi malzemeleri içerir ve farklı maliyetler ve verimlilik seviyeleri sunabilir. Organik hücreler ise perovskit gibi hafif, esnek ve düşük maliyetli paneller üretme potansiyeline sahiptir [65]. Fotovoltaik hücre teknolojileri, dünya genelinde yenilenebilir enerji üretimine ciddi katkıda bulunmakta ve karbon emisyonlarını azaltarak çevresel sürdürülebilirliği teşvik etmektedir.

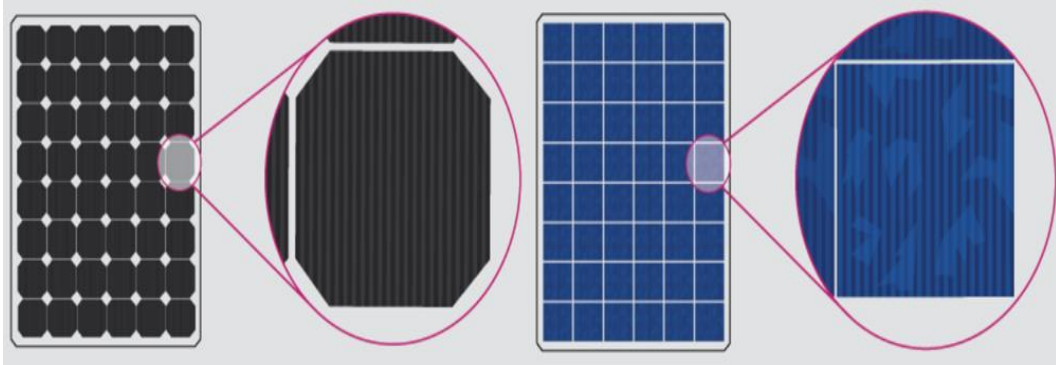
2.2.2.1 Kristal Silikon Hücreler

Güneş panellerinde en yaygın olarak silikon tabanlı fotovoltaik hücreler kullanılır [66]. Bu hücreler, elektrik üretmek için silikon yarıiletkenlerini kullanır. Silikon tabanlı hücreler, kristal ve amorf olmak üzere iki ana tipe ayrılabilir.

- **Kristal Silisyum (c-Si) Hücreler**

Kristal silikon hücreler, monokristal ve polikristal olarak iki ana kategoriye ayrılır. Monokristal hücreler, tek bir kristal yapıdan oluşur ve daha yüksek verimliliğe (%16-22) sahiptir, kapladıkları alan daha küçüktür, ancak üretim maliyetleri daha yüksektir. Koyu mavi homojen görünümlü bir yapıya sahiptir [67].

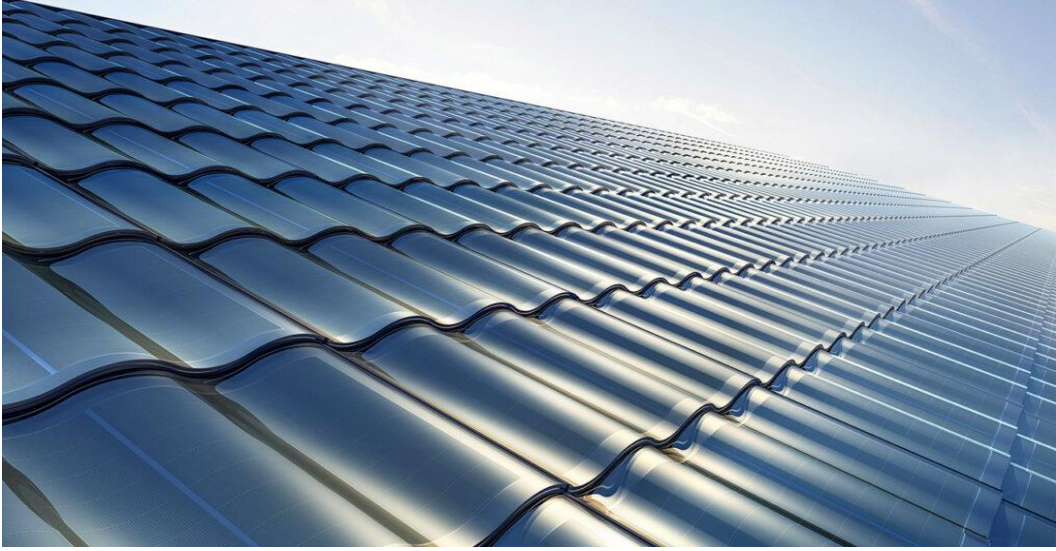
Polikristal hücreler, çoklu kristal tanelerden oluşur ve üretimi daha kolaydır. Bu yüzden daha düşük maliyetlidir. Ancak verimlilikleri monokristal hücrelere göre biraz daha düşüktür (%13-16). Polikristal temelli olmasından dolayı heterojen görünümlü panel yapısı vardır [68].



Şekil 2.9 Monokristal panel (solda), polikristal panel (sağda)

2.2.2.2 İnce Film Hücreler

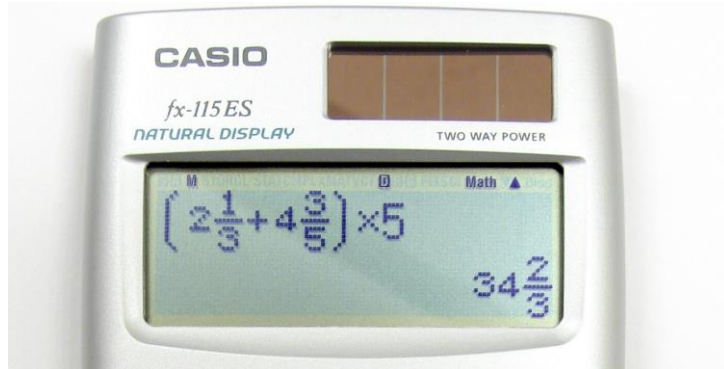
İkinci nesil ince film güneş hücreleri, geleneksel silikon tabanlı fotovoltaik teknolojilere alternatif olarak geliştirilmiştir. İnce film teknolojileri, geleneksel kristalin silikon hücrelerine göre daha ince tabakalar halinde güneş enerjisini yakalayan malzemeleri kullanır. Bu, daha hafif, esnek ve daha geniş uygulama alanlarına sahip panellerin geliştirilmesini sağlar. Üretiminde amorf silikon (a-Si), kadmiyum tellür (CdTe), bakır indiyum galyum selenyum (CIGS) gibi farklı malzemeler kullanılmaktadır [69].



Şekil 2.10 İnce film teknolojisi kullanılarak üretilmiş solar kiremitler

- **Amorf Silikon (a-Si) Hücreler**

Amorf silikon hücreler, silikonun düzensiz bir atom yapısına sahip olduğu ince tabakalardan oluşur. Bu tür hücreler, düşük maliyetli ve hafif paneller üretmek için kullanılır, ancak düşük verimliliğe sahiptir (%8-10). Genellikle düşük güçlü elektronik uygulamalarda tercih edilir [70].



Şekil 2.11 Amorf silikon güneş pilli bir hesap makinesi

- **Kadmiyum Tellür (CdTe) Hücreler**

Kadmiyum Tellür güneş hücreleri, bir cam tabaka üzerine CdTe tabakasının ince bir film halinde depolanmasıyla oluşturulur. Düşük üretim maliyetleri nedeniyle cazip bir seçenek olarak kabul edilir. Fakat toksik bir madde olan kadmiyum içerdiği için çevresel kaygılara yol açabilir. Bu nedenle CdTe güneş panellerinin imalatı ve atıklarının uygun bir şekilde yönetilmesi önemlidir. CdTe güneş

modüllerinin verimi ortalama %10-12 civarındadır [71]. Esnek malzemeler üzerine uygulanabilir olduğundan bina entegrasyonu ve taşınabilir güç kaynakları gibi uygulamalarda avantajlıdır. İlerleyen teknoloji ve araştırmalar, bu ince film teknolojisinin verimliliğini artırarak ve çevresel etkilerini azaltarak CdTe güneş panellerini daha çekici bir seçenek haline getirebilir [72].

- **Bakır İndiyum Galyum Selenyum (CIGS) Hücreler**

CIGS güneş hücreleri, çok ince bir tabaka halinde bakır, indiyum, galyum ve selenyum içeren bir malzeme kullanır. Bu malzeme, genellikle bir cam tabaka veya ince bir metal alt tabaka üzerine uygulanır. CIGS hücreleri, özellikle düşük ışık koşullarında da iyi performans gösterebilmesiyle öne çıkarlar. CIGS, hücre düzeyinde polikristalden daha iyi performans gösterir, ancak ölçeklendirme nedeniyle modül verimliliği polikristalden hala düşüktür (%12-14). Fakat büyük ölçekli ticari faaliyetlerde maliyet avantajından dolayı rekabetçi bir seçenektir [73] [74].

2.2.2.3 Perovskit ve Organik Fotovoltaik Hücreler

Üçüncü nesil olarak adlandırılan perovskit ve organik güneş pilleri, geleneksel silikon bazlı fotovoltaik hücrelerin (birinci nesil) ve ince film güneş pillerinin (ikinci nesil) ötesinde gelişen hücre teknolojilerini ifade eder. Performans verimliliği, esnekliği ve maliyet etkinliğini artırmak için yenilikçi malzemeler ve tasarım konseptlerini içerir. Üçüncü nesil güneş pillerinin amacı, güneş enerjisi dönüşüm verimliliğini artırmak, üretim maliyetlerini azaltmak ve güneş enerjisi uygulama yelpazesini genişletmektir. Bu teknolojiler genellikle yenilenebilir enerji endüstrisinde devam eden araştırma ve geliştirmelerin odak noktasıdır [75].

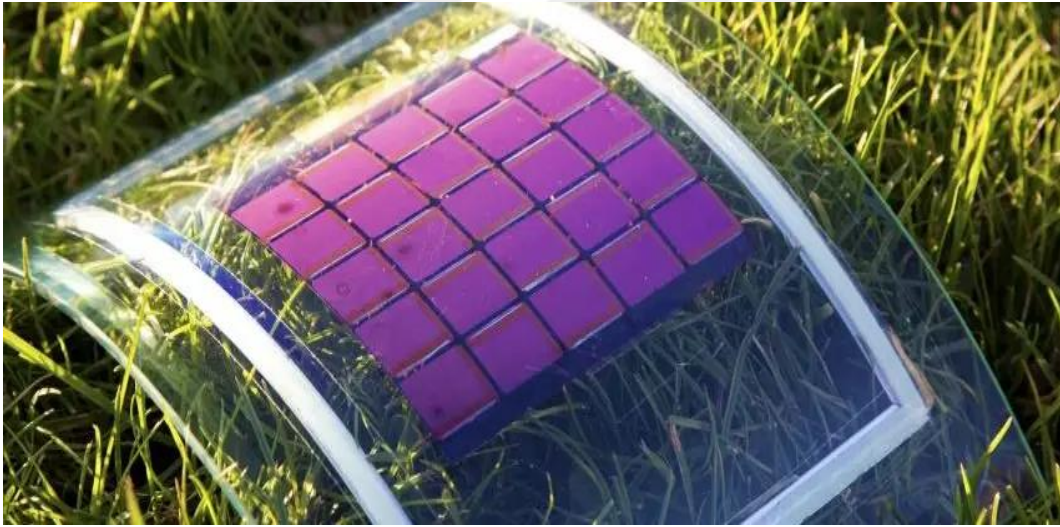
- **Perovskit Fotovoltaik Hücreler**

Perovskite güneş pilleri, son yıllarda verimliliklerindeki hızlı artışlarla sektörde dikkat çekici bir ilerleme göstermiştir. 2009'da %3 civarlarında olan verimleri 2023'e gelindiğinde %25'in üzerine çıkmıştır [76]. Perovskit malzemeleri, çok yüksek ışık absorbe özelliği, hızlı elektriksel yük taşıma kabiliyetleri ve düşük üretim maliyetleriyle büyük potansiyele sahip bir teknolojidir. Fakat, perovskitler nem ve oksijenle reaksiyona girdiklerinde veya ışığa, ısıya veya uygulanan gerilime uzun süre maruz kaldıklarında ayrışabilirler. Bu kararlılık sorunları ve sınırlı

işletme ömürleri aşıldığı taktirde, perovskit hücrelerinin endüstriyel ölçekte bir PV teknolojisini olarak kristal tabanlı birinci nesil teknolojinin yerini alacağı düşünülmektedir [77].

- **Organik Fotovoltaik Hücreler**

Organik fotovoltaik (OPV) güneş pilleri, doğada bol miktarda bulunan ucuz kaynaklı, bununla birlikte düşük enerji üreten bir fotovoltaik çözümü sağlamayı amaçlamaktadır. Birinci ve ikinci nesil güneş enerjisi teknolojilerine göre daha düşük maliyetle elektrik sağlama konusunda potansiyele sahiptir. Esnek, hafif yapısı ve çeşitli tip soğurucuların kullanılması ile istenen renkte veya şeffaf OPV modülleri retilenilmesi bu teknolojiyi özellikle binaya entegre PV pazarında ne çıkarmaktadır. Organik fotovoltaikler hücre bazında %11'e yakın verimlilik değerlerine ulaşmıştır [78]. Ancak modül verimliliği ve uzun vadeli güvenilirlik gibi konular üzerine geliştirme çalışmaları devam etmektedir [79].



şekil 2.12 Organik fotovoltaik hücrelerden yapılmış bir PV modül [80]

3

LİSANSSIZ ELEKTRİK ÜRETİMİ

3.1 Türkiye’de Yenilenebilir Enerjinin Yasal Dayanağı ve Lisanssız Elektrik Üretimi

Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik etmek ve düzenlemek amacıyla 18 Mayıs 2005 tarihinde 5346 numaralı Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kanunu Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun’u yürürlüğe girmiş ve bu kanun Türkiye’nin yenilenebilir enerji politikalarının temelini oluşturmuştur. Kanunla, yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretiminde kullanımının yaygınlaştırılması amaçlanmıştır [81]. 2011 yılında kanuna eklenen Yenilenebilir Enerji Kaynaklarını Destekleme Mekanizması (YEKDEM) yürürlüğe girmiş ve enerji üreticilerine belirli bir süre ve fiyatla satın alım garantisi veren teşvik getirilmiştir [7]. Buna göre üreticiler kaynak türüne göre I Sayılı Cetvel’de verilen fiyatlardan yararlanması sağlamıştır (Şekil 3.1). Ayrıca bu tesislerde yerli imalat ürün kullanımı halinde, belirtilen kWh fiyatlarına ek olarak II Sayılı Cetvel’deki teşviklerden faydalanacaktır (Şekil 3.3).

(Değişik:25/11/2020-7257/22 md.)	
I Sayılı Cetvel	
Yenilenebilir Enerji Kaynağına Dayalı Üretim Tesis Tipi	Uygulanacak Fiyatlar
a. Hidroelektrik üretim tesisi	7,3 (ABD Doları cent/kWh)
b. Rüzgar enerjisine dayalı üretim tesisi	7,3 (ABD Doları cent/kWh)
c. Jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi	10,5 (ABD Doları cent/kWh)
ç. Biyokütleye dayalı üretim tesisi (çöp gazı dâhil)	13,3 (ABD Doları cent/kWh)
d. Güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	13,3 (ABD Doları cent/kWh)

Şekil 3.1 YEKDEM kaynak türüne göre teşvik fiyatları

e. 10/5/2019 tarihinden itibaren bağlantı anlaşmasına çağrı mektubu almaya hak kazanılan yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı lisanssız elektrik üretim faaliyeti kapsamındaki tesisler	EPDK tarafından TL kuruş/kWh olarak ilan edilen kendi abone grubuna ait perakende tek zamanlı aktif enerji bedeli
---	---

Şekil 3.2 Mayıs 2019 tarihinden kurulacak lisanssız santrallerin YEKDEM tarifesi

II Sayılı Cetvel (29/12/2010 tarihli ve 6094 sayılı Kanunun hükmüdür.)		
Tesis Tipi	Yurt İçinde Gerçekleşen İmalat	Yerli Katkı Fiyatları ¹³ (ABD Doları cent/kWh)
A- Hidroelektrik üretim tesisi	1- Türbin	1,3
	2- Jeneratör ve güç elektroniği	1,0
B- Rüzgar enerjisine dayalı üretim tesisi	1- Kanat	0,8
	2- Jeneratör ve güç elektroniği	1,0
	3- Türbin kulesi	0,6
	4- Rotor ve nasel gruplarındaki mekanik aksamın tamamı (Kanat grubu ile jeneratör ve güç elektroniği için yapılan ödemeler hariç.)	1,3
C- Fotovoltaik güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	1- PV panel entegrasyonu ve güneş yapısal mekaniği imalatı	0,8
	2- PV modülleri	1,3
	3- PV modülünü oluşturan hücreler	3,5
	4- İnvertör	0,6
	5- PV modülü üzerine güneş ışınımı odaklayan malzeme	0,5
D- Yoğunlaştırılmış güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	1- Radyasyon toplama tüpü	2,4
	2- Yansıtıcı yüzey levhası	0,6
	3- Güneş takip sistemi	0,6
	4- Isı enerjisi depolama sisteminin mekanik aksamı	1,3
	5- Kulede güneş ışınımı toplayarak buhar üretim sisteminin mekanik aksamı	2,4
	6- Stirling motoru	1,3
	7- Panel entegrasyonu ve güneş paneli yapısal mekaniği	0,6
E- Biyokütle enerjisine dayalı	1- Akışkan yataklı buhar kazanı	0,8

Şekil 3.3 YEKDEM yerli malzeme kullanıma verilen ilave teşvik tarifesi

Türkiye’de elektrik üretimi, iletimi, dağıtımı, satışı ve piyasa işletim faaliyetleri 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu’na tabi kılınmıştır. Buna göre yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik üretim santralleri Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliğine tabi olarak Enerji Piyasası Düzenleme Kurumun (EPDK)’dan üretim lisansı alınmak zorundadır. Ancak bu kanunun 14. Maddesine göre, kendi elektrik tüketim ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla kurulacak üretim santralleri belli koşullar altında lisans alma ve şirket kurma zorunluluğu olmadan lisanssız elektrik üretimi yapılabilir [9].

3.1.1 Türkiye’de Lisanssız Elektrik Üretimi

Lisanssız (üretim lisansı almaktan muaf) elektrik üretimi, elektrik enerjisi üretmek için belirli bir enerji üretim lisansına veya iznine ihtiyaç duyulmadan gerçekleştirilen bir süreçtir. Bu tür üretim genellikle küçük ölçekli yenilenebilir enerji kaynaklarına dayanır ve yerel enerji üretimini teşvik eder [82]. Lisanssız elektrik üretimi, şebekeye bağlı veya bağlı olmayan sistemlerde gerçekleştirilebilir. Lisanssız elektrik üretimi, yerel enerji üretimini artırmak, enerji maliyetlerini düşürmek ve çevresel sürdürülebilirliği desteklemek amacıyla yaygın bir uygulamadır.

Türkiye’de lisanssız elektrik üretimi 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu’nun 14’üncü maddesi ile 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun’un 6/A maddesi dayanılarak oluşturulan Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği’ne göre yapılmaktadır.

Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği ile;

- Tüketicilerin kendi elektrik ihtiyaçlarını karşılayabilmesi,
- Küçük ölçekli üretim tesislerinin ülke ekonomisine kazandırılması ve arz güvenliğinin sağlanması,
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımının yaygınlaştırılması,
- Elektrik şebekesinde meydana gelen kayıpların azaltılması,

Amaçlanmıştır [11].

3.1.2 Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği’nin Yıllar İçindeki Değişimi

Türkiye’de ilk lisanssız elektrik üretim yönetmeliği 3 Aralık 2010 tarihinde yürürlüğe girmiş, lisans alma ve şirket kurma zorunluluğundan muaf tutulan mikro kojenerasyon tesisleri ile kurulu gücü 500 kW’a kadar olan yenilenebilir enerjiye dayalı üretim tesislerinin tabi olduğu usuller düzenlenmiştir. Buna göre yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik üretim tesislerinde üretilerek sisteme verilen ihtiyaç fazlası enerjisi için Türkiye ortalama elektrik toptan satış fiyatı üzerinden satın alınacağı belirtilmiştir. Yönetmelik kapsamında üretim tesisi ile tüketim tesisinin aynı dağıtım bölgesinde bulunması esas kılınmıştır [83].

2011 yılında yürürlüğe giren Yenilenebilir Enerji Kaynaklarını Destekleme Mekanizması (YEKDEM), yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik üretimini teşvik eden tarife sistemi sayesinde I Sayılı Cetvel’de belirtilen fiyatlarla satın alma garantisi getirilmiştir [7]. Buna göre kendi tüketim ihtiyacını karşılamaya yönelik olarak yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üreten lisanssız elektrik üretim tesisleri, ihtiyaçlarının üzerinde ürettikleri elektrik enerjisini şebekeye vermeleri halinde YEKDEM tarifesinden on yıl süre ile faydalanabilir. On yıllık sürenin bitiminden itibaren lisanssız üretim faaliyeti kapsamında üretilen ihtiyaç fazlası elektrik enerjisi için, elektrik piyasasında oluşan piyasa takas fiyatlarıyla satış yapılabileceği belirtilmiştir. İlgili kanunun uygulamasına ilişkin usuller 21/07/2011 tarihinde çıkan Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik’le yayınlamıştır. Ayrıca bu yönetmelikte tüketim birleştirme sistemi getirilerek; “Birden fazla gerçek veya tüzel kişi, uhdelerindeki tesislerde tüketilen elektrik enerjisi için tüketimlerini birleştirerek bu Yönetmelik kapsamında üretim tesis ya da tesisleri kurabilir.” maddesi eklenmiştir [84].

2/10/2013 tarihinde yönetmeliğin kapsamı genişletilerek yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesislerinin kurulu gücü 1 MW’a çıkarılmıştır. Yine bakanlar kurulu izniyle kurulu gücün 5 MW’a kadar arttırılabilmesi yönünde kanun düzenlenmiştir [85].

10/05/2019 tarihinde alınan kararla üretilen ihtiyaç fazlası enerji için EPDK tarafından ilan tüketicinin kendi abone grubuna ait perakende tek zamanlı aktif enerji bedeli uygulanacağı bildirilmiştir [86].

12/05/2019 tarihindeki yönetmelikte yeniden düzenlemeye gidilmiş ve 5.1.c maddesi kapsamında yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı kurulacak üretim tesisleri için bu tesisle ilişkilendirilen tüketim tesisinin bağlantı anlaşma gücünden fazla olamaz ibaresi eklenmiştir [87]. Ayrıca bu yönetmelikten sonra kurulan yenilenebilir enerjiye dayalı lisanssız üretim tesisleri için saatlik mahsuplaşmadan aylık mahsuplaşma uygulamasına geçilmiştir.

9/5/2021 tarihinde yönetmeliğe 5.1.h maddesi eklenerek, bağlantı anlaşmasındaki sözleşme gücü ile sınırlı olmak kaydıyla yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisleri için kurulu güç üst sınırı kaldırılmıştır [88].

11/08/2022 tarihinde yönetmelikte bu tez çalışmasına da konu olan ihtiyaç fazlası elektriğin satışına kısıt getirilmiştir [89]. Yeni yönetmelikle gelen düzenlemeler ilgili çevreler ve kamuoyunda büyük tartışmalara neden olmuş, olumlu olumsuz birçok değerlendirme yapılmıştır[90]. Bu düzenlemelerden en önemlisi; “12/5/2019 tarihinden sonra yapılan başvurular neticesinde bağlantı anlaşmasına çağrı mektubu almaya hak kazanan kişilerin, ihtiyacının üzerinde satışa konu edilebilecek üretim miktarı, ilişkili tüketim tesisinin toplam elektrik enerjisi tüketimini geçemez. Bu miktarın üzerinde sisteme verilen enerji YEKDEM’e bedelsiz katkı olarak dikkate alınır.” [89] Bu maddeye göre, tesislerin cari yıl içindeki ihtiyaç fazlası elektrik üretim satış miktarları, bir önceki senede gerçekleştirdikleri toplam tüketim ile sınırlı olacağı hükmü getirilmiştir. Ancak kabulün yapıldığı yıla ait tüketim miktarlarının bir önceki yıla ait mevcut ya da hesaplanan tüketim miktarını geçmesi halinde, işlemlerin cari yıla ait tüketim miktarları üzerinden yürütüleceği belirtilmiştir. Ayrıca 5.1.h maddesi kapsamında belediyeler, sanayi tesisleri ve tarımsal sulama amaçlı tesisler için bağlantı anlaşmasındaki sözleşme gücünün iki katına kadar lisanssız üretim tesisi kurulabilme imkânı tanınmıştır. Ve yine bu kapsamdaki tesisler için üretim tesislerinin tüketim tesisi ile aynı dağıtım bölgesinde olma zorunluluğu kaldırılmıştır [12]. Buna göre mevcut bir tüketim tesisinin ihtiyacını karşılamak amacıyla ülkenin herhangi bir bölgesinde üretim tesisi kurulabilmesine olanak sağlanmıştır.

3.1.2.1 Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği’ndeki Yeni Düzenlemeler Sonrası Satışa Konu Edilebilecek Enerji Miktarının Tespiti

Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği’ne 11/08/2022 tarihinde getirilen düzenleme doğrultusunda ihtiyaç fazlası üretilen elektriğin şebeke satışına kısıtlama konulmuştur. Bu sınırlama ile üretim satış miktarları, tüketime bağlanmıştır ve mahsuplaşma sonrasında satışa konu edilebilecek miktarın belirlenmesinde iki farklı durum söz konusudur. Buna göre cari yıl içinde yapılabilecek satış miktarları için bir önceki sene tüketilen toplam elektrik enerjisi miktarı kadar bir limit belirlenmiştir. Fakat içinde bulunulan yılın tüketim miktarları bir önceki seneyi geçerse aradaki fark kadar miktar bir bu limite eklenir. Üretim tesisinde üretilerek şebekeye verilen ihtiyaç fazlası elektrik bu miktarları aşarsa, aşılan kısmın şebekeye bedelsiz olarak aktarılacağı belirtilmiştir [12].

Aşağıdaki senaryolardan Tablo 3.1’de 2022 yılında 15900 kWh ve 2023 yılında 16790 kWh yıllık toplam elektrik tüketimi gerçekleştirilmiştir. 2023 yılında üretim ve tüketimin aylık mahsuplaşması sonucunda oluşan ihtiyaç fazlası toplam 12790 kWh elektrik, kısıtlama limitinin altında kaldığı için tamamı satışa konu edilmiştir.

Tablo 3.1 Satışa konu edilebilecek enerji miktarları - Senaryo 1

Ay	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	TOPLAM
Tüketim (kWh) 2022	50	50	100	60	1500	2000	4000	5000	3000	50	50	40	15900
Tüketim (kWh) 2023	60	100	200	200	1200	4500	4000	5600	600	100	100	100	16760
Üretim 2023 (kWh)	1500	1450	1600	2700	3100	3400	3450	3500	300	300	2100	300	23700
Mahsuplaşmış Üretim/Tüketim 2023 (kWh)	1440	1350	1400	2500	1900	-1100	-550	-2100	-300	200	2000	200	
İhtiyaç Fazlası Satış 2023 (kWh)	1440	1350	1400	2500	1900	0	0	0	0	200	2000	2000	12790
Tüketim Fatura 2023 (kWh)	0	0	0	0	0	1100	550	2100	300	0	0	0	4050

Tablo 3.2’de verilen ikinci senaryoda, 2023 temmuz ayında satılabilecek elektrik miktarı 2022 tüketimi olan 12900 kWh’a ulaştığı için sadece 1310 kWh elektrik satışa konu edilmiş kalan 1840 kWh elektrik bedelsiz olarak şebekeye verilmiştir. Eylül ayında üretilen 500 kWh elektriğin tamamı bedelsiz olarak şebekeye aktarılmıştır. Ekim ayının sonu itibariyle, 2023 elektrik tüketimi 13060 kWh’a ulaşmış ve geçen senenin 160 kWh üzerinde çıkmıştır. Bu durumda ekim ayında üretilen 1000 kWh ihtiyaç fazlası elektriğin 160 kWh’ı ilgili dağıtım şirketi tarafından satın alınmıştır. Aralık ayında ise içinde bulunan toplam tüketim miktarı 13610 kWh’a ulaşmıştır ve 600 kWh fazla üretimin 550 kWh’ı satışa konu edilmiştir.

Tablo 3.2 Satışa konu edilebilecek enerji miktarları - Senaryo 2

Ay	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	TOPLAM
Tüketim (kWh) 2022	50	50	100	60	1500	2000	4000	4000	1000	50	50	40	12900
Tüketim (kWh) 2023	60	100	200	200	1200	400	300	4600	5000	1000	500	50	13610
Üretim 2023 (kWh)	1500	1450	1600	2700	3100	3400	3450	3500	5500	2000	100	650	28950
Mahsuplaşmış Üretim/Tüketim 2023 (kWh)	1440	1350	1400	2500	1900	3000	3150	-1100	500	1000	-400	600	
Satış (2023) (kWh)	1440	1350	1400	2500	1900	3000	1310*	0	0**	160***	0	550****	13610
Tüketim Fatura 2023 (kWh)	0	0	0	0	0	0	0	1100	0	0	400	0	1500
Bedelsiz Katkı Olarak Dikkate Alınacak Miktar 2023 (kWh)	0	0	0	0	0	0	1840	0	500	840	0	50	

Satışa konu edilebilecek miktarlar ham tüketim değerleri üzerinden hesaplanır. Üretim ve tüketimin aynı ölçüm noktasında bulunduğu yerlerde ham tüketim tespiti tesislerde bulunan çift yönlü ve tek yönlü sayaçlar ile sağlanmaktadır. [91].

Tablo 3.3 Ham tüketim miktarlarının tespiti

<i>Tek Yönlü Üretim Sayacı Veriş Miktarı (kWh)</i>	<i>Çift Yönlü Üretim Sayacı Veriş Miktarı (kWh)</i>	<i>Çift Yönlü Tüketim Sayacı Çekiş Miktarı (kWh)</i>	<i>Satışa Edilebilecek Miktarı (kWh)</i>	<i>Konu Üretim</i>
40	10	50	(40-10)+50=80	
50	0	70	(50+70)=120	

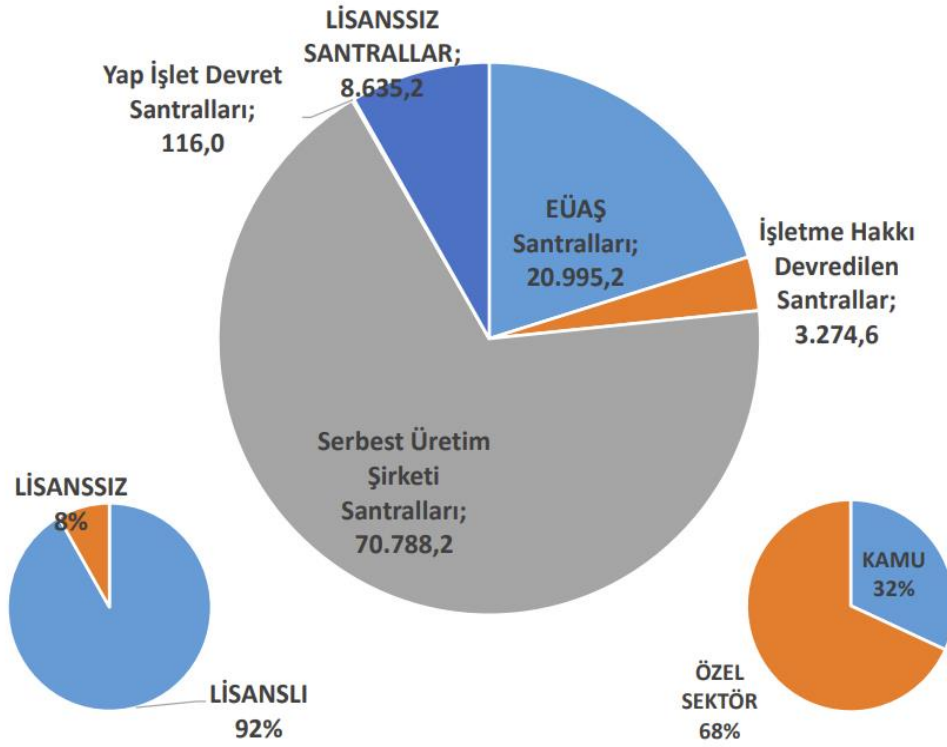
3.2 Türkiye’de Lisanssız Elektrik Üretim Santrallerinin

Durumu

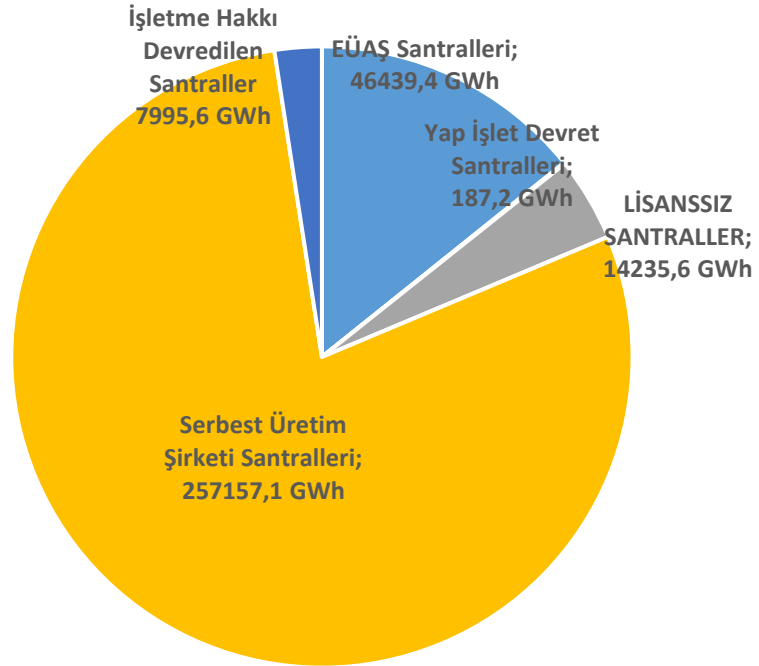
Türkiye’de lisanssız elektrik üretim santralleri, çoğunlukla yenilenebilir enerji kaynaklarına dayanır. Bu kaynaklar arasında güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, hidroelektrik enerji, biyokütle enerjisi ve jeotermal enerji yer almaktadır. Lisanssız santrallerin büyük çoğunluğu, 1 MW kurulu gücün altındaki kapasitelerle sınırlıdır. 2022 sonu itibariyle 9621 adet lisanssız santral, 8635 MW’lık kurulu gücü ile Türkiye’nin toplam kurulu gücünün yüzde sekizini oluşturmaktadır. 9621 adet lisanssız santralin 9315’i güneş enerji santralidir [8]. Tablo 3.4’te lisanssız üretim santrallerinin kaynak türü, kurulu güç ve adet bilgileri verilmiştir.

Tablo 3.4 2022 sonu ile Türkiye’deki lisanssız üretim santrallerinin durumu

Kaynak Bazında Lisanssız Santraller				
Kaynak Türü	Kurulu Güç (MW)		Adet	
Güneş	7956,6	92,14%	9315	96,82%
Doğalgaz	268,2	3,11%	67	0,70%
Biyokütle	89,9	1,04%	58	0,60%
Rüzgâr	81,6	0,94%	85	0,88%
Atık Isı	222,5	2,58%	78	0,81%
Akarsu	16,4	0,19%	18	0,19%
Toplam	8635,2	100,00%	9621	100%



Şekil 3.4 Türkiye'deki lisanslı ve lisanssız santrallerin kurulu güçleri ve yüzde dağılımları (TEİAŞ, Aralık 2022)



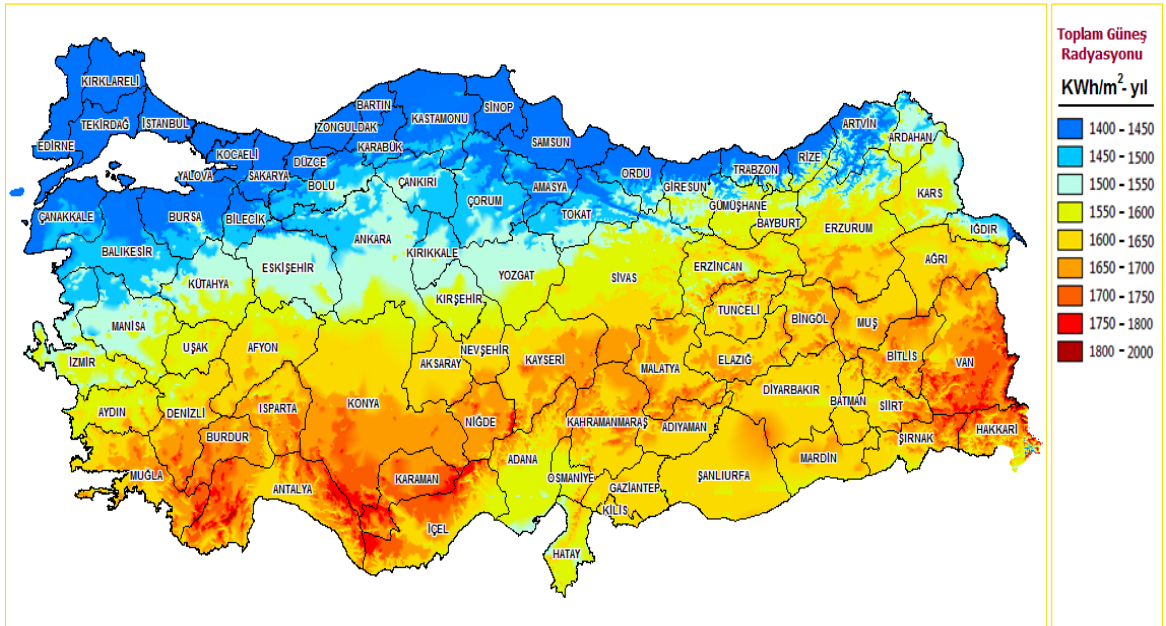
Şekil 3.5 Türkiye 2022 yılı elektrik enerjisi üretimi

EPİAŞ verilerine göre 2022 yılında lisanssız santrallerden 14235,6 GWh'lık elektrik enerjisi üretilerek şebekeye aktarılmıştır [92]. Ayrıca TEİAŞ'ın 2022 faaliyet raporuna göre sadece geçtiğimiz yılda toplam 900 MW'lık lisanssız santrale bağlantı görüşü verilmiştir [93]. Bunların büyük çoğunluğunu güneş enerjisi santralleri (GES) oluşturmaktadır.

3.3 Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli

Türkiye, güneş enerjisi potansiyeli açısından oldukça zengin bir ülkedir. Coğrafi konumu ve iklimi, güneş enerjisi üretimi için ideal koşullara sahiptir. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) göre, ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2.741 saat olup ortalama yıllık toplam ışıınım değeri 1.527,46 kWh/m² olarak hesaplanmıştır [94]. Şekil 3.6'da ülke genelindeki metrekareye düşen yıllık ışıınım değerleri verilmiştir [95]. Özellikle Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz Bölgeleri, güneşlenme saati ve güneş ışıınımı bakımından en yüksek potansiyele sahip bölgelerimizdir.

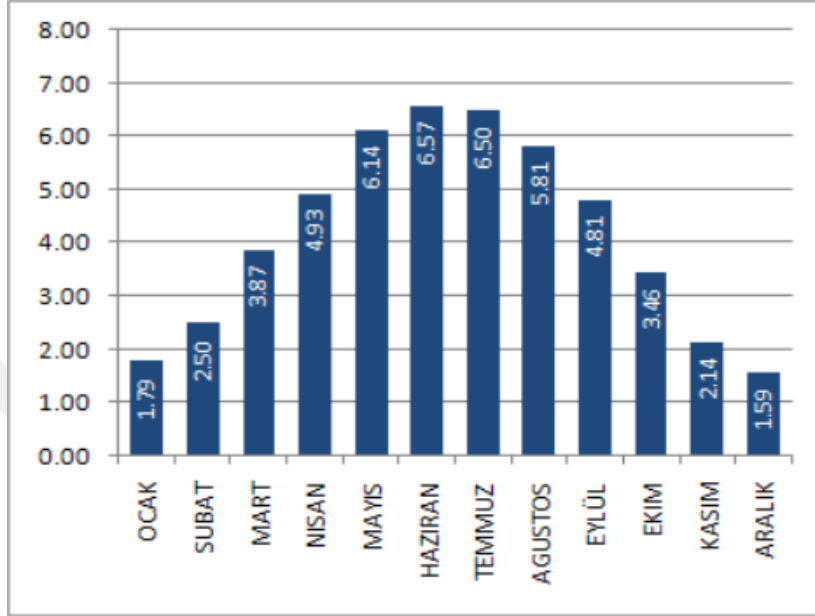
Bu potansiyeli kullanarak artan enerji talebini karşılamak aynı zamanda enerji bağımsızlığını sağlamak amacıyla Türkiye'nin güneş enerjisi kurulu gücünde 2035'e kadar yüzde 500 artışla 52,9 GW'a ulaşması ve güneş enerjisinin en yüksek kurulu güce sahip kaynak olması hedeflenmektedir [96]. Bu hedefte en büyük payın lisanssız GES'lere ait olacağı tahmin edilmektedir.



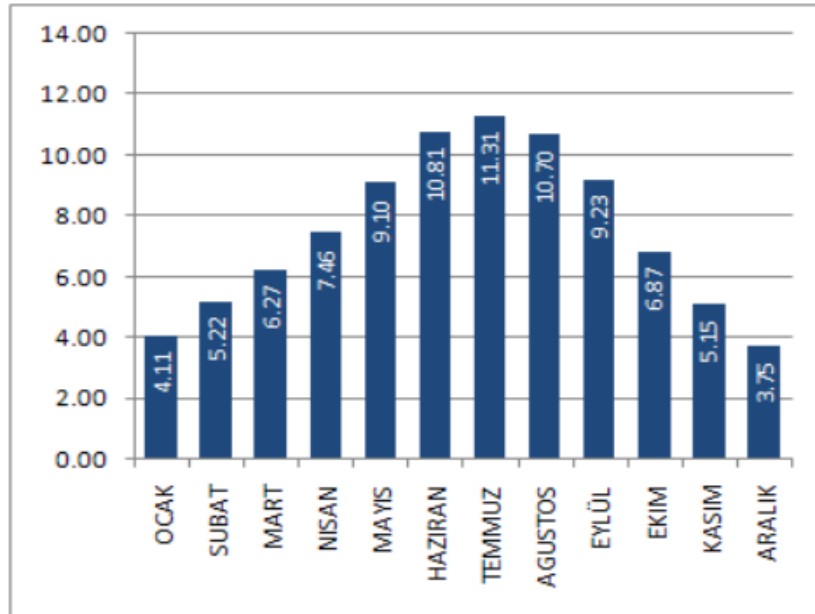
Şekil 3.6 Türkiye güneş enerjisi potansiyel atlası

Şekil 3.7’de Türkiye’nin global radyasyon değerleri verilmiştir. GEPA verilerine göre günlük ortalama metrekareye düşen güneş ışıını 4,18 kWh’dir ve en yüksek ışıınılara haziran ayında (6,57 kWh/m²) ulaşılmaktadır

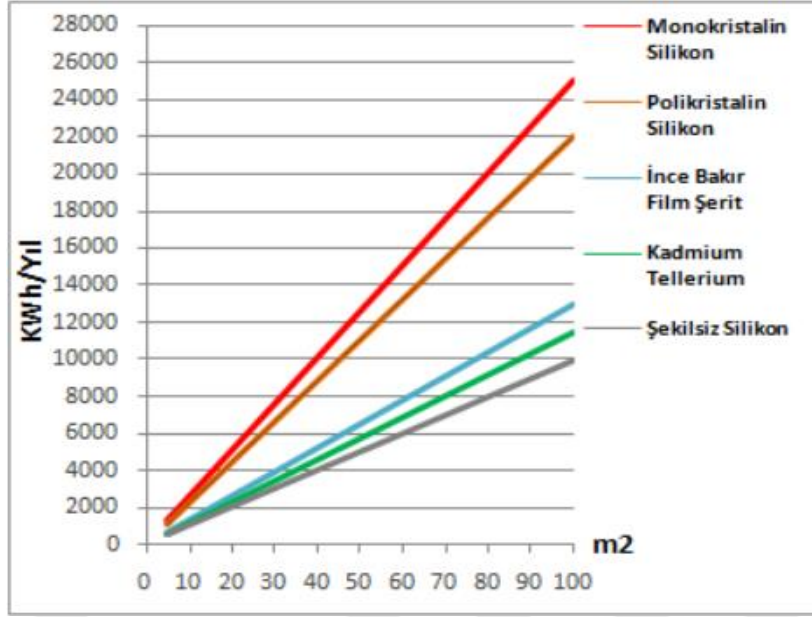
Şekil 3.8’de ise ülkenin güneşlenme süreleri verilmiştir. Buna göre Türkiye’nin günlük ortalama güneşlenme süresi 7,5 saat olup, en yüksek güneşlenme süreleri temmuz ayında (11,31 saat) yaşanmaktadır.



Şekil 3.7 Türkiye’nin global radyasyon değerleri



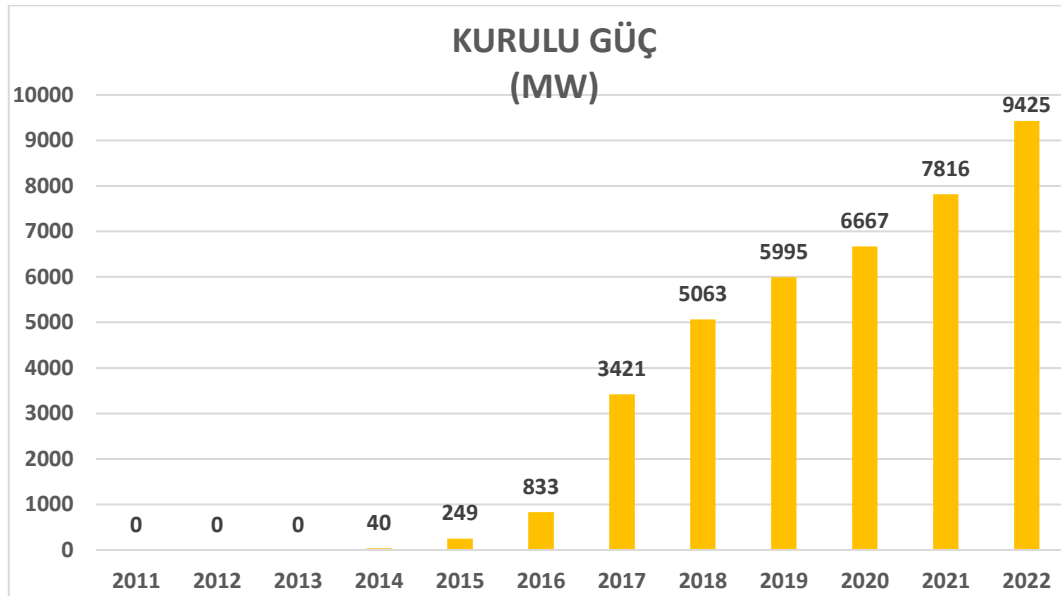
Şekil 3.8 Türkiye’nin güneşlenme süreleri



Şekil 3.9 PV teknolojisine göre metrekarede üretilebilecek enerji

Şekil 3.9’da PV modül tipine göre Türkiye’de metrekare başına yıllık üretilebilecek enerji miktarları verilmiştir. Buna göre monokristal panellerden metrekarede bir yıl içinde ortalama 250 kWh enerji üretilebileceği görülmektedir [95].

2022 sonunda güneş enerjisine dayalı elektrik kurulu gücü Türkiye için 9425 MW’a ulaşarak toplam kurulu enerji üretim kapasitesinin %9,08’ ini oluşturmaktadır [8]. Şekil 3.10’daki güneş enerjisi kurulu gücünün yıllara göre değişimi verilmiştir.



Şekil 3.10 Türkiye’nin solar kurulu gücünün yıllara göre değişimi

GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRAL TASARIMI, OPTİMAL BOYUTLANDIRMA VE EKONOMİK ANALİZ

Bu çalışma kapsamında ilk olarak Yıldız Teknik Üniversitesi Davutpaşa Kampüsünde aylık tüketim verileri tabloda verilen bir tüketim tesisinin ihtiyacını karşılamak amacıyla 1 MWp gücünde bir güneş enerji santrali tasarımı yapılacaktır. Devamında eski lisanssız üretim yönetmeliğine göre, yani üretilen fazla enerji satışının kısıtlanmadığı durum için ve yeni düzenlemeyle gelen şebeke elektrik satış kısıtlaması durumuna göre ekonomik analizi yapılarak yatırımın finansal metriklerindeki değişimler karşılaştırılmıştır. İki durum arasındaki fark ortaya konduktan sonra yeni yönetmeliğin düzenlemesinin getirdiği şebeke enerji satış kısıtlamasına göre ilgili tüketim tesisi için kurulabilecek en uygun güneş enerjisi üretim santralının kapasitesinin belirlenmesi amaçlanmıştır. İlerlenen kısımlarda tüketim profillerindeki değişiklikler ve farklı senaryolara göre analizler derinleştirilmiştir. İlk tasarlanan santral gücünün 1 MWp seçilmesinin sebebi yönetmeliğin 5.1.c maddesinin üst limiti kapsamınca en karlı ve bu yüzden 2022 yılına kadar en çok rağbet gören arazi GES türü olmasındandır. Santral tasarım ve simülasyon işlemleri PVsyst 7.4 programı ile gerçekleştirilmiştir [97].

4.1 Tüketim Tesisi Verileri

Elektrik ihtiyacının karşılanarak fazla elektriğin şebekeye satılacağı varsayılan fakültenin son beş yıllık ham tüketim verileri Tablo 4.1’de verilmiştir. Bu veriler üniversite yerleşkesinin toplam elektrik tüketiminin belirli bir katsayı ile çarpılarak elde edilmiş suni veriler olmakla birlikte tüketim profili aynıdır. 2020 ve 2021 yıllarında pandemi nedeniyle yaşanan kapanma ve uzaktan eğitime geçilmesi elektrik tüketimlerinde önemli azalmalar meydana getirmiştir. 2018,2019 ve 2022 yıllarının elektrik tüketim ortalaması 424354,3 kWh iken 2020 ve 2021 yıllarının ortalaması 320589,9 kWh’a düşmüştür. Her ne kadar pandemi döneminde tüketim miktarları azalsa da yıllar boyu tüketim profillerinin benzer olduğu ve genel olarak bahar aylarında kısmen azalan yaz ve kış aylarında kısmen yüksek tüketim yapıldığı görülmektedir. Bunun dışında tesisin bir kamu binası olması hasebiyle yıllar içinde ciddi yük artışları ve azalışları oluşturabilecek değişikliklerin olması

beklenmemektedir. Tesis dağıtım sistemine bağlı, kamu ve özel hizmetler sektörü abone grubunda tek terimli tek zamanlı OG kullanıcısıdır.

Tablo 4.1 Tüketim tesisinin ham elektrik tüketim verileri

kWh/Ay	2018	2019	2020	2021	2022
Ocak	40505,1	42902,0	38529,3	28360,6	41236,9
Şubat	36635,0	38289,2	37510,1	24095,6	34353,7
Mart	36059,0	38863,0	30270,9	28917,1	45462,2
Nisan	30737,1	34227,9	19973,8	22238,4	31567,5
Mayıs	26835,0	31946,7	15209,5	17619,0	28674,5
Haziran	29439,5	34946,6	18917,3	20631,3	34722,2
Temmuz	35966,3	41097,0	20050,3	32094,1	31721,5
Ağustos	34035,9	35618,1	21934,5	38806,7	37058,5
Eylül	34583,9	35254,6	20859,8	27307,4	29678,9
Ekim	33203,6	31584,9	20351,4	28280,3	29236,7
Kasım	37024,8	30683,2	24281,1	34998,7	34420,8
Aralık	45977,2	37710,4	29209,7	40732,6	40803,8
Toplam	421002,4	433123,5	297097,7	344082,0	418937,0

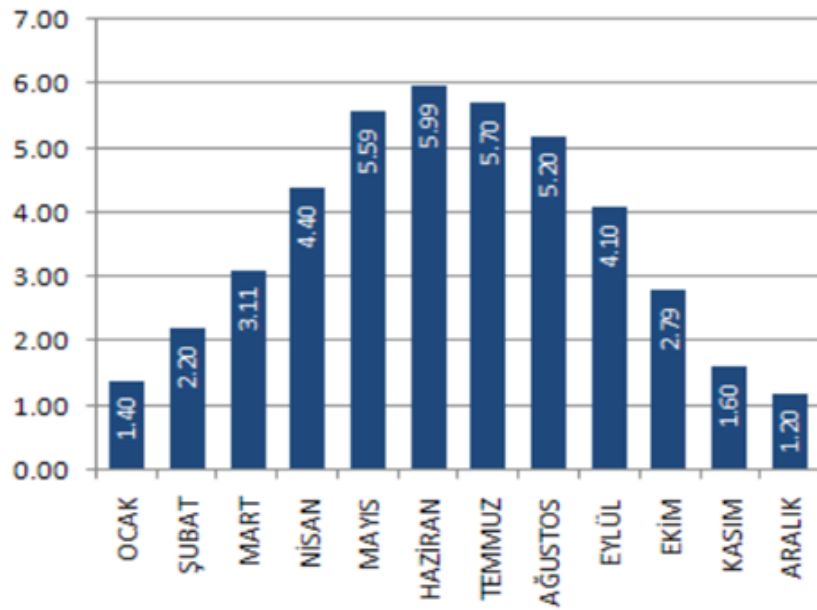
4.2 Santral Alanı

Yıldız Teknik Üniversitesi'nin Davutpaşa Kampüsüne kurulacak güneş enerjisi santralının koordinatları Google Earth Pro yazılımından 41°01'14.02"K enlemi ve 28°53'43.78"D boylamı olarak belirlenmiştir [98]. Şekil 4.1'de uydu görüntüsünün gösterildiği alanın çevresi açık olup, güney yönünde yakın gölge oluşturacak herhangi bir cisim bulunmamaktadır.

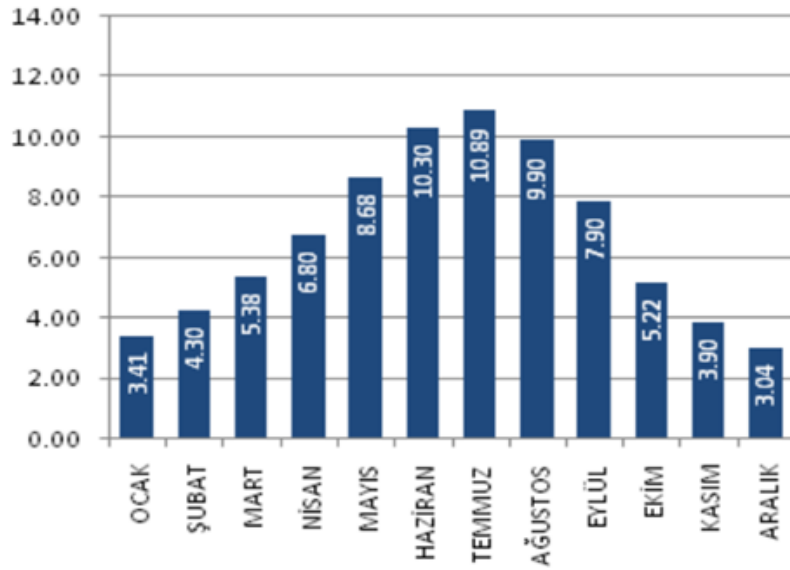


Şekil 4.1 Santralin kurulacağı alan

Enerji İşleri Genel Müdürlüğü'nün oluşturduğu Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası'ndan alanın bulunduğu Güngören ilçesi için alınan güneşlenme süreleri ve radyasyon değerleri Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'teki grafiklerde verilmiştir [99]. Buna göre en yüksek güneşlenme süreleri ortalama 10,89 saat ile temmuz ayında, günlük en yüksek ortalama ışıınım değerleri ise 5,99 kWh/gün-m² ile haziran ayında yaşanmaktadır.



Şekil 4.2 Santral alanının aylık ortalama ışıınım değerleri



Şekil 4.3 Santral alanının aylık ortalama güneşlenme süreleri

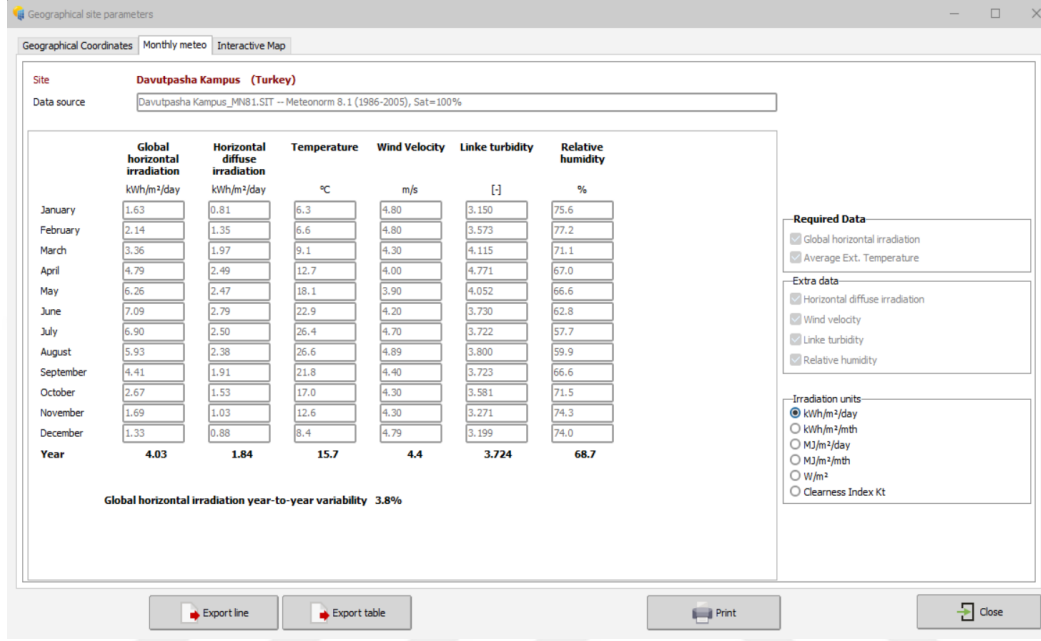
4.3 PVsyst ile Güneş Enerjisi Santrali Tasarımı

Bu bölümde PVsyst programı kullanılarak ilk olarak şebeke bağlantılı 1 MWp'lık güneş enerjisi santralının aylık elektrik üretim miktarları elde edilecektir. İlerleyen bölümlerde farklı senaryolara göre oluşan ekonomik sonuçları optimize etmek için tekrardan kapasiteler değiştirilerek ilgili senaryolar için ideal üretim değerleri elde edilmeye çalışılacaktır.

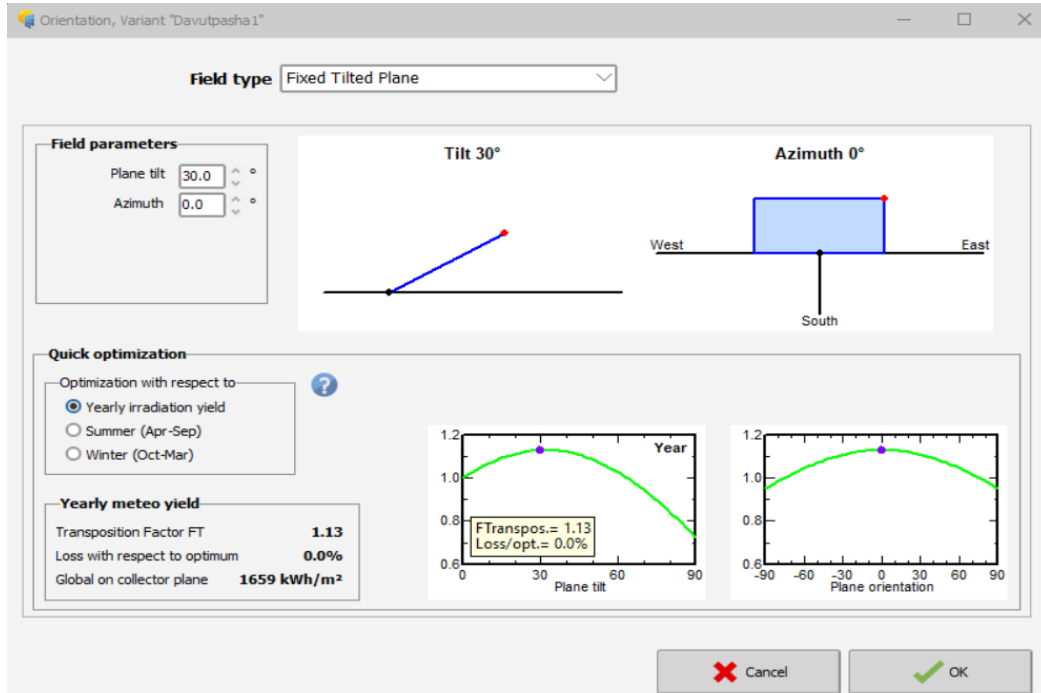
PVsyst, fotovoltaik sistemlerin tasarımı, performans analizi ve enerji üretimi tahminleri için kullanılan bir yazılım programıdır. Güneş enerjisi sektöründeki profesyoneller ve mühendisler tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca finans kuruluşları yatırımcılara kredi verirken PVsyst analizlerini dikkate almaktadır [100].

Santral tasarımı için ilk olarak PVsyst 7.4 yazılımında şebeke bağlantılı yeni bir proje açıldıktan sonra coğrafi alan bilgileri kısmına santral konumunun koordinatlar girilir veya doğrudan interaktif harita üzerinden seçilir. Ardından bu bölge için hangi meteorolojik veritabanının kullanılacağı belirlenerek santral alanının güneş ışıınım, sıcaklık, nem, rüzgar ve güneş yolu bilgileri edinilir. Bu tasarımda meteorolojik veriler için Meteonorm 8.1 veritabanı kullanılmıştır [101].

Lokasyon tanımlanıp, hava verileri elde edildikten sonra (Şekil 4.4) oryantasyon sekmesinde PV panellerin azimut ve eğim açıları tayin edilir. Program aynı pencerede optimizasyon aracı kullanarak ilgili bölge için ideal açıları saptamaktadır. Şekil 4.5'te gösterildiği gibi sabit eğim açılı olarak seçilen panel yerleşimi, 30° eğim ve 0° azimut açısı ile konumlandırılmıştır.



Şekil 4.4 GES kurulum alanının meteorolojik verileri



Şekil 4.5 PVsyst panel azimut ve eğim açılarının belirlenmesi

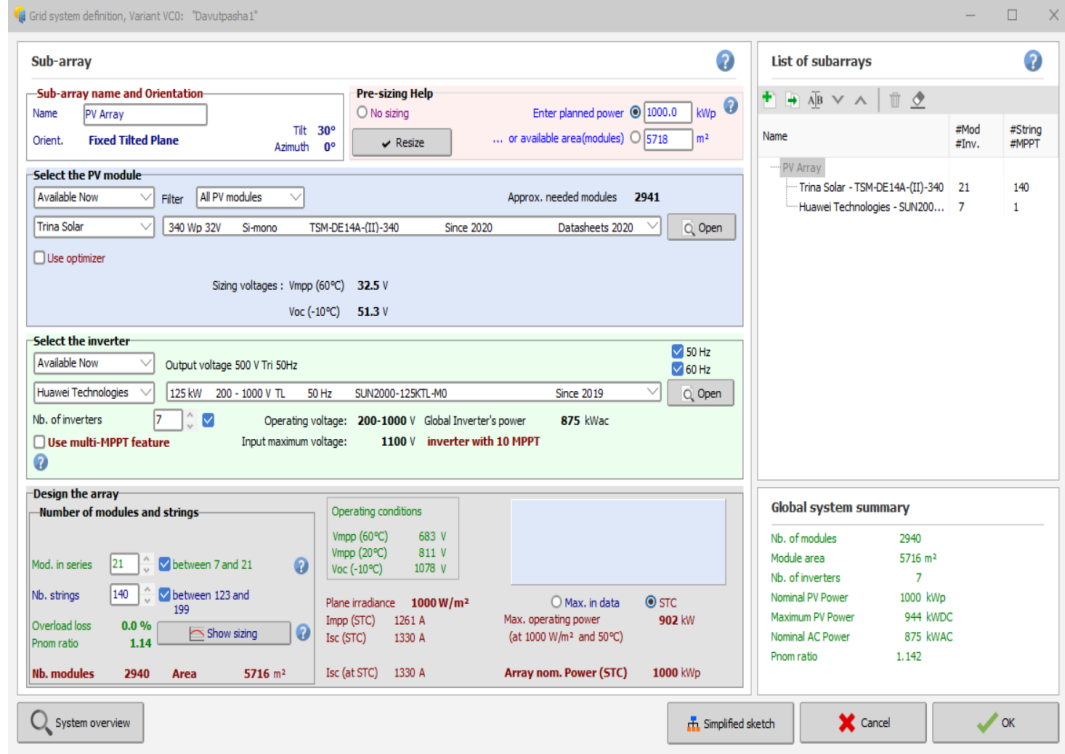
Panel yerleşim açıları tanımladıktan sonra oryantasyon sekmesi kırmızıdan yeşile döner ve sonraki adım olan sistem sekmesine geçilir (Şekil 4.6). Burada ilk olarak santralde kullanılacak olan PV modül ve inverterin seçimi yapılır. PVsyst'in kendi kütüphanesinde marka ve modellere göre çok sayıda panel ve inverter modüllerinin teknik bilgileri bulunmaktadır. Ayrıca program kütüphanesinde bulunmayan modül ve inverterlerin teknik bilgileri manuel olarak girilerek kütüphaneye eklenebilir. Bu çalışmadaki tasarımlarda kullanılacak Trina Solar marka 340 Wp monokristal PV panel ve Huawei marka 125 kW inverter modelinin teknik bilgileri Tablo 4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.2 Tasarımda kullanılan PV panel ve inverter özellikleri

PV Panel		İnverter	
Trina Solar DE14A-(II)-340		Huawei SUN2000-125KTL-M0	
Pmax	340 Wp	Vmin MPP	200 V
Vmpp	38.2 V	Vmax MPP	1000 V
Imp	8.9 A	Vmax Array	1100 V
Voc	46.2 V	Verimlilik η	98.8 %
Isc	9.5 A	Şebeke Voltajı	400 V
Verim η	19.44 %	Şebeke Frekansı	50 Hz
Hücre Tipi	Si-mono	Pnom AC	125 kWac
Modül Alanı	1.77 m ²	Pmax AC	138 kWac

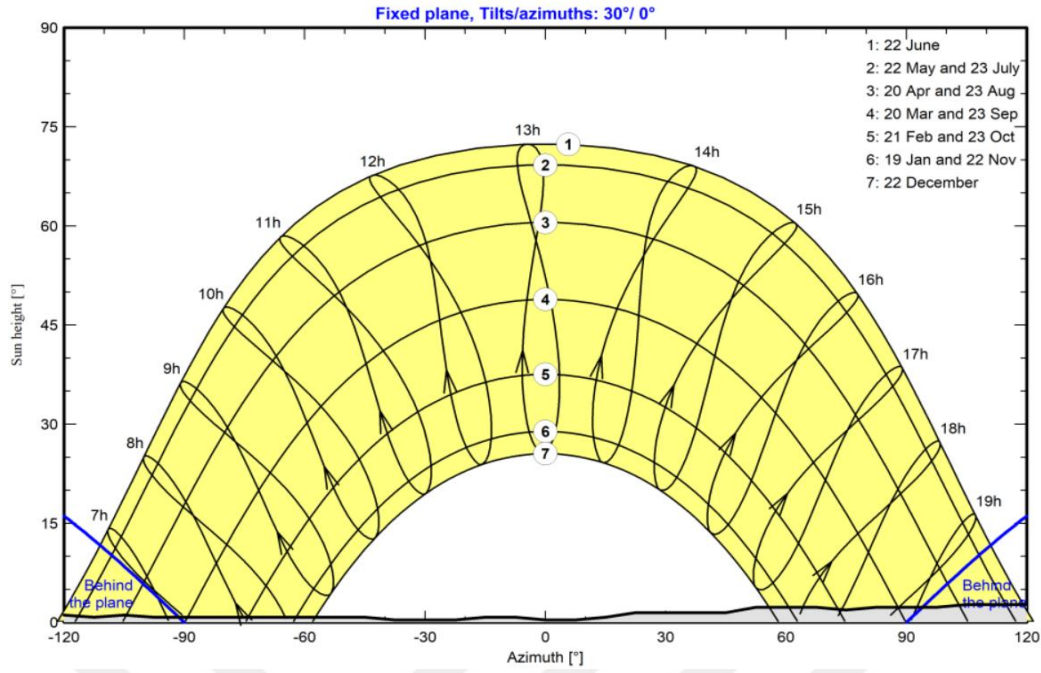
Kullanılacak ekipmanlar seçildikten sonra 1 MWp kurulu gücü elde etmek için önce paneller seri bağlanarak uygun string dizaynı yapılır. Bunun için santralin bulunduğu alanın maksimum ortam sıcaklığına göre en yüksek (60°C) PV panel sıcaklığı belirlenerek seri bağlı bağlanacak modüllerin çalışma gerilimini (Vmpp), inverterin MPPT çalışma aralığında kalacak şekilde inverterin en verimli çalışma gerilimine yakın olması sağlanır. Aynı zamanda en düşük ortam sıcaklığına (-10°C) göre seri bağlı PV panellerinin açık devre geriliminin (Voc) inverterin en yüksek

çalışma gerilimini ($V_{max-Array}$) geçmemesi gerekir. PVsyst bu değerleri otomatik hesaplayarak istenen kurulu güce göre optimal string ve dizi yapısını belirler. 1 MWp santral için 21 adet seri modülle oluşturulan toplam 140 adet string paralel bağlanmıştır. Tasarımda toplam 2940 adet modül 7 adet inverter kullanılmıştır.



Şekil 4.6 PVsyst sistem tasarım ekranı

Tasarımda bir sonraki kısım sistem kayıplarının belirlenmesidir. Termal kayıplar arazi tipi bir GES için her yerden hava alabilen modüllerde 29 W/m²K olarak sabit seçilmiştir. Omik kayıplar sekmesinde DC gerilim düşümü varsayılan olarak %1,5 AC gerilim düşümü %0,5 olarak belirlenmiştir. Modül uyumsuzluk kayıpları %2, tozlanma kayıpları %1 olarak tanımlanmıştır. Yaşlanma kaybı bu bölümde tanımlanmamış olup ekonomik analiz kısmında ilk yıl üretimlerine göre %-0,8'lik azalmayla doğrusal olarak düşeceği öngörülmüştür. Gölgeleme kayıplarında uzak gölgelemeler için santral alanının ufuk gölgelemesi (horizon) PVGIS veri tabanından elde edilmiştir (Şekil 4.7). Kurulum alanının çevresinin açık ve yakın çevresinde yakın gölgeleme yapacak nesne bulunmadığından yakın gölgeleme analizi yapılmamıştır.



Şekil 4.7 Güneş horizonu, ufuk gölgenmesi

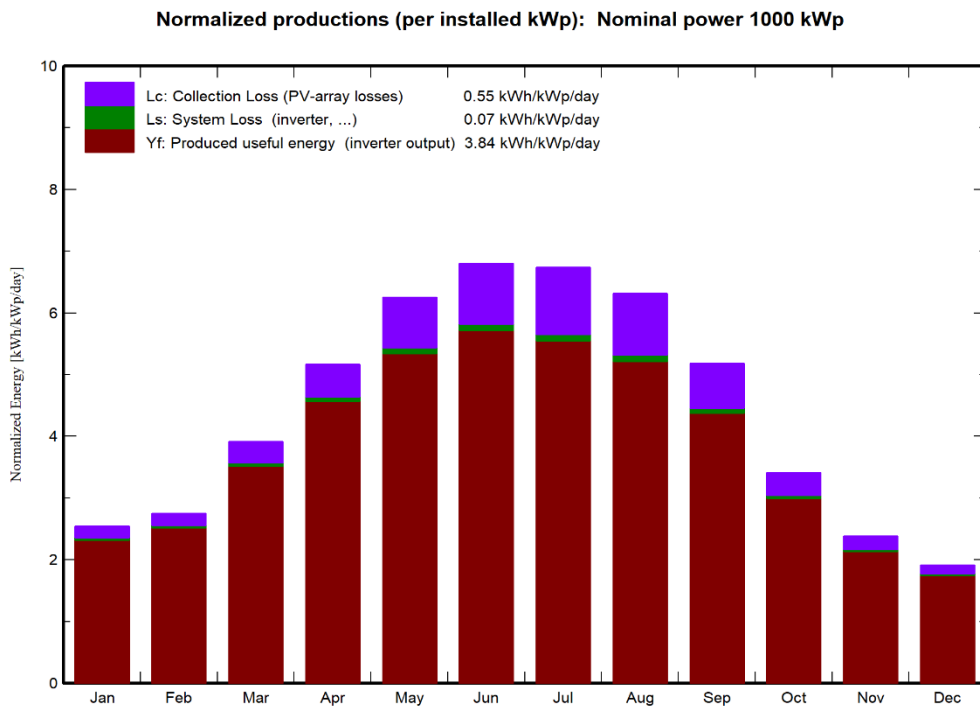
Sistem tasarımı tamamladıktan sonra program simülasyonu çalıştırılarak 1 MWp güneş enerjisi santralinin üretim, kayıp ve performans çıktıları elde edilmiştir. Sonuçlara göre santral 1. Yılının sonunda toplam 1401,7 MWh elektrik enerjisi üretilmiştir. Ortalama performans oranı 0,862'dir. Aylık bazda en yüksek elektrik enerjisi temmuz ayında üretilmiştir (Şekil 4.8).

Davutpaşa 1 MWp Güneş Enerjisi Santrali
Balances and main results

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	ratio
January	50.6	24.97	6.27	78.8	76.4	73223	72044	0.915
February	59.9	37.88	6.61	77.2	74.7	71616	70502	0.914
March	104.1	61.08	9.14	121.4	117.2	110795	109060	0.899
April	143.8	74.65	12.68	155.0	149.6	139194	136941	0.884
May	194.0	76.56	18.11	193.7	187.1	168573	165632	0.855
June	212.8	83.76	22.87	204.1	197.0	174531	171451	0.840
July	213.9	77.39	26.41	208.8	201.6	175309	172027	0.824
August	183.8	73.89	26.64	195.8	189.2	164708	161654	0.826
September	132.4	57.21	21.83	155.5	150.2	133588	131276	0.845
October	82.8	47.45	17.02	105.9	102.5	94302	92829	0.877
November	50.6	31.02	12.64	71.6	69.3	65115	64122	0.896
December	41.1	27.33	8.38	59.5	57.6	55029	54201	0.912
Year	1469.9	673.18	15.77	1627.2	1572.4	1425983	1401740	0.862

Şekil 4.8 1 MWp santralin PVsyst simülasyon sonuçları ve performans oranı

Şekil 4.9’da kurulu güç başına üretilen enerji miktarları, sistem kayıp miktarları ve PV-dizi kayıplarının grafiği verilmiştir. Buna göre 1 MWp’lık santralin inverter çıkışından alınan elektrik kurulu güç başına günlük ortalama 3,84 kWh/kWp’dır. Sistem kayıpları temel olarak inverter kayıplarını temsil etmektedir günlük 0,07 kWh/kWp civarındadır. PV-dizi kayıpları, üretici tarafından standart test koşulları (STK) koşulları için belirtilen PV modülü nominal gücüne göre mevcut dizi çıkış enerjisini etkileyen tüm olaylar olarak tanımlanabilir. Gölgeleme, yansıma, ısınım, termal, tozlanma, MPP uyumsuzluk kayıpları ve omik kayıplar PV dizi kayıplarıdır. Simulasyon sonucunda günlük ortalama 0,55 kWh /kWp olarak bulunmuştur.

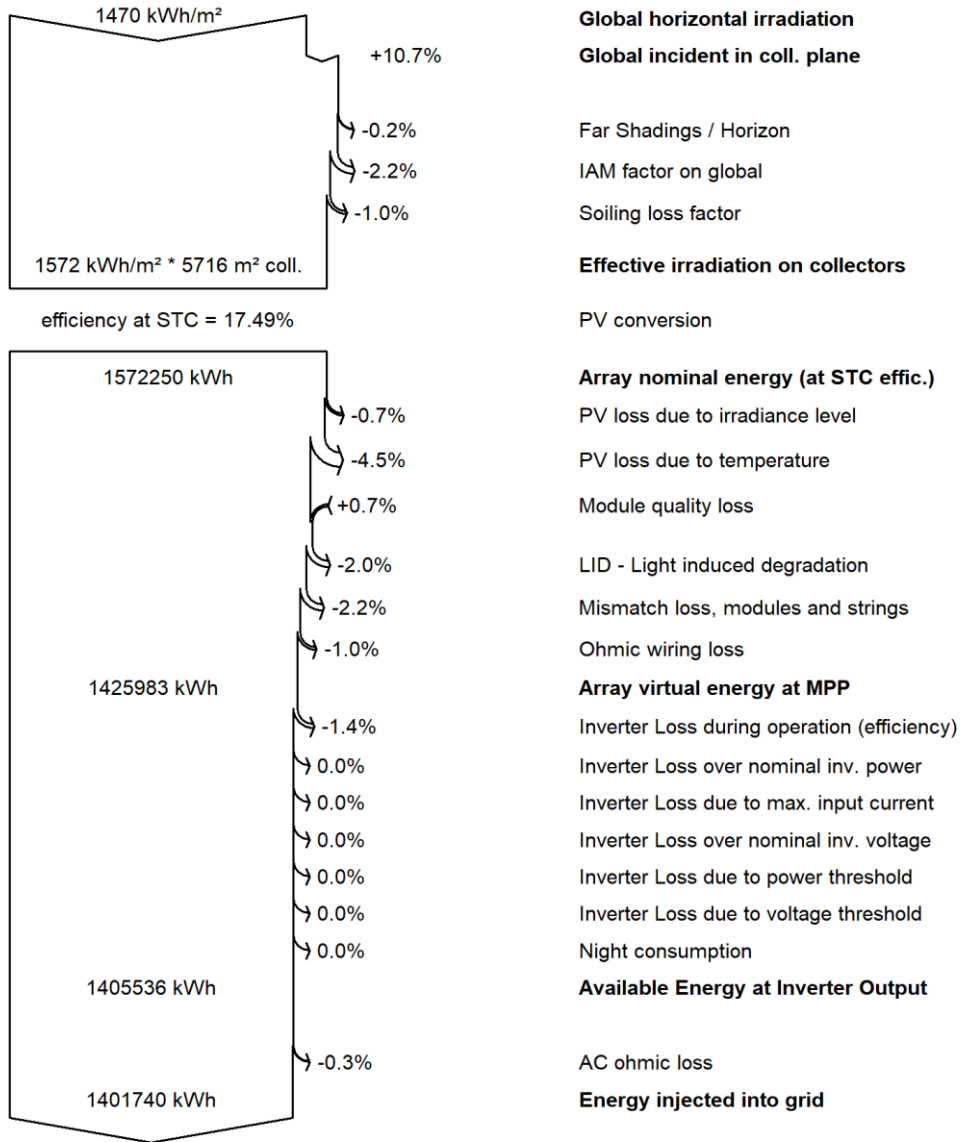


Şekil 4.9 1 MWp santralin normalize üretim değerleri

Sistem ve PV dizi kayıplarının detaylı olarak gösterimi Şekil 4.10’da verilmiştir. Diyagramında görüldüğü üzere bir sene boyunca santral alanına yatayda metrekaresine başına 1470 kWh yıllık enerji düşmüştür. (GHI-Global horizontal irradiation). Buna ek olarak +10,7% (157,29 kWh/m²) ısınım, panellerin doğru konumlandırmasıyla (0° Azimut ve 30° eğim) elde edilmiş ve toplam 1627,29 kWh/m² modüllerin yüzeyine ulaşmıştır. Bu enerji panel yüzeyindeki gölgeleme, tozlanma ve yansıma kayıplarıyla 1572 kWh/m²’e düşmüş ve toplam modül alanı olan 5716 m² çarpılarak toplam PV hücrelere ulaşan güneş enerjisi değeri bulunmuştur. Sonrasında %17,49’luk modül elektriksel dönüşüm verimi ile çarpılmış ve 1572250

kWh PV dizilerinde STK'da nominal enerjisi elde edilmiştir. Bu adımdan sonra sıcaklık (%4,5) ve ışıma (%0,7) bağlı elektriksel kayıplar, modül dizi uyumsuzluk kayıpları (%2,1), ışık kaynaklı bozunma (LID) (%2) kayıpları ile omik kayıplar (%1) inverter girişine ulaşan elektrik enerjisi miktarındaki kayıpları simgelemiştir. İnverter kayıpları (%1,4) ve AC kablo kayıpları da (%0,3) düşüldükten sonra, birinci yıl sonunda sistemden elde edilen net faydalı elektrik miktarı 1401737 kWh olarak simüle edilmiştir.

Loss diagram for "Davutpaşa 1 MWp Güneş Enerjisi Santrali" - year



Şekil 4.10 Simulasyon sonucunda 1 MWp GES'in kayıp diyagramı ve ilk yıl sonunda üretilen toplam faydalı enerji

4.4 Ekonomik Analiz

Güneş enerjisi santralının ekonomik analizi, yatırım yapılabilirliğini değerlendirmek için önemli bir rol oynar ve projenin toplam maliyetleri ile enerji üretimine dayalı beklenen gelirleri içerir. İlk yatırım maliyetleri, güneş panelleri, invertörler, montaj ekipmanları ve elektrik bağlantıları gibi donanımın maliyetini içerirken, işletme ve bakım maliyetleri, günlük operasyonların ve rutin bakım çalışmalarının maliyetlerini içerir [102]. Projelerin finansal performansı, bu maliyetlere karşı gelirleri değerlendirerek hesaplanır [103]. Bu analiz, yatırım getirisi (ROI), net bugünkü değer (NBD), iç karlılık oranı (IRR) ve geri ödeme süresi gibi finansal metriklerle projenin ekonomik sürdürülebilirliğini ölçer.

4.4.1 Net Bugünkü Değer

Bir güneş enerjisi santralının net bugünkü değeri, projenin ömrü boyunca elde edilen tüm enerji gelirlerinin bugünkü değerinden, kurulum ve işletmeyle ilgili tüm giderlerin bugünkü değerinden çıkarılmasıyla elde edilir (4.1) [104].

$$NBD = \sum_{t=1}^n \frac{R_t}{(1+r)^t} \quad (4.1)$$

R_t : t yılı için nakit akışı

r: İndirim oranı

n: Proje ömrü

4.4.2 İç Karlılık Oranı

İç kârlılık oranı (İKO,IRR veya Internal Rate of Return), bir yatırımın beklenen getirisini ve kârlılığını değerlendirmek için kullanılan ve yatırım kararlarının alınmasına yardımcı olan önemli bir finansal ölçümdür. Yatırımlar arasında seçim yapılırken projelerin iç kârlılık oranları karşılaştırılarak karar verilmektedir. Daha yüksek IRR'ye sahip projeler genellikle daha kârlı kabul edilir [105]. Temel olarak yatırımın net bugünkü değerini sıfıra eşitleyen iskonto oranıdır (4.2).

$$NBD = \sum_{t=1}^n \frac{R_t}{(1+IRR)^t} = 0 \quad (4.2)$$

R_t : t yılı için nakit akışı

IRR: İç karlılık oranı

n: Proje ömrü

NBD: Net bugünkü değer

4.4.3 Seviyelendirilmiş Enerji Maliyeti

Seviyelendirilmiş enerji maliyeti (Levelized Cost of Energy, LCOE), bir elektrik üretim tesisinin bir kilovatsaat elektrik üretme maliyetini temsil eder ve genellikle farklı enerji kaynaklarının maliyetlerini karşılaştırmak için kullanılır [106]. Daha farklı yöntemler olmakla birlikte genel olarak LCOE, eşitlik (4.3)'te verildiği gibi belirli bir enerji üretim tesisinin toplam maliyetinin, tesisin ömrü boyunca üretilen elektrik miktarına bölünmesiyle hesaplanır.

$$LCOE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{I_t + M_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+r)^t}} \quad (4.3)$$

I_t : t yılının yatırım harcamaları

M_t : t yılına ait işletme ve bakım giderleri

E_t : t yılında üretilen enerji miktarı

r: İndirim oranı

n: Proje ömrü

4.4.4 Geri Ödeme Süresi

Geri ödeme süresi bir yatırımın maliyetini ve o yatırımın getirisi veya kazancını karşılaştırmak için kullanılan bir finansal analiz yöntemidir. Geri ödeme süresi, bir yatırımın başlangıç maliyetini ne kadar sürede geri kazanabileceğini ölçer. Kısacası, yatırımın maliyeti ile elde edilen getiri arasındaki denge noktasını gösterir. Güneş enerjisi santrallerinde sıklıkla kullanılan bir metriktir [107]. Bir yatırımın geri ödeme süresi yıl olarak eşitlik (4.4)'ten hesaplanabilir.

$$GÖS = n.yıl + \frac{\text{Kurulum Maliyeti} - n.yıla kadar olan kar}{(n+1).yıldaki edilen kar} \quad (4.4)$$

4.4.5 Yatırım Getirisi

Yatırım getirisi (Return of Investment, ROI), projenin karlılığını ölçen bir finansal metriktir. Basit olarak yatırımın başlangıç maliyetine kıyasla ne kadar getiri sağladığını ifade eder [108]. Yatırımın karlılığını değerlendirmek ve farklı yatırım fırsatlarını karşılaştırmak için kullanılır. Bir projenin yatırım getirisi eşitlik (4.5)'teki formülle hesaplanabilir.

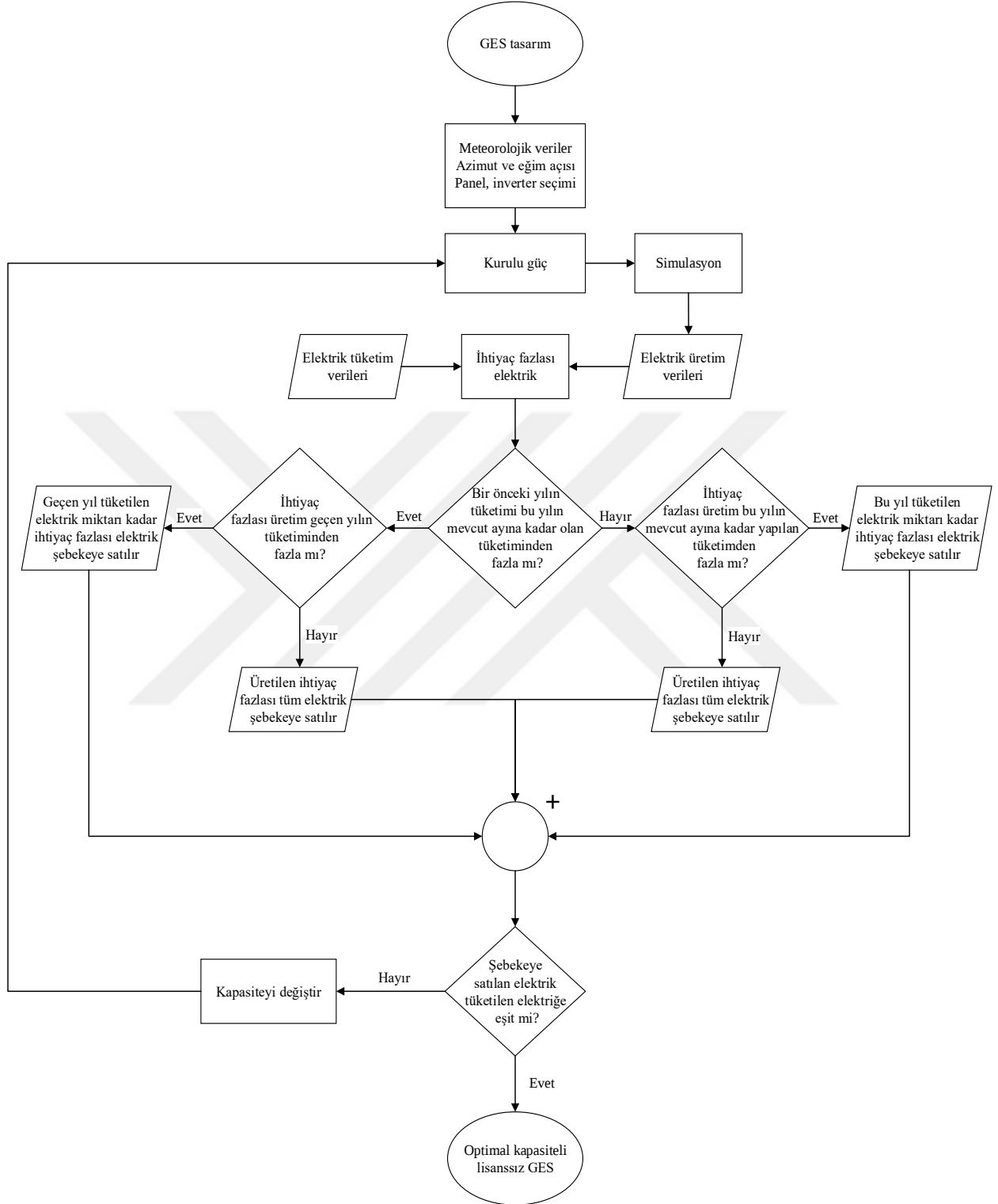
$$ROI = \frac{\text{Yatırım ömrü sonunda net kar} - \text{Başlangıç maliyeti}}{\text{Başlangıç maliyeti}} \times 100 \quad (4.5)$$

4.5 Metodoloji

Lisanssız elektrik üretim yönetmeliğinde 8 Ağustos 2022 tarihinde yapılan ve 2019'dan sonra kurulan veya kurulum için çağrı mektubu almış, YEKDEM kapsamındaki 50 kW üstü tüm lisanssız üretim santrallerinin tabi olduğu şebeke elektrik satış kısıtlaması uygulamasının, düzenlemeden önce kurulmuş veya çağrı mektubu almış 1 MWp kapasiteli bir GES yatırımı üzerindeki etkileri satış kısıtlaması varken (yeni) ve yokken (eski) durumlarına göre analiz edilecektir. Bunun için ilk olarak lisanssız güneş enerjisi santralının ürettiği elektrik ilgili tüketim tesisinin elektrik ihtiyacı ile aylık olarak mahsuplaşılacaktır.

Eski durumda mahsuplaşma sonrası fazla üretilen elektriğin hepsi satılırken, yeni durumda geçen senenin toplam yıllık tüketimi kadar ihtiyaç fazlası elektrik şebekeye satılabilecektir. Bu değerden fazla üretilen elektrik şebekeye bedelsiz olarak verilecektir. Fakat içinde bulunulan yılın herhangi bir ayında yıl içindeki topla elektrik tüketimi geçen senenin elektrik tüketimini aşarsa, o aydan itibaren geçerli olmak üzere aşılın miktar kadar enerji satış limitine eklenecektir. Ekonomik analiz sonrası yatırımın verimsizliği ortaya konulduktan sonra satış kısıtlaması uygulamasına göre tüketim verilerini dikkate alarak optimal güneş enerjisi santralının kurulu gücünün tayini gerçekleştirilerek ekonomik analiz tekrarlanacaktır.

Şekil 4.11'de şebeke satış kısıtlaması durumunda en uygun kapasiteli santralin belirlenme metoduna ilişkin akış diyagramı gösterilmiştir.



Şekil 4.11 Optimal boyutlandırma akış diyagramı

Şebeke bağlı arazi tipi güneş santrali için 2022 itibarıyla kurulum maliyeti 1.06 \$/Watt, işletme bakım maliyetleri ise 13 \$/kWdc-yıl olarak kabul edilmiştir [109][110][111]. Tablo 4.1’de son beş yılın elektrik tüketim verileri bulunan tüketim tesisinin elektrik ihtiyacının her 5 senede bir aynı değerlerde tekrar ettiği ve üretim santralının 2023 Ocak itibarıyla devreye alındığı varsayılmıştır. Santralin ilk seneki aylık elektrik üretim miktarlarının santral ömrü boyunca yıllık %0,8 yaşlanma faktörü ile doğrusal olarak azalacağı öngörülmüştür. 1 Ocak 2023 itibarıyla EPDK’nın yayınladığı tek terimli tek zamanlı OG kamu ve özel sektör tarife bedeli 363,08 kuruş/kWh, aynı tarihli dolar kuru 18,70 TL/\$’dır [11][12]. Lisanssız elektrik satışına on yıllık YEKDEM süresinin sonunda aynı tarife üzerinden devam edileceği kabul edilmiştir. Santralde kullanılan PV paneller ile inverterler için 25 yıllık doğrusal amortisman uygulanacağı ve hurda değerleri sıfır kabul edilmiştir. Ekonomik analiz dolar bazında yapılacak olup enflasyon oranı %3 olarak hesaba katılacaktır. Elektrik tarife fiyatlarının dolar bazında yıllık enflasyonla aynı oranla artacağı düşünülmüştür. Proje ömrü, iskonto oranı, vergi oranı, panel inverter fiyatları, dolar bazında elektrik tarife fiyatları gibi finansal analizde kullanılacak parametreler Tablo 4.3’te bir arada verilmiştir.

Tablo 4.3 Ekonomik parametreler

Proje Ömrü	25 yıl
Birim Kurulum Maliyeti	1.06 \$/Watt
İşletme Bakım Maliyeti	13 \$/kWdc-yıl
İskonto Oranı	3%
Enflasyon Oranı	3%
Gelir Vergisi	20%
PV Modül Fiyatı	250 \$
Inverter Fiyatı	4500 \$
Elektrik Tarife Fiyatı	0,197 \$/kWh

4.6 Senaryolara Göre Ekonomik Analiz ve Optimal Boyutlandırma

4.6.1 1 MWp Santralin Satış Kısıtlaması Yokken Ekonomik Analizi

Tablo 4.4'te 1 MWp santralin ilk 5 senesinin üretim, fakülte binasının tüketim ve satış kısıtlaması olmadığı durumdaki mahsuplaşma değerleri gösterilmektedir. Yıllık üretim miktarları modül yaşlanma faktörü ile liner olarak -%0,8 oranında azalmaktadır. Tüketim verileri ise 25 yıllık santral ömrü boyunca 5 senelik periyotlarda tekrar edecektir. 25 senelik mahsuplaşma tabloları Ek A'da verilmiştir. 1 MWp santralin üretim miktarları, tüketim tesisinin her yıl tüm ihtiyaçlarını karşılamada yeterlidir ve aylık mahsuplaşma sonucu dağıtım şirketi tarafından faturaya konu tüketim olmamıştır. Eski yönetmelik esaslarına göre yapılan ve aylık olarak üretimden tüketimin çıkarılmasıyla elde edilen ihtiyaç fazlası elektriğin tümü YEKDEM kapsamında şebekedeki ilgili dağıtım şirketi tarafından satın alınmaktadır.

Tablo 4.4 1 MWp GES'in eski yönetmeliğe göre mahsuplaşma tablosu

SATIŞ KISITLAMASI YOKKEN AYLIK MAHSUPLAŞMA TABLOSU (ESKİ YÖNETMELİK)													
1.YIL 2023	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
TÜKETİM	40505,1	36635,0	36059,0	30737,1	26835,0	29439,5	35966,3	34035,9	34583,9	33203,6	37024,8	45977,2	421002,4
ÜRETİM	72044,0	70502,0	109060,0	136941,0	165632,0	171451,0	172027,0	161654,0	131276,0	92829,0	64122,0	54201,0	1401739,0
Aylık Mahsup	31538,9	33867,0	73001,0	106203,9	138797,0	142011,5	136060,7	127618,1	96692,1	59625,4	27097,2	8223,8	980736,6
Satışa Konu	31538,9	33867,0	73001,0	106203,9	138797,0	142011,5	136060,7	127618,1	96692,1	59625,4	27097,2	8223,8	980736,6
Faturaya Konu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2.YIL 2024	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
TÜKETİM	42902,0	38289,2	38863,0	34227,9	31946,7	34946,6	41097,0	35618,1	35254,6	31584,9	30683,2	37710,4	433123,5
ÜRETİM	71467,6	69938,0	108187,5	135845,5	164306,9	170079,4	170650,8	160360,8	130225,8	92086,4	63609,0	53767,4	1390525,1
Aylık Mahsup	28565,7	31648,8	69324,5	101617,6	132360,2	135132,8	129553,8	124742,7	94971,2	60501,5	32925,8	16057,0	957401,6
Satışa Konu	28565,7	31648,8	69324,5	101617,6	132360,2	135132,8	129553,8	124742,7	94971,2	60501,5	32925,8	16057,0	957401,6
Faturaya Konu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3.YIL 2025	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
TÜKETİM	38529,3	37510,1	30270,9	19973,8	15209,5	18917,3	20050,3	21934,5	20859,8	20351,4	24281,1	29209,7	297097,7
ÜRETİM	70895,9	69378,5	107322,0	134758,7	162992,5	168718,8	169285,6	159077,9	129184,0	91349,7	63100,2	53337,3	1379400,9
Aylık Mahsup	32366,6	31868,4	77051,2	114784,9	147783,0	149801,4	149235,3	137143,3	108324,2	70998,3	38819,1	24127,6	1082303,2
Satışa Konu	32366,6	31868,4	77051,2	114784,9	147783,0	149801,4	149235,3	137143,3	108324,2	70998,3	38819,1	24127,6	1082303,2
Faturaya Konu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4.YIL 2026	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
TÜKETİM	28360,6	24095,6	28917,1	22238,4	17619,0	20631,3	32094,1	38806,7	27307,4	28280,3	34998,7	40732,6	344082,0
ÜRETİM	70328,7	68823,5	106463,4	133680,6	161688,5	167369,0	167931,3	157805,3	128150,5	90618,9	62595,4	52910,6	1368365,7
Aylık Mahsup	41968,1	44727,8	77546,4	111442,2	144069,5	146737,7	135837,2	118998,6	100843,1	62338,5	27596,6	12177,9	1024283,7
Satışa Konu	41968,1	44727,8	77546,4	111442,2	144069,5	146737,7	135837,2	118998,6	100843,1	62338,5	27596,6	12177,9	1024283,7
Faturaya Konu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5.YIL 2027	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
TÜKETİM	41236,9	34353,7	45462,2	31567,5	28674,5	34722,2	31721,5	37058,5	29678,9	29236,7	34420,8	40803,8	418937,0
ÜRETİM	69766,1	68272,9	105611,7	132611,2	160395,0	166030,1	166587,8	156542,8	127125,3	89893,9	62094,6	52487,3	1357418,8
Aylık Mahsup	28529,2	33919,1	60149,6	101043,7	131720,6	131307,9	134866,3	119484,3	97446,5	60657,3	27673,8	11683,4	938481,7
Satışa Konu	28529,2	33919,1	60149,6	101043,7	131720,6	131307,9	134866,3	119484,3	97446,5	60657,3	27673,8	11683,4	938481,7
Faturaya Konu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Satışa konu miktarlar elde edildikten sonra Tablo 4.3'te verilen parametrelere göre yatırımın 25 yıllık proje ömrü boyunca maliyet, elektrik satış, amortisman, vergi, fatura tasarrufu, kümülatif kar ve geri ödeme verileri detaylı olarak Tablo 4.5'te verilmiştir.

Tablo 4.5 1 MWp GES'in satış kısıtlaması yokken gelir gider tablosu

Eski Yönetmeliğe Göre 1MWp Kurulu Gücündeki Lisanssız GES'in Detaylı Ekonomik Analizi (Şebeke Satış Kısıtı Yok)										
Yıllar	Elektrik Satış	Kurulum Maliyeti	İşletme Giderleri	Amortisman Ödeneği	Vergiye Tabi Gelir	Vergi	Vergi Sonrası Net Kar	Fatura Tasarrufu	Kümülatif Kar	% Geri Ödeme
0	\$0	\$1.060.000	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	-\$1.060.000	0,00
1	\$199.001	\$0	\$13.390	\$29.580	\$156.031	\$31.206	\$154.405	\$85.426	-\$827.155	21,97
2	\$200.094	\$0	\$13.792	\$29.580	\$156.722	\$31.344	\$154.958	\$90.522	-\$595.766	43,80
3	\$232.984	\$0	\$14.205	\$29.580	\$189.199	\$37.840	\$180.939	\$63.955	-\$371.653	64,94
4	\$227.110	\$0	\$14.632	\$29.580	\$182.898	\$36.580	\$175.898	\$76.292	-\$147.586	86,08
5	\$214.328	\$0	\$15.071	\$29.580	\$169.677	\$33.935	\$165.322	\$95.676	\$77.553	107,32
6	\$217.717	\$0	\$15.523	\$29.580	\$172.614	\$34.523	\$167.672	\$99.032	\$300.913	128,39
7	\$218.702	\$0	\$15.988	\$29.580	\$173.133	\$34.627	\$168.087	\$104.939	\$522.908	149,33
8	\$256.542	\$0	\$16.468	\$29.580	\$210.494	\$42.099	\$197.975	\$74.142	\$737.720	169,60
9	\$249.437	\$0	\$16.962	\$29.580	\$202.894	\$40.579	\$191.896	\$88.443	\$952.576	189,87
10	\$234.317	\$0	\$17.471	\$29.580	\$187.266	\$37.453	\$179.393	\$110.914	\$1.168.592	210,24
11	\$237.939	\$0	\$17.995	\$29.580	\$190.364	\$38.073	\$181.871	\$114.805	\$1.382.917	230,46
12	\$238.766	\$0	\$18.535	\$29.580	\$190.651	\$38.130	\$182.101	\$121.654	\$1.595.965	250,56
13	\$282.312	\$0	\$19.091	\$29.580	\$233.640	\$46.728	\$216.493	\$85.951	\$1.801.914	269,99
14	\$273.746	\$0	\$19.664	\$29.580	\$224.502	\$44.900	\$209.182	\$102.530	\$2.007.992	289,43
15	\$255.884	\$0	\$20.254	\$29.580	\$206.050	\$41.210	\$194.420	\$128.580	\$2.215.313	308,99
16	\$259.739	\$0	\$20.861	\$29.580	\$209.298	\$41.860	\$197.018	\$133.090	\$2.421.026	328,40
17	\$260.348	\$0	\$21.487	\$29.580	\$209.280	\$41.856	\$197.005	\$141.030	\$2.625.543	347,69
18	\$310.471	\$0	\$22.132	\$29.580	\$258.759	\$51.752	\$236.588	\$99.640	\$2.823.041	366,32
19	\$300.176	\$0	\$22.796	\$29.580	\$247.800	\$49.560	\$227.820	\$118.860	\$3.020.748	384,98
20	\$279.094	\$0	\$23.479	\$29.580	\$226.034	\$45.207	\$210.408	\$149.059	\$3.219.776	403,75
21	\$283.182	\$0	\$24.184	\$29.580	\$229.418	\$45.884	\$213.115	\$154.288	\$3.417.273	422,38
22	\$283.497	\$0	\$24.909	\$29.580	\$229.008	\$45.802	\$212.787	\$163.492	\$3.613.650	440,91
23	\$341.206	\$0	\$25.657	\$29.580	\$285.969	\$57.194	\$258.355	\$115.511	\$3.803.085	458,78
24	\$328.863	\$0	\$26.426	\$29.580	\$272.856	\$54.571	\$247.865	\$137.791	\$3.992.803	476,68
25	\$304.008	\$0	\$27.219	\$29.580	\$247.209	\$49.442	\$227.347	\$172.801	\$4.183.915	494,71

Buna göre, 1.060.000 \$ kurulum maliyeti olan 1 MWp lisanssız GES'in ekonomik analiz sonucu şebeke satış kısıtlaması olmadığı durumda net bugünkü değeri 4.183.915 \$'dır. Yatırımın geri ödeme süresi 4,7 yıl, yatırım geri dönüşü %394,71, iç karlılık oranı %24,5 ve seviyelendirilmiş enerji maliyeti 0,062 \$/kWh olarak hesaplanmıştır.

4.6.2 1 MWp Santralin Satış Kısıtlaması Durumunda Ekonomik Analizi

Yönetmelikteki yeni değişiklikler sonrası şebekeye satılan ihtiyaç fazlası elektriğin sınırlandırılması durumu Excel'de formüle edilerek Tablo 4.6'daki mahsuplaşma tablosunu oluşturulmuştur ve aylık satışa konu elektrik miktarları üretim, tüketim verilerine göre belirlenmiştir. Yeni durumdaki mahsuplaşmayı tablo üzerinden anlatmak gerekirse örnek olarak, 2023 yılının haziran ayına kadar mahsuplaşmalar normal şekilde yapılmış ve ihtiyaç fazlası elektriğin tamamı satılmıştır. Haziran ayında ise ihtiyaç fazlası 142012 kWh elektriğin 35529 kWh'ı satılabilmıştır geri kalan miktar şebekeye bedelsiz verilmiştir. Bunun nedeni haziran itibariyle 2023 yılında toplam satılan elektriğin geçen seneki toplam tüketim miktarına ulaşmasıdır. Bu yüzden aralık ayına kadar şebekeye satış yapılmamıştır. Aralık ayında ise 2023 yılındaki toplam tüketim geçen seneki tüketimi geçtiğinden dolayı aradaki 2065 kWh fark kadar elektrik şebekeye satılabilmıştır.

Tablo 4.6 1 MWp GES’in yeni yönetmeliğe göre mahsuplaşma tablosu

SATIŞ KISITLAMASI DURUMUNDA AYLIK MAHSUPLAŞMA TABLOSU (YENİ YÖNETMELİK)													
1.YIL 2023	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2022 TÜKETİM	41236,9	34353,7	45462,2	31567,5	28674,5	34722,2	31721,5	37058,5	29678,9	29236,7	34420,8	40803,8	418937,0
2023 TÜKETİM	40505,1	36635,0	36059,0	30737,1	26835,0	29439,5	35966,3	34035,9	34583,9	33203,6	37024,8	45977,2	421002,4
2023 ÜRETİM	72044,0	70502,0	109060,0	136941,0	165632,0	171451,0	172027,0	161654,0	131276,0	92829,0	64122,0	54201,0	1401739,0
Aylık Mahsup	31538,9	33867,0	73001,0	106203,9	138797,0	142011,5	136060,7	127618,1	96692,1	59625,4	27097,2	8223,8	980736,6
Mahsup Sonrası+	31538,9	33867,0	73001,0	106203,9	138797,0	142011,5	136060,7	127618,1	96692,1	59625,4	27097,2	8223,8	980736,6
Mahsup Sonrası-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SATIŞ	31538,9	33867,0	73001,0	106203,9	138797,0	35529,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2065,4	421002,4
2.YIL 2024	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2023 TÜKETİM	40505,1	36635,0	36059,0	30737,1	26835,0	29439,5	35966,3	34035,9	34583,9	33203,6	37024,8	45977,2	421002,4
2024 TÜKETİM	42902,0	38289,2	38863,0	34227,9	31946,7	34946,6	41097,0	35618,1	35254,6	31584,9	30683,2	37710,4	433123,5
2024 ÜRETİM	71467,6	69938,0	108187,5	135845,5	164306,9	170079,4	170650,8	160360,8	130225,8	92086,4	63609,0	53767,4	1390525,1
Aylık Mahsup	28565,7	31648,8	69324,5	101617,6	132360,2	135132,8	129553,8	124742,7	94971,2	60501,5	32925,8	16057,0	957401,6
Mahsup Sonrası+	28565,7	31648,8	69324,5	101617,6	132360,2	135132,8	129553,8	124742,7	94971,2	60501,5	32925,8	16057,0	957401,6
Mahsup Sonrası-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SATIŞ	28565,7	31648,8	69324,5	101617,6	132360,2	57485,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12121,1	433123,5
3.YIL 2025	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2024 TÜKETİM	42902,0	38289,2	38863,0	34227,9	31946,7	34946,6	41097,0	35618,1	35254,6	31584,9	30683,2	37710,4	433123,5
2025 TÜKETİM	38529,3	37510,1	30270,9	19973,8	15209,5	18917,3	20050,3	21934,5	20859,8	20351,4	24281,1	29209,7	297097,7
2025 ÜRETİM	70895,9	69378,5	107322,0	134758,7	162992,5	168718,8	169285,6	159077,9	129184,0	91349,7	63100,2	53337,3	1379400,9
Aylık Mahsup	32366,6	31868,4	77051,2	114784,9	147783,0	149801,4	149235,3	137143,3	108324,2	70998,3	38819,1	24127,6	1082303,2
Mahsup Sonrası+	32366,6	31868,4	77051,2	114784,9	147783,0	149801,4	149235,3	137143,3	108324,2	70998,3	38819,1	24127,6	1082303,2
Mahsup Sonrası-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SATIŞ	32366,6	31868,4	77051,2	114784,9	147783,0	29269,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	433123,5
4.YIL 2026	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2025 TÜKETİM	38529,3	37510,1	30270,9	19973,8	15209,5	18917,3	20050,3	21934,5	20859,8	20351,4	24281,1	29209,7	297097,7
2026 TÜKETİM	28360,6	24095,6	28917,1	22238,4	17619,0	20631,3	32094,1	38806,7	27307,4	28280,3	34998,7	40732,6	344082,0
2026 ÜRETİM	70328,7	68823,5	106463,4	133680,6	161688,5	167369,0	167931,3	157805,3	128150,5	90618,9	62595,4	52910,6	1368365,7
Aylık Mahsup	41968,1	44727,8	77546,4	111442,2	144069,5	146737,7	135837,2	118998,6	100843,1	62338,5	27596,6	12177,9	1024283,7
Mahsup Sonrası+	41968,1	44727,8	77546,4	111442,2	144069,5	146737,7	135837,2	118998,6	100843,1	62338,5	27596,6	12177,9	1024283,7
Mahsup Sonrası-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SATIŞ	41968,1	44727,8	77546,4	111442,2	21413,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6251,6	12177,9	315527,3
5.YIL 2027	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2026 TÜKETİM	28360,6	24095,6	28917,1	22238,4	17619,0	20631,3	32094,1	38806,7	27307,4	28280,3	34998,7	40732,6	344082,0
2027 TÜKETİM	41236,9	34353,7	45462,2	31567,5	28674,5	34722,2	31721,5	37058,5	29678,9	29236,7	34420,8	40803,8	418937,0
2027 ÜRETİM	69766,1	68272,9	105611,7	132611,2	160395,0	166030,1	166587,8	156542,8	127125,3	89893,9	62094,6	52487,3	1357418,8
Aylık Mahsup	28529,2	33919,1	60149,6	101043,7	131720,6	131307,9	134866,3	119484,3	97446,5	60657,3	27673,8	11683,4	938481,7
Mahsup Sonrası+	28529,2	33919,1	60149,6	101043,7	131720,6	131307,9	134866,3	119484,3	97446,5	60657,3	27673,8	11683,4	938481,7
Mahsup Sonrası-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SATIŞ	28529,2	33919,1	60149,6	101043,7	120440,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27673,8	11683,4	383439,2

Tablo 4.7 1 MWp GES’in satış kısıtlaması varken gelir gider tablosu

Yeni Yönetmeliğe Göre 1MWp Kurulu Gücündeki Lisanssız GES'in Detaylı Ekonomik Analizi (Şebeke Satış Kısıtı Var)										
Yıllar	Elektrik Satış	Kurulum Maliyeti	İşletme Giderleri	Amortisman Ödeneği	Vergiye Tabi Gelir	Vergi	Vergi Sonrası Net Kar	Fatura Tasarrufu	Kümülatif Kar	% Geri Ödeme
0	\$0	\$1.060.000	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	-\$1.060.000	0,00
1	\$85.426	\$0	\$13.390	\$29.580	\$42.455	\$8.491	\$63.545	\$85.426	-\$915.369	13,64
2	\$90.522	\$0	\$13.792	\$29.580	\$47.150	\$9.430	\$67.300	\$90.522	-\$766.607	27,68
3	\$93.237	\$0	\$14.205	\$29.580	\$49.452	\$9.890	\$69.142	\$63.955	-\$644.804	39,17
4	\$69.960	\$0	\$14.632	\$29.580	\$25.748	\$5.150	\$50.179	\$76.292	-\$532.437	49,77
5	\$87.569	\$0	\$15.071	\$29.580	\$42.918	\$8.584	\$63.915	\$95.676	-\$394.773	62,76
6	\$99.032	\$0	\$15.523	\$29.580	\$53.929	\$10.786	\$72.723	\$99.032	-\$250.931	76,33
7	\$104.939	\$0	\$15.988	\$29.580	\$59.371	\$11.874	\$77.077	\$104.939	-\$102.935	90,29
8	\$108.088	\$0	\$16.468	\$29.580	\$62.039	\$12.408	\$79.212	\$74.142	\$18.124	101,71
9	\$80.568	\$0	\$16.962	\$29.580	\$34.026	\$6.805	\$56.801	\$88.443	\$129.441	112,21
10	\$100.322	\$0	\$17.471	\$29.580	\$53.271	\$10.654	\$72.197	\$110.914	\$265.693	125,07
11	\$114.805	\$0	\$17.995	\$29.580	\$67.230	\$13.446	\$83.364	\$114.805	\$408.854	138,57
12	\$121.593	\$0	\$18.535	\$29.580	\$73.478	\$14.696	\$88.363	\$121.654	\$556.156	152,47
13	\$125.303	\$0	\$19.091	\$29.580	\$76.632	\$15.326	\$90.886	\$85.951	\$676.573	163,83
14	\$92.804	\$0	\$19.664	\$29.580	\$43.560	\$8.712	\$64.428	\$102.530	\$786.951	174,24
15	\$114.971	\$0	\$20.254	\$29.580	\$65.137	\$13.027	\$81.690	\$128.580	\$921.916	186,97
16	\$133.090	\$0	\$20.861	\$29.580	\$82.649	\$16.530	\$95.699	\$133.090	\$1.064.490	200,42
17	\$140.324	\$0	\$21.487	\$29.580	\$89.257	\$17.851	\$100.986	\$141.030	\$1.210.913	214,24
18	\$145.261	\$0	\$22.132	\$29.580	\$93.549	\$18.710	\$104.419	\$99.640	\$1.330.777	225,54
19	\$106.921	\$0	\$22.796	\$29.580	\$54.545	\$10.909	\$73.217	\$118.860	\$1.440.315	235,88
20	\$131.802	\$0	\$23.479	\$29.580	\$78.742	\$15.748	\$92.574	\$149.059	\$1.574.102	248,50
21	\$153.597	\$0	\$24.184	\$29.580	\$99.833	\$19.967	\$109.447	\$154.288	\$1.715.872	261,87
22	\$161.966	\$0	\$24.909	\$29.580	\$107.476	\$21.495	\$115.561	\$163.492	\$1.861.508	275,61
23	\$168.397	\$0	\$25.657	\$29.580	\$113.160	\$22.632	\$120.108	\$115.511	\$1.980.894	286,88
24	\$123.212	\$0	\$26.426	\$29.580	\$67.205	\$13.441	\$83.344	\$137.791	\$2.089.678	297,14
25	\$151.145	\$0	\$27.219	\$29.580	\$94.346	\$18.869	\$105.057	\$172.801	\$2.222.385	309,66

Şebeke satış kısıtının olduğu durumda 1 MWp santralin detaylı ekonomik analizi ve nakit akışları Tablo 4.7’de verilmiştir. Bu durumda 25 yıllık yatırımın net bugünkü değeri 2.222.385 \$’dır. Yatırımın geri ödeme süresi 7,9 yıl, yatırım geri dönüşü %209,66, iç karlılık oranı %15,2 ve seviyelendirilmiş enerji maliyeti 0,102 \$/kWh olarak bulunmuştur.

4.6.3 Optimal Kapasitenin Belirlenmesi ve Yeniden Boyutlandırma Sonrası Ekonomik Analiz

Bir önceki bölümde satış kısıtlaması uygulaması sonrası 1 MWp santralin ürettiği enerjinin önemli bir kısmı şebekeye bedelsiz olarak verildiği ve bunun sonucunda santral gelirlerinin ciddi oranda azaldığı, finansal metriklerle ortaya konmuştur. Bu durumda santralin üretim kapasitesinin tüketim tesisinin ihtiyaçlarına uygun olarak tasarlanması gerekmektedir. Yeni yönetmelik çerçevesinde lisanssız GES yatırımı için en ideal kapasite, hem tüketim ihtiyacını karşılamalı hem de bir bu kadar elektriği de şebekeye satabilecek enerjiyi üretebilmelidir. Yani mahsuplaşma sonrası şebekeye iletilen enerji tüketilen enerjiye eşit olmalıdır. Bu sayede şebekeye bedelsiz elektrik vermeden satılabilecek maksimum elektrik üretimi yapılacaktır. Tablo 4.1’de verilen tüketim tesisinin son beş yıllık enerji ihtiyacı ortalaması kWh’tir. Fakülte binası olan tesisin, 25 yıllık santral ömrü boyunca enerji ihtiyaçlarında önemli bir değişiklik olmayacağı ve yük profilinin aynı kalacağı varsayılarak hem bu ihtiyacı karşılayacak hem de bir bu kadar enerjinin satışa sunulabildiği; yani yılda ortalama 2x382848,5 kWh enerji üretebilecek santral kurulu gücü ideal kabul edilmiştir. Metodoloji bölümünde Şekil 4.11’de verilen akış diyagramındaki metot ile PVsyst 7.4 üzerinden aynı konum ve ekipman ile yeniden boyutlandırma yapılarak bu enerjinin 600 kWp’lık santral ile elde edilebileceği bulunmuştur.

Tablo 4.8’de 600 kWp santralin PVsyst simülasyonundan elde edilen üretim miktarları verilmiştir. Sonuçlardan görüldüğü üzere 600 kWp santralin 1.senenin sonunda ürettiği toplam elektrik enerjisi 841750 kWh’dir. Bu miktar ortalama tüketimin 2 katı olan 765697 kWh’in üstündedir. Bunun nedeni üretim kapasitesi tasarlanırken modüllerin yaşlanmadan dolayı verim kayıplarının hesaba katılmasıdır. Santral ömrü boyunca üretimin yıllık %0,8 azalacağı hesabıyla, 25 yıllık üretim ortalaması yıllık 765687,3 kWh’tir.

Tablo 4.8 600 kWp GES’in PVsyst simülasyonuna göre ilk yıl üretim verileri**Davutpaşa 600 kWp Güneş Enerjisi Santrali (Optimal Kapasite)**
Balances and main results

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m²	kWh/m²	°C	kWh/m²	kWh/m²	kWh	kWh	ratio
January	50.6	24.97	6.27	78.8	76.4	43934	43261	0.916
February	59.9	37.88	6.61	77.2	74.7	42970	42332	0.915
March	104.1	61.08	9.14	121.4	117.2	66477	65488	0.900
April	143.8	74.65	12.68	155.0	149.6	83516	82236	0.885
May	194.0	76.56	18.11	193.7	187.1	101143	99472	0.856
June	212.8	83.76	22.87	204.1	197.0	104719	102961	0.841
July	213.9	77.39	26.41	208.8	201.6	105185	103308	0.825
August	183.8	73.89	26.64	195.8	189.2	98825	97076	0.827
September	132.4	57.21	21.83	155.5	150.2	80153	78833	0.845
October	82.8	47.45	17.02	105.9	102.5	56581	55740	0.877
November	50.6	31.02	12.64	71.6	69.3	39069	38500	0.897
December	41.1	27.33	8.38	59.5	57.6	33017	32542	0.912
Year	1469.9	673.18	15.77	1627.2	1572.4	855589	841750	0.863

Tablo 4.9 600 kWp GES’in yeni yönetmeliğe göre mahsuplaşma tablosu

SATIŞ KISITLAMASI DURUMUNDA AYLIK MAHSUPLAŞMA TABLOSU (YENİ YÖNETMELİK)													
1.YIL 2023	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2022 TÜKETİM	41236,9	34353,7	45462,2	31567,5	28674,5	34722,2	31721,5	37058,5	29678,9	29236,7	34420,8	40803,8	418937,0
2023 TÜKETİM	40505,1	36635,0	36059,0	30737,1	26835,0	29439,5	35966,3	34035,9	34583,9	33203,6	37024,8	45977,2	421002,4
2023 ÜRETİM	43261,0	42332,0	65488,0	82236,0	99472,0	102961,0	103308,0	97076,0	78833,0	55740,0	38500,0	32542,0	841749,0
Aylık Mahsup	2755,9	5697,0	29429,0	51498,9	72637,0	73521,5	67341,7	63040,1	44249,1	22536,4	1475,2	-13435,2	420746,6
Mahsup Sonrası+	2755,9	5697,0	29429,0	51498,9	72637,0	73521,5	67341,7	63040,1	44249,1	22536,4	1475,2	0,0	434181,8
Mahsup Sonrası-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13435,2	13435,2
SATIŞ	2755,9	5697,0	29429,0	51498,9	72637,0	73521,5	67341,7	63040,1	44249,1	22536,4	1475,2	0,0	418937,0
2.YIL 2024	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2023 TÜKETİM	40505,1	36635,0	36059,0	30737,1	26835,0	29439,5	35966,3	34035,9	34583,9	33203,6	37024,8	45977,2	421002,4
2024 TÜKETİM	42902,0	38289,2	38863,0	34227,9	31946,7	34946,6	41097,0	35618,1	35254,6	31584,9	30683,2	37710,4	433123,5
2024 ÜRETİM	42914,9	41993,3	64964,1	81578,1	98676,2	102137,3	102481,5	96299,4	78202,3	55294,1	38192,0	32281,7	835015,0
Aylık Mahsup	12,9	3704,1	26101,1	47350,2	66729,5	67190,7	61384,6	60681,3	42947,8	23709,2	7508,8	-5428,8	401891,5
Mahsup Sonrası+	12,9	3704,1	26101,1	47350,2	66729,5	67190,7	61384,6	60681,3	42947,8	23709,2	7508,8	0,0	407320,3
Mahsup Sonrası-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5428,8	5428,8
SATIŞ	12,9	3704,1	26101,1	47350,2	66729,5	67190,7	61384,6	60681,3	42947,8	23709,2	7508,8	0,0	407320,3
3.YIL 2025	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2024 TÜKETİM	42902,0	38289,2	38863,0	34227,9	31946,7	34946,6	41097,0	35618,1	35254,6	31584,9	30683,2	37710,4	433123,5
2025 TÜKETİM	38529,3	37510,1	30270,9	19973,8	15209,5	18917,3	20050,3	21934,5	20859,8	20351,4	24281,1	29209,7	297097,7
2025 ÜRETİM	42571,6	41657,4	64444,4	80925,5	97886,8	101320,2	101661,7	95529,0	77576,7	54851,7	37886,5	32023,4	828334,9
Aylık Mahsup	4042,3	4147,3	34173,5	60951,6	82677,3	82402,9	81611,4	73594,4	56716,9	34500,3	13605,4	2813,7	531237,2
Mahsup Sonrası+	4042,3	4147,3	34173,5	60951,6	82677,3	82402,9	81611,4	73594,4	56716,9	34500,3	13605,4	2813,7	531237,2
Mahsup Sonrası-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SATIŞ	4042,3	4147,3	34173,5	60951,6	82677,3	82402,9	81611,4	73594,4	56716,9	34500,3	13605,4	2813,7	531237,2
4.YIL 2026	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2025 TÜKETİM	38529,3	37510,1	30270,9	19973,8	15209,5	18917,3	20050,3	21934,5	20859,8	20351,4	24281,1	29209,7	297097,7
2026 TÜKETİM	28360,6	24095,6	28917,1	22238,4	17619,0	20631,3	32094,1	38806,7	27307,4	28280,3	34998,7	40732,6	344082,0
2026 ÜRETİM	42231,0	41324,1	63928,8	80278,1	97103,7	100509,7	100848,4	94764,8	76956,1	54412,9	37583,4	31767,2	821708,2
Aylık Mahsup	13870,4	17228,5	35011,8	58039,7	79484,7	79878,4	68754,3	55958,1	49648,7	26132,6	2584,6	-8965,4	477626,2
Mahsup Sonrası+	13870,4	17228,5	35011,8	58039,7	79484,7	79878,4	68754,3	55958,1	49648,7	26132,6	2584,6	0,0	486591,6
Mahsup Sonrası-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8965,4	8965,4
SATIŞ	13870,4	17228,5	35011,8	58039,7	79484,7	79878,4	68754,3	55958,1	49648,7	26132,6	2584,6	0,0	299682,4
5.YIL 2027	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2026 TÜKETİM	28360,6	24095,6	28917,1	22238,4	17619,0	20631,3	32094,1	38806,7	27307,4	28280,3	34998,7	40732,6	344082,0
2027 TÜKETİM	41236,9	34353,7	45462,2	31567,5	28674,5	34722,2	31721,5	37058,5	29678,9	29236,7	34420,8	40803,8	418937,0
2027 ÜRETİM	41893,2	40993,5	63417,4	79635,9	96326,9	99705,6	100041,6	94006,6	76340,5	53977,6	37282,7	31513,1	815134,5
Aylık Mahsup	656,3	6639,8	17955,2	48068,4	67652,4	64983,4	68320,1	56948,2	46661,6	24741,0	2861,9	-9290,8	396197,5
Mahsup Sonrası+	656,3	6639,8	17955,2	48068,4	67652,4	64983,4	68320,1	56948,2	46661,6	24741,0	2861,9	0,0	405488,3
Mahsup Sonrası-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9290,8	9290,8
SATIŞ	656,3	6639,8	17955,2	48068,4	67652,4	64983,4	68320,1	56948,2	46661,6	24741,0	2861,9	0,0	346943,9

Tablo 4.9’da üretim ve tüketimler yeni düzenlemeye göre mahsuplaşıldıktan sonra, satışa konu elektrik ve fatura tasarrufu sağlanan miktarlar üzerinden 600 kWp santralin ekonomik analizi yapılmıştır.

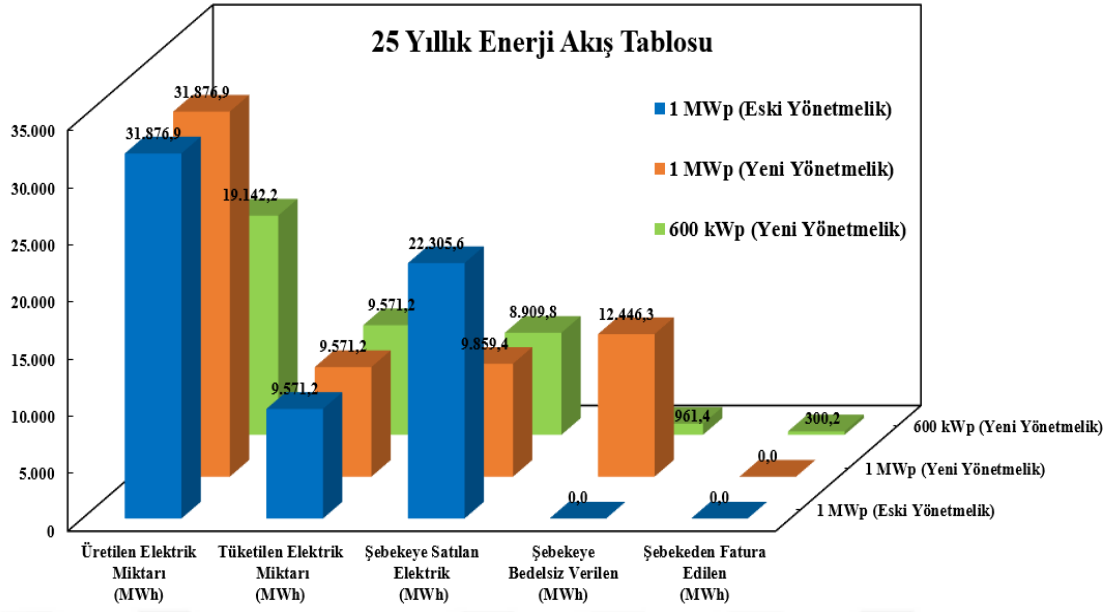
Tablo 4.10 600 kWp GES'in satış kısıtlaması varken gelir gider tablosu

Yeni Yönetmeliğe Göre 600 kWp Kurulu Gücündeki Lisanssız GES'in Detaylı Ekonomik Analizi (Şebeke Satış Kısıtı Var)										
Yıllar	Elektrik Satış	Kurulum Maliyeti	İşletme Giderleri	Amortisman Ödeneği	Vergiye Tabi Gelir	Vergi	Vergi Sonrası Net Kar	Fatura Tasarrufu	Kümülatif Kar	Geri Ödeme %
0	\$0	\$636.000	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	-\$636.000	0,00
1	\$85.007	\$0	\$8.034	\$17.820	\$59.152	\$11.830	\$65.142	\$82.699	-\$492.465	22,57
2	\$85.129	\$0	\$8.275	\$17.820	\$59.034	\$11.807	\$65.047	\$89.387	-\$346.896	45,46
3	\$93.237	\$0	\$8.523	\$17.820	\$66.894	\$13.379	\$71.335	\$63.955	-\$223.085	64,92
4	\$66.447	\$0	\$8.779	\$17.820	\$39.848	\$7.970	\$49.699	\$74.304	-\$112.911	82,25
5	\$79.234	\$0	\$9.042	\$17.820	\$52.372	\$10.474	\$59.717	\$93.554	\$19.302	103,03
6	\$94.648	\$0	\$9.314	\$17.820	\$67.514	\$13.503	\$71.832	\$95.561	\$159.490	125,08
7	\$91.438	\$0	\$9.593	\$17.820	\$64.025	\$12.805	\$69.040	\$102.910	\$299.301	147,06
8	\$108.088	\$0	\$9.881	\$17.820	\$80.387	\$16.077	\$82.129	\$74.142	\$422.663	166,46
9	\$76.650	\$0	\$10.177	\$17.820	\$48.653	\$9.731	\$56.742	\$85.817	\$531.923	183,64
10	\$91.465	\$0	\$10.483	\$17.820	\$63.163	\$12.633	\$68.350	\$107.863	\$663.043	204,25
11	\$101.935	\$0	\$10.797	\$17.820	\$73.317	\$14.663	\$76.474	\$109.889	\$797.676	225,42
12	\$97.931	\$0	\$11.121	\$17.820	\$68.990	\$13.798	\$73.012	\$118.502	\$932.000	246,54
13	\$125.303	\$0	\$11.455	\$17.820	\$96.028	\$19.206	\$94.643	\$85.951	\$1.054.975	265,88
14	\$88.529	\$0	\$11.798	\$17.820	\$58.911	\$11.782	\$64.949	\$99.033	\$1.163.387	282,92
15	\$105.605	\$0	\$12.152	\$17.820	\$75.633	\$15.127	\$78.327	\$124.186	\$1.293.372	303,36
16	\$109.816	\$0	\$12.517	\$17.820	\$79.479	\$15.896	\$81.404	\$126.079	\$1.422.669	323,69
17	\$104.887	\$0	\$12.892	\$17.820	\$74.175	\$14.835	\$77.160	\$136.141	\$1.551.719	343,98
18	\$145.261	\$0	\$13.279	\$17.820	\$114.162	\$22.832	\$109.149	\$98.905	\$1.673.930	363,20
19	\$102.630	\$0	\$13.677	\$17.820	\$71.132	\$14.226	\$74.726	\$113.936	\$1.781.521	380,11
20	\$114.572	\$0	\$14.088	\$17.820	\$82.665	\$16.533	\$83.952	\$142.535	\$1.906.922	399,83
21	\$118.218	\$0	\$14.510	\$17.820	\$85.888	\$17.178	\$86.531	\$144.484	\$2.031.103	419,36
22	\$112.138	\$0	\$14.946	\$17.820	\$79.372	\$15.874	\$81.318	\$156.281	\$2.155.104	438,85
23	\$161.179	\$0	\$15.394	\$17.820	\$127.964	\$25.593	\$120.192	\$113.081	\$2.273.302	457,44
24	\$118.976	\$0	\$15.856	\$17.820	\$85.300	\$17.060	\$86.060	\$131.114	\$2.380.137	474,24
25	\$122.681	\$0	\$16.331	\$17.820	\$88.529	\$17.706	\$88.644	\$163.644	\$2.500.631	493,18

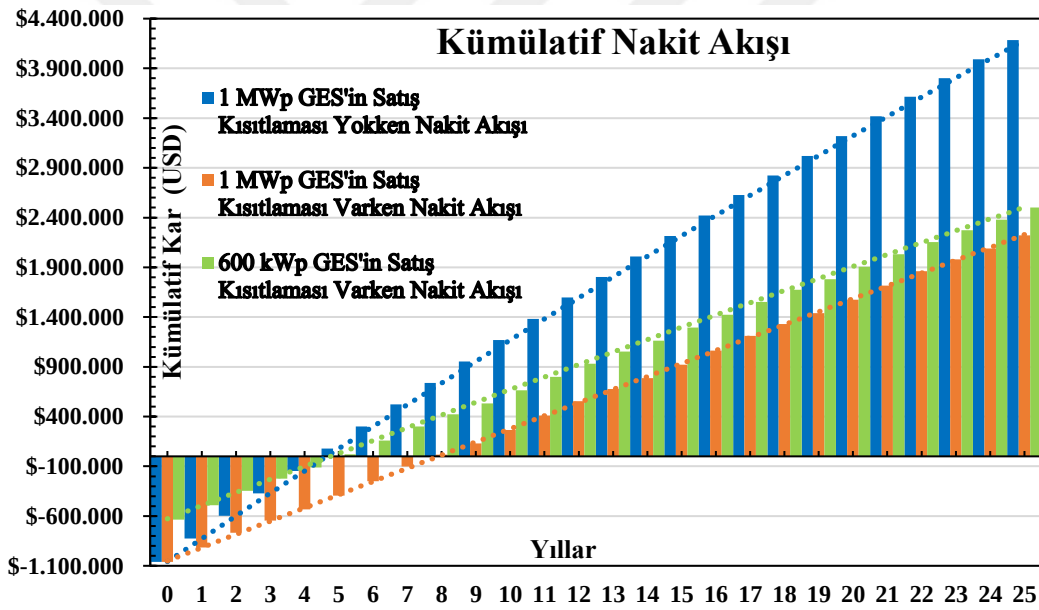
Tablo 4.10'da ekonomik analizi yapılan 600 kWp güneş enerji santralinin, kurulum maliyeti 636.000 \$ ve işletme bakım maliyeti 2023 başlangıcında yıllık 7800 \$ (senelik %3 enflasyon) olarak hesap edilmiştir. Buna göre 636.000 \$ maliyeti olan santralin 25 yıl sonunda net bugünkü değeri 2.500.631 \$'dır. Yatırımın geri ödeme süresi 4,9 yıl, yatırımın geri dönüşü %393,18, iç karlılık oranı %24,1 ve seviyelendirilmiş enerji maliyeti 0,065 \$/kWh olarak bulunmuştur.

Şekil 4.12'te 1 MWp GES'in satış kısıtlamasız-kısıtlamalı ve kapasitesi optimize edilmiş 600 kWp santralin satış kısıtlamalı duruma göre 25 yıllık enerji akışları gösterilmiştir. Satış kısıtlaması uygulaması sonrası 1 MWp santralin ürettiği 31.877 MWh elektriğin 12.446 MWh'ı şebekeye bedelsiz olarak verilmiş, 9.859 MWh satış yapılmıştır. 600 kWp santralde ise üretilen 19.142 MWh elektrikten, şebekeye bedelsiz verilen miktar yalnızca 961 MWh'te kalmış ve 8.910 MWh satış yapılmıştır. 300 MWh ise şebekeden çekilip fatura edilen elektriktir.

Şekil 4.13'te üç durumun nakit akış grafiği verilmiştir. Buna göre yeni yönetmelikle gelen şebeke satış limitleriyle, 1 MWp GES'in nakit akışları önemli ölçüde düşmüştür. Kurulu gücü optimize edilen 600 kWp kapasiteli GES'in ise hem daha az maliyetli hem de daha karlı olduğu görülmektedir.



Şekil 4.12 1 MWp ve 600 kWp GES'in yönetmeliğe göre toplam enerji akışları



Şekil 4.13 1 MWp ve 600 kWp GES'in yönetmeliğe göre kümülatif nakit akışları

4.6.4 Sabit Tüketim Senaryosuna Göre Ekonomik Analiz

Bu bölümde tüketim tesisinin elektrik ihtiyacının sabit olduğu senaryosuyla Tablo 4.1'de verilen son 5 yıllık tüketimin ortalama ve aylık eşit miktarda tüketildiği varsayılmıştır. Böylelikle yeni yönetmelikteki bir önceki yılın tüketiminin aşılması halinde mevcut yılın tüketim değerlerinin baz alınması durumu ortadan kalkacak ve her sene aynı limite göre satış yapılmış olacaktır. Buna göre Tablo 4.1'de son beş yılın tüketim ortalaması 382.848,5 kWh elektrik, her ay 31.904 kWh tüketilecek şekilde mahsuplaştırılarak ekonomik analiz tekrarlanmıştır.

Tablo 4.11 Sabit tüketimde 600 kWp GES’in satış kısıtına göre mahsuplaşması

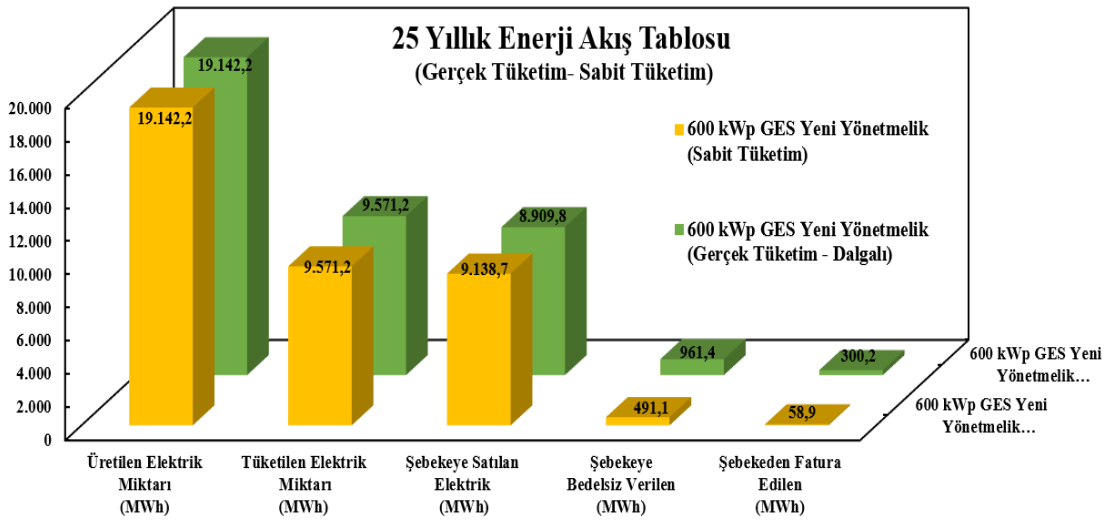
SABİT TÜKETİM SENARYOSUNA GÖRE SATIŞ KISITLAMASI DURUMUNDA AYLIK MAHSUPLAŞMA TABLOSU (YENİ YÖNETMELİK)													
1.YIL 2023	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2022 TÜKETİM	38306,8	34176,7	35914,4	27749,0	24056,9	27731,4	32185,8	33490,7	29536,9	28531,4	32281,7	38886,8	382848,5
2023 TÜKETİM	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	382848,5
2023 ÜRETİM	43261,0	42332,0	65488,0	82236,0	99472,0	102961,0	103308,0	97076,0	78833,0	55740,0	38500,0	32542,0	841749,0
Aylık Mahsup	11357,0	10428,0	33584,0	50332,0	67568,0	71057,0	71404,0	65172,0	46929,0	23836,0	6596,0	638,0	458900,5
Mahsup Sonrası+	11357,0	10428,0	33584,0	50332,0	67568,0	71057,0	71404,0	65172,0	46929,0	23836,0	6596,0	638,0	458900,5
Mahsup Sonrası-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SATIŞ	11357,0	10428,0	33584,0	50332,0	67568,0	71057,0	71404,0	65172,0	1946,9	0,0	0,0	0,0	382848,5
2.YIL 2024	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2023 TÜKETİM	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	382848,5
2024 TÜKETİM	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	382848,5
2024 ÜRETİM	42914,9	41993,3	64964,1	81578,1	98676,2	102137,3	102481,5	96299,4	78202,3	55294,1	38192,0	32281,7	835015,0
Aylık Mahsup	11010,9	10089,3	33060,1	49674,1	66772,2	70233,3	70577,5	64395,3	46298,3	23390,0	6288,0	377,6	452166,5
Mahsup Sonrası+	11010,9	10089,3	33060,1	49674,1	66772,2	70233,3	70577,5	64395,3	46298,3	23390,0	6288,0	377,6	452166,5
Mahsup Sonrası-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SATIŞ	11010,9	10089,3	33060,1	49674,1	66772,2	70233,3	70577,5	64395,3	7036,0	0,0	0,0	0,0	382848,5
3.YIL 2025	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2024 TÜKETİM	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	382848,5
2025 TÜKETİM	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	382848,5
2025 ÜRETİM	42571,6	41657,4	64444,4	80925,5	97886,8	101320,2	101661,7	95529,0	77576,7	54851,7	37886,5	32023,4	828334,9
Aylık Mahsup	10667,5	9753,4	32540,3	49021,4	65982,8	69416,2	69757,6	63625,0	45672,7	22947,7	5982,4	119,4	445486,4
Mahsup Sonrası+	10667,5	9753,4	32540,3	49021,4	65982,8	69416,2	69757,6	63625,0	45672,7	22947,7	5982,4	119,4	445486,4
Mahsup Sonrası-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SATIŞ	10667,5	9753,4	32540,3	49021,4	65982,8	69416,2	69757,6	63625,0	12084,3	0,0	0,0	0,0	382848,5
4.YIL 2026	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2025 TÜKETİM	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	382848,5
2026 TÜKETİM	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	382848,5
2026 ÜRETİM	42231,0	41324,1	63928,8	80278,1	97103,7	100509,7	100848,4	94764,8	76956,1	54412,9	37583,4	31767,2	821708,2
Aylık Mahsup	10327,0	9420,1	32024,8	48374,0	65199,7	68605,6	68944,3	62860,7	45052,1	22508,9	5679,3	-136,8	438859,7
Mahsup Sonrası+	10327,0	9420,1	32024,8	48374,0	65199,7	68605,6	68944,3	62860,7	45052,1	22508,9	5679,3	0,0	438996,5
Mahsup Sonrası-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	136,8	136,8
SATIŞ	10327,0	9420,1	32024,8	48374,0	65199,7	68605,6	68944,3	62860,7	17092,3	0,0	0,0	0,0	382848,5
5.YIL 2027	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2026 TÜKETİM	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	382848,5
2027 TÜKETİM	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	31904,0	382848,5
2027 ÜRETİM	41893,2	40993,5	63417,4	79635,9	96326,9	99705,6	100041,6	94006,6	76340,5	53977,6	37282,7	31513,1	815134,5
Aylık Mahsup	9989,1	9089,5	31513,4	47731,8	64422,8	67801,5	68137,6	62102,6	44436,4	22073,6	5378,7	-391,0	432286,0
Mahsup Sonrası+	9989,1	9089,5	31513,4	47731,8	64422,8	67801,5	68137,6	62102,6	44436,4	22073,6	5378,7	0,0	432677,0
Mahsup Sonrası-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	391,0	391,0
SATIŞ	9989,1	9089,5	31513,4	47731,8	64422,8	67801,5	68137,6	62102,6	22060,2	0,0	0,0	0,0	382848,5

Tablo 4.12 Sabit tüketimde 600 kWp GES’in satış kısıtına göre gelir gider tablosu

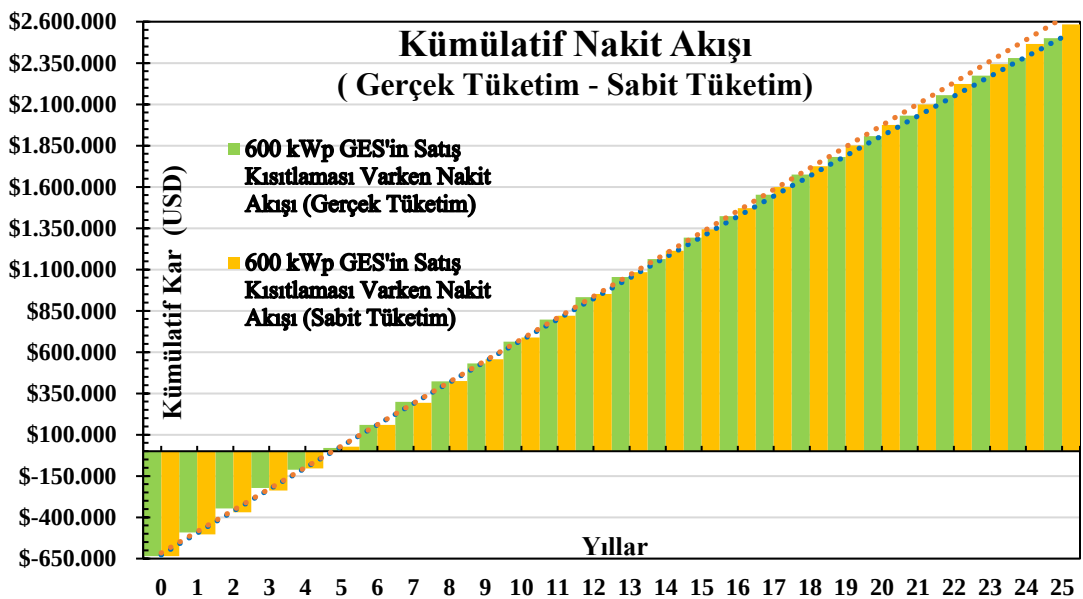
Sabit Tüketim Senaryosuna Göre 600 kWp Kurulu Gücündeki Lisanssız GES'in Detaylı Ekonomik Analizi (Şebeke Satış Kısıtı Var)										
Yıllar	Elektrik Satış	Kurulum Maliyeti	İşletme Giderleri	Amortisman Ödeneği	Vergiye Tabi Gelir	Vergi	Vergi Sonrası Net Kar	Fatura Tasarrufu	Kümülatif Kar	Geri Ödeme %
0	\$0	\$636.000	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	-\$636.000	0,00
1	\$77.684	\$0	\$8.034	\$17.820	\$51.830	\$10.366	\$59.284	\$77.684	-\$503.022	20,91
2	\$80.014	\$0	\$8.275	\$17.820	\$53.919	\$10.784	\$60.955	\$80.014	-\$370.144	41,80
3	\$82.415	\$0	\$8.523	\$17.820	\$56.071	\$11.214	\$62.677	\$82.415	-\$237.364	62,68
4	\$84.887	\$0	\$8.779	\$17.820	\$58.288	\$11.658	\$64.451	\$84.857	-\$104.707	83,54
5	\$87.434	\$0	\$9.042	\$17.820	\$60.571	\$12.114	\$66.277	\$87.345	\$27.809	104,37
6	\$90.057	\$0	\$9.314	\$17.820	\$62.923	\$12.585	\$68.159	\$89.906	\$160.185	125,19
7	\$92.759	\$0	\$9.593	\$17.820	\$65.345	\$13.069	\$70.096	\$92.542	\$292.425	145,98
8	\$95.541	\$0	\$9.881	\$17.820	\$67.840	\$13.568	\$72.092	\$95.256	\$424.532	166,75
9	\$98.408	\$0	\$10.177	\$17.820	\$70.410	\$14.082	\$74.148	\$98.051	\$556.508	187,50
10	\$101.360	\$0	\$10.483	\$17.820	\$73.057	\$14.611	\$76.266	\$100.928	\$688.357	208,23
11	\$104.401	\$0	\$10.797	\$17.820	\$75.783	\$15.157	\$78.447	\$103.890	\$820.080	228,94
12	\$107.533	\$0	\$11.121	\$17.820	\$78.591	\$15.718	\$80.693	\$106.939	\$951.682	249,64
13	\$110.759	\$0	\$11.455	\$17.820	\$81.484	\$16.297	\$83.007	\$110.078	\$1.083.163	270,31
14	\$112.645	\$0	\$11.798	\$17.820	\$83.027	\$16.605	\$84.241	\$113.310	\$1.213.768	290,84
15	\$114.234	\$0	\$12.152	\$17.820	\$84.262	\$16.852	\$85.230	\$116.637	\$1.343.339	311,22
16	\$115.833	\$0	\$12.517	\$17.820	\$85.496	\$17.099	\$86.217	\$120.063	\$1.471.886	331,43
17	\$117.439	\$0	\$12.892	\$17.820	\$86.727	\$17.345	\$87.201	\$123.590	\$1.599.418	351,48
18	\$119.053	\$0	\$13.279	\$17.820	\$87.954	\$17.591	\$88.183	\$127.220	\$1.725.944	371,37
19	\$120.674	\$0	\$13.677	\$17.820	\$89.176	\$17.835	\$89.161	\$130.959	\$1.851.476	391,11
20	\$122.301	\$0	\$14.088	\$17.820	\$90.393	\$18.079	\$90.134	\$134.807	\$1.976.020	410,70
21	\$123.933	\$0	\$14.510	\$17.820	\$91.602	\$18.320	\$91.102	\$138.770	\$2.099.588	430,12
22	\$125.570	\$0	\$14.946	\$17.820	\$92.804	\$18.561	\$92.063	\$142.849	\$2.222.187	449,40
23	\$127.211	\$0	\$15.394	\$17.820	\$93.997	\$18.799	\$93.017	\$147.049	\$2.343.826	468,53
24	\$128.854	\$0	\$15.856	\$17.820	\$95.179	\$19.036	\$93.963	\$151.373	\$2.464.515	487,50
25	\$130.564	\$0	\$16.331	\$17.820	\$96.412	\$19.282	\$94.950	\$155.761	\$2.584.256	506,33

Analiz sonucuna göre 600 kWp santralin sabit tüketim durumunda net bugünkü değeri 2.584.256 \$'dır. Yatırımın geri ödeme süresi 4,8 yıl, yatırımın geri dönüşü %406,33, iç karlılık oranı %24,2 ve seviyelendirilmiş enerji maliyeti 0,064 \$/kWh olarak bulunmuştur (Tablo 4.12).

Şekil 4.14'te gerçek tüketim ve ortalama sabit tüketim durumlarındaki 25 yıllık toplam enerji akışları gösterilmiştir. Toplam üretim ve tüketimler aynı olmasına rağmen aylık sabit tüketim durumunda şebekeye 229 MWh daha fazla enerji satılmıştır. Şebekeye bedelsiz verilen 470,3 MWh ve şebeke tarafından tüketiciye fatura edilmiş enerji miktarı 241,3 MWh azalmıştır. Buna göre iki farklı tüketim şekline göre oluşan nakit akış grafiği Şekil 4.15'te verilmiştir.



Şekil 4.14 600 kWp GES'in gerçek tüketim ve sabit tüketime göre enerji akışı



Şekil 4.15 600 kWp GES'in gerçek tüketim ve sabit tüketime göre nakit akışı

4.6.5 Mevsimsel Tüketim Senaryolarına Göre Ekonomik Analiz

Bu bölümde yaz ve kış aylarında olacak şekilde mevsimsel artan ve azalan tüketimlerin, şebeke satış kısıtlama kurallarına göre lisanssız GES'lerin satışa konu edebileceği elektrik miktarları ve finansal etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

4.6.5.1 Yazlık Tüketim Profili

Yazlık tüketim senaryosunda, Tablo 4.1'de verilen fatura verileri aylık bazda en yüksek tüketimlerin yaz aylarında en düşük tüketimlerin kış aylarında olmak üzere yeniden düzenlenerek 5 yıllık bir tüketim profili oluşturulmuştur. Bu şekilde yazın üretimle birlikte artan tüketim durumunun şebeke satış kısıtlaması şartları altında etkinliğinin ölçülmesi amaçlanmıştır. 600 kWp gücündeki GES'in üretim miktarlarının yazlık tüketim profili verileriyle mahsuplaşması Tablo 4.13'te verilmiştir.

Tablo 4.13 Yazlık tüketimde 600 kWp GES'in satış kısıtına göre mahsuplaşması

YAZLIK TÜKETİM SENARYOSUNA GÖRE SATIŞ KISITLAMASI DURUMUNDA AYLIK MAHSUPLAŞMA TABLOSU (YENİ YÖNETMELİK)													
1.YIL 2023	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2022 TÜKETİM	28674,5	29678,9	31567,5	34722,2	34353,7	41236,9	45462,2	40803,8	37058,5	34420,8	31721,5	29236,7	418937,0
2023 TÜKETİM	26835,0	29439,5	30737,1	36059,0	36635,0	40505,1	45977,2	37024,8	35966,3	34583,9	34035,9	33203,6	421002,4
2023 ÜRETİM	43261,0	42332,0	65488,0	82236,0	99472,0	102961,0	103308,0	97076,0	78833,0	55740,0	38500,0	32542,0	841749,0
Aylık Mahsup	16426,0	12892,5	34750,9	46177,0	62837,0	62455,9	57330,8	60051,2	42866,7	21156,1	4464,1	-661,6	420746,6
Mahsup Sonrası	16426,0	12892,5	34750,9	46177,0	62837,0	62455,9	57330,8	60051,2	42866,7	21156,1	4464,1	0,0	421408,2
Mahsup Sonrası	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	661,6	661,6
SATIŞ	16426,0	12892,5	34750,9	46177,0	62837,0	62455,9	57330,8	60051,2	42866,7	21156,1	1992,9	0,0	418937,0
2.YIL 2024	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2023 TÜKETİM	26835,0	29439,5	30737,1	36059,0	36635,0	40505,1	45977,2	37024,8	35966,3	34583,9	34035,9	33203,6	421002,4
2024 TÜKETİM	31946,7	34227,9	34946,6	35618,1	38863,0	41097,0	42902,0	38289,2	37710,4	35254,6	31584,9	30683,2	433123,5
2024 ÜRETİM	42914,9	41993,3	64964,1	81578,1	98676,2	102137,3	102481,5	96299,4	78202,3	55294,1	38192,0	32281,7	835015,0
Aylık Mahsup	10968,2	7765,5	30017,5	45960,0	59813,2	61040,4	59579,5	58010,2	40491,9	20039,5	6607,1	1598,5	401891,5
Mahsup Sonrası	10968,2	7765,5	30017,5	45960,0	59813,2	61040,4	59579,5	58010,2	40491,9	20039,5	6607,1	1598,5	401891,5
Mahsup Sonrası	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SATIŞ	10968,2	7765,5	30017,5	45960,0	59813,2	61040,4	59579,5	58010,2	40491,9	20039,5	6607,1	1598,5	401891,5
3.YIL 2025	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2024 TÜKETİM	31946,7	34227,9	34946,6	35618,1	38863,0	41097,0	42902,0	38289,2	37710,4	35254,6	31584,9	30683,2	433123,5
2025 TÜKETİM	15209,5	18917,3	19973,8	21934,5	29209,7	30270,9	38529,3	37510,1	24281,1	20859,8	20351,4	20050,3	297097,7
2025 ÜRETİM	42571,6	41657,4	64444,4	80925,5	97886,8	101320,2	101661,7	95529,0	77576,7	54851,7	37886,5	32023,4	828334,9
Aylık Mahsup	27362,1	22740,1	44470,5	58990,9	68677,1	71049,4	63132,4	58018,9	53295,6	33991,9	17535,1	11973,2	531237,2
Mahsup Sonrası	27362,1	22740,1	44470,5	58990,9	68677,1	71049,4	63132,4	58018,9	53295,6	33991,9	17535,1	11973,2	531237,2
Mahsup Sonrası	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SATIŞ	27362,1	22740,1	44470,5	58990,9	68677,1	71049,4	63132,4	58018,9	53295,6	33991,9	17535,1	11973,2	531237,2
4.YIL 2026	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2025 TÜKETİM	15209,5	18917,3	19973,8	21934,5	29209,7	30270,9	38529,3	37510,1	24281,1	20859,8	20351,4	20050,3	297097,7
2026 TÜKETİM	17619,0	22238,4	28917,1	28360,6	32094,1	34998,7	40732,6	38806,7	28280,3	27307,4	24095,6	20631,3	344082,0
2026 ÜRETİM	42231,0	41324,1	63928,8	80278,1	97103,7	100509,7	100848,4	94764,8	76956,1	54412,9	37583,4	31767,2	821708,2
Aylık Mahsup	24612,0	19085,7	35011,8	51917,5	65009,6	65510,9	60115,8	55958,1	48675,8	27105,5	13487,7	11135,9	477626,2
Mahsup Sonrası	24612,0	19085,7	35011,8	51917,5	65009,6	65510,9	60115,8	55958,1	48675,8	27105,5	13487,7	11135,9	477626,2
Mahsup Sonrası	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SATIŞ	24612,0	19085,7	35011,8	51917,5	65009,6	65510,9	60115,8	55958,1	48675,8	27105,5	13487,7	11135,9	477626,2
5.YIL 2027	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2026 TÜKETİM	17619,0	22238,4	28917,1	28360,6	32094,1	34998,7	40732,6	38806,7	28280,3	27307,4	24095,6	20631,3	344082,0
2027 TÜKETİM	28674,5	29678,9	31567,5	34722,2	34353,7	41236,9	45462,2	40803,8	37058,5	34420,8	31721,5	29236,7	418937,0
2027 ÜRETİM	41893,2	40993,5	63417,4	79635,9	96326,9	99705,6	100041,6	94006,6	76340,5	53977,6	37282,7	31513,1	815134,5
Aylık Mahsup	13218,7	11314,7	31849,9	44913,7	61973,2	58468,7	54579,4	53202,8	39282,0	19556,9	5561,2	2276,4	396197,5
Mahsup Sonrası	13218,7	11314,7	31849,9	44913,7	61973,2	58468,7	54579,4	53202,8	39282,0	19556,9	5561,2	2276,4	396197,5
Mahsup Sonrası	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SATIŞ	13218,7	11314,7	31849,9	44913,7	61973,2	58468,7	54579,4	53202,8	39282,0	19556,9	5561,2	2276,4	396197,5

Tablo 4.14 Yazlık tüketimde 600 kWp GES'in satış kısıtına göre gelir gider tablosu

Yazlık Tüketim Senaryosuna Göre 600 kWp Kurulu Gücündeki Lisanssız GES'in Detaylı Ekonomik Analizi (Şebeke Satış Kısıtı Var)										
Yıllar	Elektrik Satış	Kurulum Maliyeti	İşletme Giderleri	Amortisman Ödeneği	Vergiye Tabi Gelir	Vergi	Vergi Sonrası Net Kar	Fatura Tasarrufu	Kümülatif Kar	Geri Ödeme %
0	\$0	\$636.000	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	-\$636.000	0,00
1	\$85.007	\$0	\$8.034	\$17.820	\$59.152	\$11.830	\$65.142	\$85.291	-\$489.948	22,96
2	\$83.994	\$0	\$8.275	\$17.820	\$57.899	\$11.580	\$64.139	\$90.522	-\$344.165	45,89
3	\$93.237	\$0	\$8.523	\$17.820	\$66.894	\$13.379	\$71.335	\$63.955	-\$220.355	65,35
4	\$71.834	\$0	\$8.779	\$17.820	\$45.235	\$9.047	\$54.008	\$76.292	-\$104.585	83,56
5	\$83.544	\$0	\$9.042	\$17.820	\$56.682	\$11.336	\$63.165	\$95.676	\$32.432	105,10
6	\$91.634	\$0	\$9.314	\$17.820	\$64.500	\$12.900	\$69.420	\$98.575	\$173.126	127,22
7	\$89.408	\$0	\$9.593	\$17.820	\$61.995	\$12.399	\$67.416	\$104.939	\$313.266	149,26
8	\$108.088	\$0	\$9.881	\$17.820	\$80.387	\$16.077	\$82.129	\$74.142	\$436.628	168,65
9	\$82.574	\$0	\$10.177	\$17.820	\$54.576	\$10.915	\$61.481	\$88.443	\$551.533	186,72
10	\$96.133	\$0	\$10.483	\$17.820	\$67.831	\$13.566	\$72.085	\$110.914	\$687.701	208,13
11	\$97.884	\$0	\$10.797	\$17.820	\$69.267	\$13.853	\$73.234	\$113.940	\$822.919	229,39
12	\$95.031	\$0	\$11.121	\$17.820	\$66.089	\$13.218	\$70.692	\$121.403	\$957.651	250,57
13	\$125.303	\$0	\$11.455	\$17.820	\$96.028	\$19.206	\$94.643	\$85.951	\$1.080.626	269,91
14	\$94.944	\$0	\$11.798	\$17.820	\$65.326	\$13.065	\$70.081	\$102.530	\$1.194.742	287,85
15	\$102.339	\$0	\$12.152	\$17.820	\$72.367	\$14.473	\$75.714	\$128.532	\$1.325.840	308,47
16	\$104.182	\$0	\$12.517	\$17.820	\$73.845	\$14.769	\$76.896	\$131.713	\$1.455.838	328,91
17	\$100.671	\$0	\$12.892	\$17.820	\$69.959	\$13.992	\$73.787	\$140.357	\$1.585.399	349,28
18	\$145.261	\$0	\$13.279	\$17.820	\$114.162	\$22.832	\$109.149	\$99.640	\$1.708.041	368,56
19	\$109.196	\$0	\$13.677	\$17.820	\$77.699	\$15.540	\$79.979	\$118.860	\$1.821.436	386,39
20	\$108.511	\$0	\$14.088	\$17.820	\$76.603	\$15.321	\$79.103	\$148.597	\$1.947.508	406,21
21	\$110.884	\$0	\$14.510	\$17.820	\$78.554	\$15.711	\$80.663	\$151.818	\$2.072.478	425,86
22	\$106.132	\$0	\$14.946	\$17.820	\$73.366	\$14.673	\$76.513	\$162.287	\$2.197.106	445,46
23	\$158.749	\$0	\$15.394	\$17.820	\$125.535	\$25.107	\$118.248	\$115.511	\$2.315.550	464,08
24	\$125.619	\$0	\$15.856	\$17.820	\$91.943	\$18.389	\$91.375	\$137.791	\$2.428.284	481,81
25	\$114.515	\$0	\$16.331	\$17.820	\$80.363	\$16.073	\$82.110	\$171.811	\$2.549.558	500,87

Mahsuplaşma sonucu satışa esas elektrik ve tasarruf edilen fatura miktarları belirlendikten sonra, 600 kWp santralin net bugünkü değeri 2.549.558 \$'dır. Yatırımın geri ödeme süresi 4,8 yıl, yatırımın geri dönüşü %400,87, iç karlılık oranı %24,5 ve seviyelendirilmiş enerji maliyeti 0,064 \$/kWh olarak bulunmuştur.

4.6.5.2 Kışlık Tüketim Profili

Yazlık tüketim profilinin aksine, kışlık tüketim profilinde Tablo 4.1'deki elektrik tüketim verileri yıllık toplamalar aynı kalacak şekilde, en yüksek tüketimlerin kış aylarında en düşük tüketimlerin yaz aylarında yapıldığı senaryosuyla yeniden düzenlenmiştir. Kışın üretimin düşük tüketimin yüksek, yazın üretimin yüksek tüketimin düşük olduğu durumda 600 kWp gücündeki GES'in tüketim tesisinin ihtiyacıyla mahsuplaşarak satışa konu elektriğin tespiti Tablo 4.15'te verilmiştir.

Mahsuplaşma sonucu satışa esas elektrik ve tasarruf edilen fatura miktarları belirlendikten sonra, 600 kWp santralin net bugünkü değeri 2.481.923 \$'dır. Yatırımın geri ödeme süresi 4,9 yıl, yatırımın geri dönüşü %390,24, iç karlılık oranı %23,9 ve seviyelendirilmiş enerji maliyeti 0,066 \$/kWh olarak bulunmuştur.

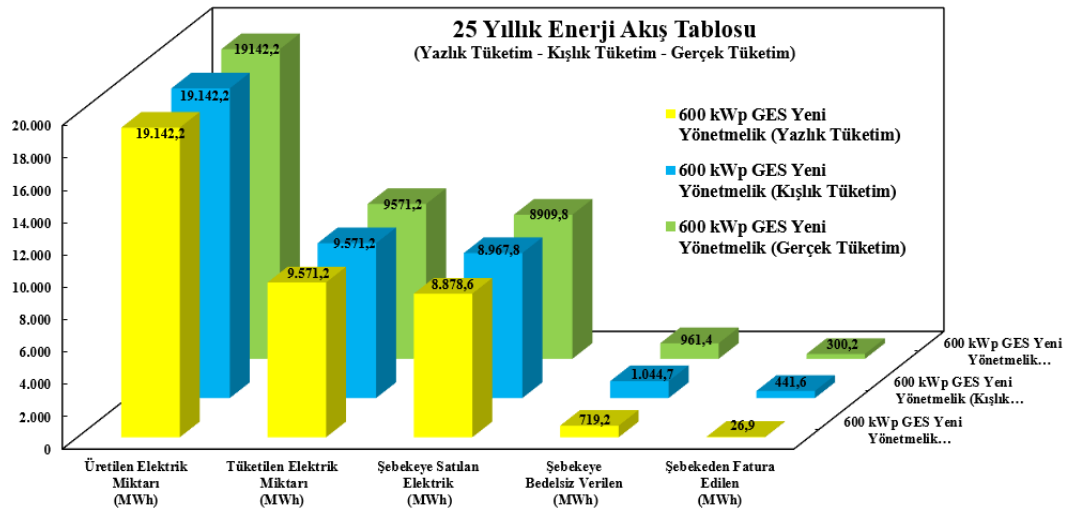
Tablo 4.15 Kışlık tüketimde 600 kWp GES'in satış kısıtına göre mahsuplaşması

KİŞLİK TÜKETİM SENARYOSUNA GÖRE SATIŞ KISITLAMASI DURUMUNDA AYLIK MAHSUPLAŞMA TABLOSU (YENİ YÖNETMELİK)													
1.YIL 2023	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2022 TÜKETİM	41236,9	37058,5	34353,7	31721,5	31567,5	28674,5	29236,7	29678,9	34420,8	34722,2	40803,8	45462,2	418937,0
2023 TÜKETİM	40505,1	36635,0	36059,0	34035,9	26835,0	29439,5	30737,1	33203,6	34583,9	35966,3	37024,8	45977,2	421002,4
2023 ÜRETİM	43261,0	42332,0	65488,0	82236,0	99472,0	102961,0	103308,0	97076,0	78833,0	55740,0	38500,0	32542,0	841749,0
Aylık Mahsup	2755,9	5697,0	29429,0	48200,1	72637,0	73521,5	72570,9	63872,4	44249,1	19773,7	1475,2	-13435,2	420746,6
Mahsup Sonrası+	2755,9	5697,0	29429,0	48200,1	72637,0	73521,5	72570,9	63872,4	44249,1	19773,7	1475,2	0,0	434181,8
Mahsup Sonrası-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13435,2	13435,2
SATIŞ	2755,9	5697,0	29429,0	48200,1	72637,0	73521,5	72570,9	63872,4	44249,1	6004,1	0,0	0,0	418937,0
2.YIL 2024	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2023 TÜKETİM	40505,1	36635,0	36059,0	34035,9	26835,0	29439,5	30737,1	33203,6	34583,9	35966,3	37024,8	45977,2	421002,4
2024 TÜKETİM	42902,0	38289,2	37710,4	34946,6	34227,9	31584,9	30683,2	31946,7	35254,6	35618,1	38863,0	41097,0	433123,5
2024 ÜRETİM	42914,9	41993,3	64964,1	81578,1	98676,2	102137,3	102481,5	96299,4	78202,3	55294,1	38192,0	32281,7	835015,0
Aylık Mahsup	12,9	3704,1	27253,7	46631,5	64448,4	70552,4	71798,3	64352,7	42947,8	19676,0	-671,0	-8815,3	401891,5
Mahsup Sonrası+	12,9	3704,1	27253,7	46631,5	64448,4	70552,4	71798,3	64352,7	42947,8	19676,0	0,0	0,0	411377,8
Mahsup Sonrası-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	671,0	8815,3	9486,3
SATIŞ	12,9	3704,1	27253,7	46631,5	64448,4	70552,4	71798,3	64352,7	42947,8	19676,0	0,0	0,0	411377,8
3.YIL 2025	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2024 TÜKETİM	42902,0	38289,2	37710,4	34946,6	34227,9	31584,9	30683,2	31946,7	35254,6	35618,1	38863,0	41097,0	433123,5
2025 TÜKETİM	37510,1	29209,7	20859,8	20351,4	20050,3	18917,3	15209,5	19973,8	21934,5	24281,1	30270,9	38529,3	297097,7
2025 ÜRETİM	42571,6	41657,4	64444,4	80925,5	97886,8	101320,2	101661,7	95529,0	77576,7	54851,7	37886,5	32023,4	828334,9
Aylık Mahsup	5061,5	12447,7	43584,6	60574,1	77836,6	82402,9	86452,2	75555,2	55642,2	30570,6	7615,6	-6505,9	531237,2
Mahsup Sonrası+	5061,5	12447,7	43584,6	60574,1	77836,6	82402,9	86452,2	75555,2	55642,2	30570,6	7615,6	0,0	537743,1
Mahsup Sonrası-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6505,9	6505,9
SATIŞ	5061,5	12447,7	43584,6	60574,1	77836,6	82402,9	86452,2	75555,2	55642,2	30570,6	7615,6	0,0	433123,5
4.YIL 2026	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2025 TÜKETİM	37510,1	29209,7	20859,8	20351,4	20050,3	18917,3	15209,5	19973,8	21934,5	24281,1	30270,9	38529,3	297097,7
2026 TÜKETİM	34998,7	32094,1	28917,1	27307,4	22238,4	20631,3	17619,0	24095,6	28280,3	28360,6	38806,7	40732,6	344082,0
2026 ÜRETİM	42231,0	41324,1	63928,8	80278,1	97103,7	100509,7	100848,4	94764,8	76956,1	54412,9	37583,4	31767,2	821708,2
Aylık Mahsup	7232,3	9230,0	35011,8	52970,6	74865,3	79878,4	83229,4	70669,1	48675,8	26052,3	-1223,3	-8965,4	477626,2
Mahsup Sonrası+	7232,3	9230,0	35011,8	52970,6	74865,3	79878,4	83229,4	70669,1	48675,8	26052,3	0,0	0,0	487815,0
Mahsup Sonrası-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1223,3	8965,4	10188,7
SATIŞ	7232,3	9230,0	35011,8	52970,6	74865,3	79878,4	83229,4	70669,1	48675,8	26052,3	0,0	0,0	297097,7
5.YIL 2027	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2026 TÜKETİM	34998,7	32094,1	28917,1	27307,4	22238,4	20631,3	17619,0	24095,6	28280,3	28360,6	38806,7	40732,6	344082,0
2027 TÜKETİM	41236,9	37058,5	34353,7	31721,5	31567,5	28674,5	29236,7	29678,9	34420,8	34722,2	40803,8	45462,2	418937,0
2027 ÜRETİM	41893,2	40993,5	63417,4	79635,9	96326,9	99705,6	100041,6	94006,6	76340,5	53977,6	37282,7	31513,1	815134,5
Aylık Mahsup	656,3	3935,1	29063,7	47914,4	64759,4	71031,1	70804,9	64327,8	41919,7	19255,4	-3521,1	-13949,1	396197,5
Mahsup Sonrası+	656,3	3935,1	29063,7	47914,4	64759,4	71031,1	70804,9	64327,8	41919,7	19255,4	0,0	0,0	413667,7
Mahsup Sonrası-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3521,1	13949,1	17470,2
SATIŞ	656,3	3935,1	29063,7	47914,4	64759,4	71031,1	70804,9	64327,8	41919,7	19255,4	0,0	0,0	344082,0

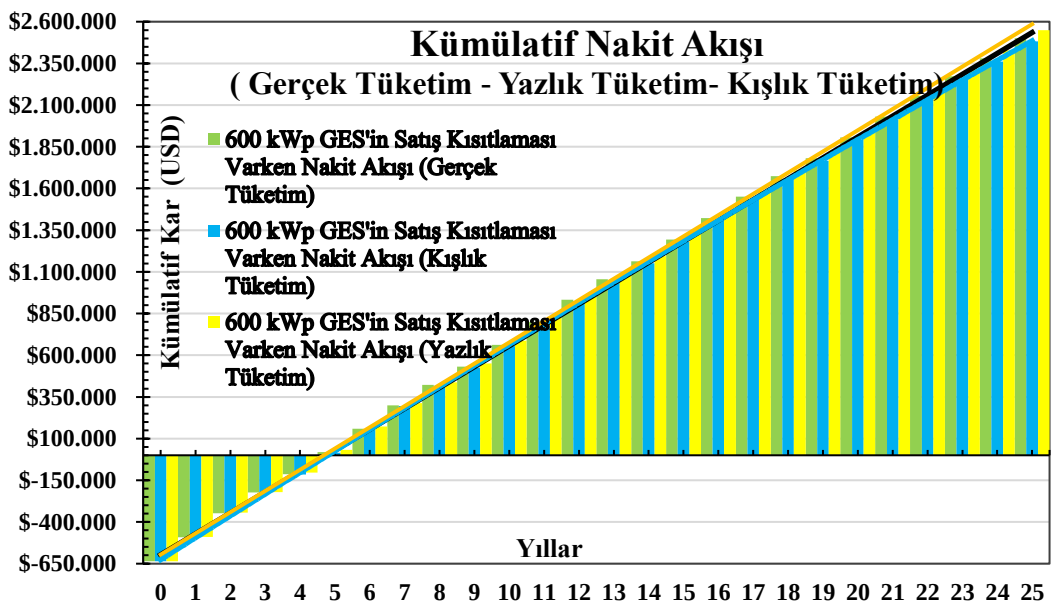
Tablo 4.16 Kışlık tüketimde 600 kWp GES'in satış kısıtına göre gelir gider tablosu

Kışlık Tüketim Senaryosuna Göre 600 kWp Kurulu Gücündeki Lisanssız GES'in Detaylı Ekonomik Analizi (Şebeke Satış Kısıtı Var)										
Yıllar	Elektrik Satış	Kurulum Maliyeti	İşletme Giderleri	Amortisman Ödeneği	Vergiye Tabi Gelir	Vergi	Vergi Sonrası Net Kar	Fatura Tasarrufu	Kümülatif Kar	Geri Ödeme %
0	\$0	\$636.000	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	-\$636.000	0,00
1	\$85.007	\$0	\$8.034	\$17.820	\$59.152	\$11.830	\$65.142	\$82.699	-\$492.465	22,57
2	\$85.977	\$0	\$8.275	\$17.820	\$59.882	\$11.976	\$65.725	\$88.539	-\$347.055	45,43
3	\$93.237	\$0	\$8.523	\$17.820	\$66.894	\$13.379	\$71.335	\$62.555	-\$224.527	64,70
4	\$65.874	\$0	\$8.779	\$17.820	\$39.275	\$7.855	\$49.240	\$74.033	-\$115.001	81,92
5	\$78.580	\$0	\$9.042	\$17.820	\$51.718	\$10.344	\$59.194	\$91.686	\$15.150	102,38
6	\$94.648	\$0	\$9.314	\$17.820	\$67.514	\$13.503	\$71.832	\$95.561	\$155.338	124,42
7	\$92.785	\$0	\$9.593	\$17.820	\$65.372	\$13.074	\$70.118	\$101.563	\$294.930	146,37
8	\$108.088	\$0	\$9.881	\$17.820	\$80.387	\$16.077	\$82.129	\$72.204	\$416.762	165,53
9	\$76.366	\$0	\$10.177	\$17.820	\$48.369	\$9.674	\$56.515	\$85.122	\$525.315	182,60
10	\$91.096	\$0	\$10.483	\$17.820	\$62.794	\$12.559	\$68.055	\$105.309	\$654.314	202,88
11	\$101.935	\$0	\$10.797	\$17.820	\$73.317	\$14.663	\$76.474	\$109.889	\$788.947	224,05
12	\$99.899	\$0	\$11.121	\$17.820	\$70.957	\$14.191	\$74.586	\$116.535	\$922.996	245,13
13	\$125.303	\$0	\$11.455	\$17.820	\$96.028	\$19.206	\$94.643	\$83.354	\$1.044.203	264,18
14	\$88.529	\$0	\$11.798	\$17.820	\$58.911	\$11.782	\$64.949	\$97.899	\$1.151.864	281,11
15	\$105.605	\$0	\$12.152	\$17.820	\$75.633	\$15.127	\$78.327	\$120.797	\$1.279.674	301,21
16	\$109.816	\$0	\$12.517	\$17.820	\$79.479	\$15.896	\$81.404	\$126.079	\$1.408.971	321,54
17	\$107.620	\$0	\$12.892	\$17.820	\$76.908	\$15.382	\$79.346	\$133.408	\$1.537.691	341,78
18	\$145.261	\$0	\$13.279	\$17.820	\$114.162	\$22.832	\$109.149	\$96.239	\$1.658.335	360,74
19	\$102.630	\$0	\$13.677	\$17.820	\$71.132	\$14.226	\$74.726	\$112.621	\$1.765.176	377,54
20	\$118.757	\$0	\$14.088	\$17.820	\$86.849	\$17.370	\$87.299	\$138.351	\$1.890.113	397,19
21	\$118.218	\$0	\$14.510	\$17.820	\$85.888	\$17.178	\$86.531	\$144.484	\$2.014.295	416,71
22	\$115.809	\$0	\$14.946	\$17.820	\$83.043	\$16.609	\$84.254	\$152.610	\$2.137.913	436,15
23	\$163.615	\$0	\$15.394	\$17.820	\$130.400	\$26.080	\$122.141	\$110.645	\$2.255.863	454,70
24	\$118.976	\$0	\$15.856	\$17.820	\$85.300	\$17.060	\$86.060	\$129.590	\$2.361.949	471,38
25	\$128.122	\$0	\$16.331	\$17.820	\$93.970	\$18.794	\$92.996	\$158.204	\$2.481.923	490,24

Yazlık, kışlık ve gerçek tüketim profili senaryolarına göre elde edilen 25 yıllık santral ömrü boyunca üretilen, tüketilen, satılan, şebekeye bedelsiz aktarılan ve şebekeden ücret karşılığı çekilen enerji miktarları Şekil 4.16’da verilmiştir. Yazın artan tüketim profilinde şebekeye verilen ve şebekeden satın alınan enerji miktarlarının en az olduğu, şebekeye satılan enerji miktarının diğer senaryolara göre az da olsa düştüğü gözlemlenmiştir. Kışlık tüketim profilinde ise şebekeye satılan enerji miktarı kısmen artsa da şebekeye verilen ve şebekeden satın alınan enerji miktarlarının diğer senaryoların üzerinde kalmıştır. Şekil 4.17’de verilen nakit akışlarına göre üç durum arasından finansal olarak en ideal senaryonun yazlık tüketim en düşük getirili senaryonun ise kışlık tüketim olduğu görülmektedir.



Şekil 4.16 600 kWp GES’in yazlık, kışlık ve gerçek tüketime göre enerji akışı



Şekil 4.17 600 kWp GES’in yazlık, kışlık ve gerçek tüketime göre nakit akışı

4.6.6 Yıllık Mahsuplaşma Durumu

Bu bölümde üretilen ve tüketilen elektriğin aylık yerine yıllık mahsuplaşması yapılmıştır. Buna göre hem 1 MWp hem de 600 kWp kurulu gücündeki iki santral için, şebeke satış kısıtlaması mevcutken tüketimle yıllık olarak mahsuplaştırılıp satılabilecek enerji miktarları üzerinden finansal analiz sonuçları elde edilmiştir.

Tablo 4.17 1 MWp GES'in yıllık mahsuplaşma göre gelir gider tablosu

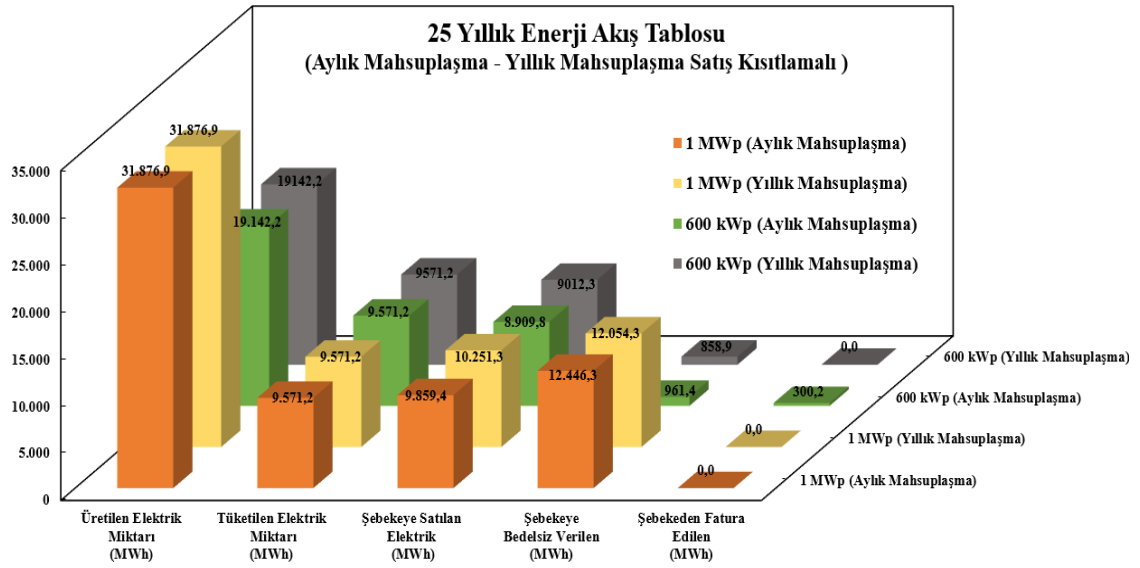
Yıllık Mahsuplaşma Durumunda 1MWp Kurulu Gücündeki Lisanssız GES'in Detaylı Ekonomik Analizi (Şebeke Satış Kısıtı Var)										
Yıllar	Elektrik Satış	Kurulum Maliyeti	İşletme Giderleri	Amortisman Ödeneği	Vergiye Tabi Gelir	Vergi	Vergi Sonrası Net Kar	Fatura Tasarrufu	Kümülatif Kar	Geri Ödeme %
0	\$0	\$1.060.000	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	-\$1.060.000	0,00
1	\$85.426	\$0	\$13.390	\$29.580	\$42.455	\$8.491	\$63.545	\$85.426	-\$915.369	13,64
2	\$90.522	\$0	\$13.792	\$29.580	\$47.150	\$9.430	\$67.300	\$90.522	-\$766.607	27,68
3	\$93.237	\$0	\$14.205	\$29.580	\$49.452	\$9.890	\$69.142	\$63.955	-\$644.804	39,17
4	\$76.292	\$0	\$14.632	\$29.580	\$32.080	\$6.416	\$55.244	\$76.292	-\$527.936	50,19
5	\$95.676	\$0	\$15.071	\$29.580	\$51.025	\$10.205	\$70.400	\$95.676	-\$384.678	63,71
6	\$99.032	\$0	\$15.523	\$29.580	\$53.929	\$10.786	\$72.723	\$99.032	-\$240.836	77,28
7	\$104.939	\$0	\$15.988	\$29.580	\$59.371	\$11.874	\$77.077	\$104.939	-\$92.840	91,24
8	\$108.088	\$0	\$16.468	\$29.580	\$62.039	\$12.408	\$79.212	\$74.142	\$28.219	102,66
9	\$88.443	\$0	\$16.962	\$29.580	\$41.901	\$8.380	\$63.101	\$88.443	\$144.364	113,62
10	\$110.914	\$0	\$17.471	\$29.580	\$63.863	\$12.773	\$80.671	\$110.914	\$286.921	127,07
11	\$114.805	\$0	\$17.995	\$29.580	\$67.230	\$13.446	\$83.364	\$114.805	\$430.083	140,57
12	\$121.654	\$0	\$18.535	\$29.580	\$73.538	\$14.708	\$88.411	\$121.654	\$577.418	154,47
13	\$125.303	\$0	\$19.091	\$29.580	\$76.632	\$15.326	\$90.886	\$85.951	\$697.835	165,83
14	\$102.530	\$0	\$19.664	\$29.580	\$53.286	\$10.657	\$72.209	\$102.530	\$813.357	176,73
15	\$128.580	\$0	\$20.254	\$29.580	\$78.746	\$15.749	\$92.577	\$128.580	\$955.310	190,12
16	\$133.090	\$0	\$20.861	\$29.580	\$82.649	\$16.530	\$95.699	\$133.090	\$1.097.884	203,57
17	\$141.030	\$0	\$21.487	\$29.580	\$89.962	\$17.992	\$101.550	\$141.030	\$1.244.649	217,42
18	\$145.261	\$0	\$22.132	\$29.580	\$93.549	\$18.710	\$104.419	\$99.640	\$1.364.512	228,73
19	\$118.860	\$0	\$22.796	\$29.580	\$66.484	\$13.297	\$82.768	\$118.860	\$1.479.498	239,58
20	\$149.059	\$0	\$23.479	\$29.580	\$96.000	\$19.200	\$106.380	\$149.059	\$1.620.928	252,92
21	\$154.288	\$0	\$24.184	\$29.580	\$100.524	\$20.105	\$110.000	\$154.288	\$1.762.996	266,32
22	\$163.492	\$0	\$24.909	\$29.580	\$109.003	\$21.801	\$116.782	\$163.492	\$1.909.269	280,12
23	\$168.397	\$0	\$25.657	\$29.580	\$113.160	\$22.632	\$120.108	\$115.511	\$2.028.655	291,38
24	\$137.791	\$0	\$26.426	\$29.580	\$81.785	\$16.357	\$95.008	\$137.791	\$2.143.177	302,19
25	\$172.801	\$0	\$27.219	\$29.580	\$116.001	\$23.200	\$122.381	\$172.801	\$2.284.158	315,49

Tablo 4.18 600 kWp GES'in yıllık mahsuplaşma göre gelir gider tablosu

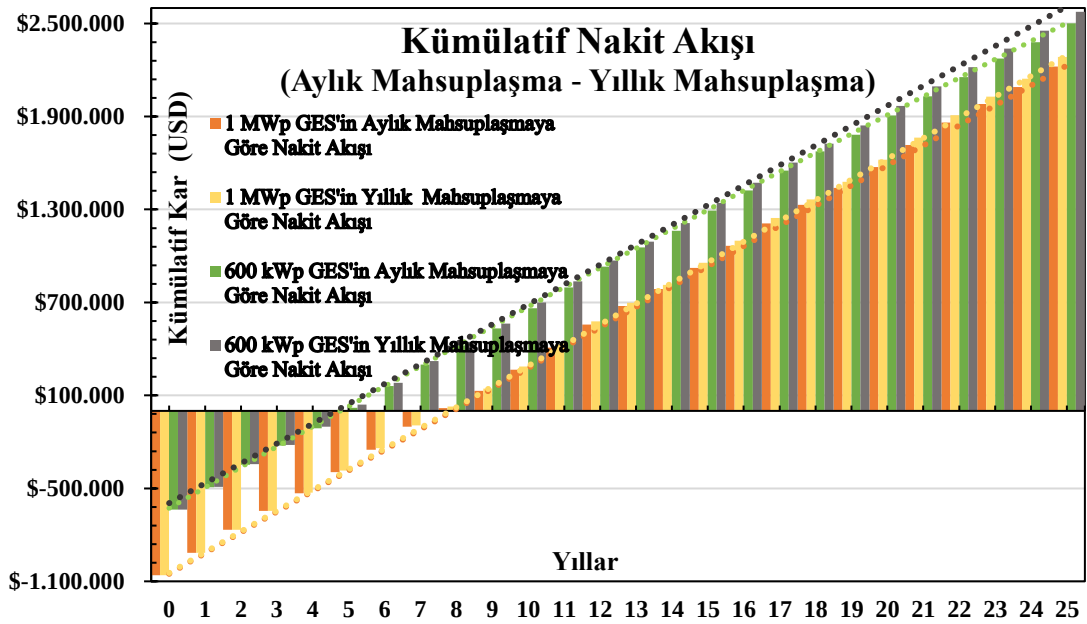
Yıllık Mahsuplaşma Durumunda 600 kWp Kurulu Gücündeki Lisanssız GES'in Detaylı Ekonomik Analizi (Şebeke Satış Kısıtı Var)										
Yıllar	Elektrik Satış	Kurulum Maliyeti	İşletme Giderleri	Amortisman Ödeneği	Vergiye Tabi Gelir	Vergi	Vergi Sonrası Net Kar	Fatura Tasarrufu	Kümülatif Kar	Geri Ödeme %
0	\$0	\$636.000	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	-\$636.000	0,00
1	\$85.374	\$0	\$8.034	\$17.820	\$59.520	\$11.904	\$65.436	\$85.426	-\$489.533	23,03
2	\$83.994	\$0	\$8.275	\$17.820	\$57.899	\$11.580	\$64.139	\$90.522	-\$343.750	45,95
3	\$93.237	\$0	\$8.523	\$17.820	\$66.894	\$13.379	\$71.335	\$63.955	-\$219.940	65,42
4	\$76.292	\$0	\$8.779	\$17.820	\$49.693	\$9.939	\$57.574	\$76.292	-\$101.002	84,12
5	\$90.482	\$0	\$9.042	\$17.820	\$63.620	\$12.724	\$68.716	\$95.676	\$40.804	106,42
6	\$91.177	\$0	\$9.314	\$17.820	\$64.043	\$12.809	\$69.055	\$99.032	\$181.574	128,55
7	\$89.408	\$0	\$9.593	\$17.820	\$61.995	\$12.399	\$67.416	\$104.939	\$321.715	150,58
8	\$108.088	\$0	\$9.881	\$17.820	\$80.387	\$16.077	\$82.129	\$74.142	\$445.077	169,98
9	\$88.443	\$0	\$10.177	\$17.820	\$60.446	\$12.089	\$66.177	\$88.443	\$563.580	188,61
10	\$96.399	\$0	\$10.483	\$17.820	\$68.096	\$13.619	\$72.297	\$110.914	\$699.906	210,05
11	\$97.019	\$0	\$10.797	\$17.820	\$68.402	\$13.680	\$72.542	\$114.805	\$835.249	231,33
12	\$94.780	\$0	\$11.121	\$17.820	\$65.839	\$13.168	\$70.491	\$121.654	\$970.016	252,52
13	\$125.303	\$0	\$11.455	\$17.820	\$96.028	\$19.206	\$94.643	\$85.951	\$1.092.991	271,85
14	\$102.530	\$0	\$11.798	\$17.820	\$72.911	\$14.582	\$76.149	\$102.530	\$1.211.119	290,43
15	\$102.292	\$0	\$12.152	\$17.820	\$72.319	\$14.464	\$75.676	\$128.580	\$1.342.223	311,04
16	\$102.805	\$0	\$12.517	\$17.820	\$72.468	\$14.494	\$75.795	\$133.090	\$1.472.393	331,51
17	\$99.999	\$0	\$12.892	\$17.820	\$69.286	\$13.857	\$73.249	\$141.030	\$1.602.035	351,89
18	\$145.261	\$0	\$13.279	\$17.820	\$114.162	\$22.832	\$109.149	\$99.640	\$1.724.677	371,18
19	\$118.860	\$0	\$13.677	\$17.820	\$87.362	\$17.472	\$87.710	\$118.860	\$1.842.481	389,70
20	\$108.048	\$0	\$14.088	\$17.820	\$76.140	\$15.228	\$78.733	\$149.059	\$1.968.604	409,53
21	\$108.414	\$0	\$14.510	\$17.820	\$76.084	\$15.217	\$78.687	\$154.288	\$2.093.840	429,22
22	\$104.927	\$0	\$14.946	\$17.820	\$72.161	\$14.432	\$75.549	\$163.492	\$2.218.594	448,84
23	\$158.749	\$0	\$15.394	\$17.820	\$125.535	\$25.107	\$118.248	\$115.511	\$2.337.037	467,46
24	\$137.791	\$0	\$15.856	\$17.820	\$104.115	\$20.823	\$101.112	\$137.791	\$2.454.562	485,94
25	\$113.524	\$0	\$16.331	\$17.820	\$79.373	\$15.875	\$81.318	\$172.801	\$2.575.931	505,02

Yıllık mahsuplaşmaya göre satış kısıtlamalı 1.060.000 \$ maliyetli 1 MWp lisanssız GES yatırımının net bugünkü değeri 2.284.158 \$, santralin kendini amorti süresi 7,8 yıl, yatırımın geri dönüşü %215,49, iç karlılık oranı %15,4 ve seviyelendirilmiş enerji maliyeti 0,102 \$/kWh'tir (Tablo 4.17).

636.000 \$ maliyetli 600 kWp lisanssız GES projesinin yıllık mahsuplaşmaya göre finansal metrikleri ise; net bugünkü değer 2.575.931 \$, geri ödeme süresi 4,7 yıl, yatırımın geri dönüşü %402,02, iç karlılık oranı %24,74 ve seviyelendirilmiş enerji maliyeti 0,065 \$/kWh olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.18).



Şekil 4.18 Santrallerin aylık ve yıllık mahsuplaşmaya göre toplam enerji akışları



Şekil 4.19 Santrallerin aylık ve yıllık mahsuplaşmaya göre nakit akışları

Şekil 4.18’de grafikte hem 1 MWp hem de 600 kWp gücündeki güneş enerjisi santrallerinin, satış kısıtlaması varken aylık ve yıllık mahsuplaşma şekillerine göre toplam enerji akışları gösterilmiştir. Yıllık mahsuplaşmada 1 MWp santralin 392 MWh daha fazla elektrik satışı gerçekleştirdiği, aynı şekilde 600 kWp santralin de daha fazla satış yapmakla beraber, 300,2 MWh faturalandırılmış tüketiminin yıllık mahsuplaşmada sıfıra inmiştir. Şekil 4.19’da iki santral için de aylık ve yıllık mahsuplaşmaya göre kümülatif nakit akışları verilmiştir. Arada çok yüksek bir fark olmamasına rağmen yıllık mahsuplaşmanın daha karlı olduğu görülmektedir. Yıllık mahsuplaşmanın özellikle yılın belli dönemlerimde tatil veya bayram gibi nedenlerle tüketimi duran veya çok azalan tesisler için cazip bir mahsuplaşma türü olduğu anlaşılmaktadır.

4.6.7 Tam Şebeke Satış Kısıtı Durumu

Bu bölümde lisanssız santralin şebekeye elektrik satışının tamamen kısıtlandığı varsayımıyla, ürettiği ihtiyaç fazlası elektriğin tamamının şebekeye bedelsiz verildiği durumda 1 MWp santral yatırımının finansal durumu incelenmiştir. 25 sene boyunca elektrik satışı geliri olmadan sadece fatura tasarruflarına göre elde edilen ekonomik analiz sonuçları Tablo 4.19’da verilmiştir.

Tablo 4.19 1 MWp GES’in tam satış kısıtlaması halinde ekonomik analizi

1 MWp Kurulu Gücündeki Lisanssız GES’in Detaylı Ekonomik Analizi (Şebeke Elektrik Satışı Yok)										
Yıllar	Elektrik Satış	Kurulum Maliyeti	İşletme Giderleri	Amortisman Ödeneği	Vergiye Tabi Gelir	Vergi	Vergi Sonrası Net Kar	Fatura Tasarrufu	Kümülatif Kar	Geri Ödeme %
0	\$0	\$1.060.000	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	-\$1.060.000	0,00
1	\$0	\$0	\$13.390	\$29.580	\$0	\$0	-\$13.390	\$85.426	-\$990.063	6,60
2	\$0	\$0	\$13.792	\$29.580	\$0	\$0	-\$13.792	\$90.522	-\$917.737	13,42
3	\$0	\$0	\$14.205	\$29.580	\$0	\$0	-\$14.205	\$63.955	-\$872.209	17,72
4	\$0	\$0	\$14.632	\$29.580	\$0	\$0	-\$14.632	\$76.292	-\$817.425	22,88
5	\$0	\$0	\$15.071	\$29.580	\$0	\$0	-\$15.071	\$95.676	-\$747.894	29,44
6	\$0	\$0	\$15.523	\$29.580	\$0	\$0	-\$15.523	\$99.032	-\$677.957	36,04
7	\$0	\$0	\$15.988	\$29.580	\$0	\$0	-\$15.988	\$104.939	-\$605.631	42,86
8	\$0	\$0	\$16.468	\$29.580	\$0	\$0	-\$16.468	\$74.142	-\$560.103	47,16
9	\$0	\$0	\$16.962	\$29.580	\$0	\$0	-\$16.962	\$88.443	-\$505.319	52,33
10	\$0	\$0	\$17.471	\$29.580	\$0	\$0	-\$17.471	\$110.914	-\$435.788	58,89
11	\$0	\$0	\$17.995	\$29.580	\$0	\$0	-\$17.995	\$114.805	-\$365.851	65,49
12	\$0	\$0	\$18.535	\$29.580	\$0	\$0	-\$18.535	\$121.654	-\$293.526	72,31
13	\$0	\$0	\$19.091	\$29.580	\$0	\$0	-\$19.091	\$85.951	-\$247.997	76,60
14	\$0	\$0	\$19.664	\$29.580	\$0	\$0	-\$19.664	\$102.530	-\$193.213	81,77
15	\$0	\$0	\$20.254	\$29.580	\$0	\$0	-\$20.254	\$128.580	-\$123.683	88,33
16	\$0	\$0	\$20.861	\$29.580	\$0	\$0	-\$20.861	\$133.090	-\$53.745	94,93
17	\$0	\$0	\$21.487	\$29.580	\$0	\$0	-\$21.487	\$141.030	\$18.580	101,75
18	\$0	\$0	\$22.132	\$29.580	\$0	\$0	-\$22.132	\$99.640	\$64.108	106,05
19	\$0	\$0	\$22.796	\$29.580	\$0	\$0	-\$22.796	\$118.860	\$118.893	111,22
20	\$0	\$0	\$23.479	\$29.580	\$0	\$0	-\$23.479	\$149.059	\$188.423	117,78
21	\$0	\$0	\$24.184	\$29.580	\$0	\$0	-\$24.184	\$154.288	\$258.361	124,37
22	\$0	\$0	\$24.909	\$29.580	\$0	\$0	-\$24.909	\$163.492	\$330.686	131,20
23	\$0	\$0	\$25.657	\$29.580	\$0	\$0	-\$25.657	\$115.511	\$376.214	135,49
24	\$0	\$0	\$26.426	\$29.580	\$0	\$0	-\$26.426	\$137.791	\$430.998	140,66
25	\$0	\$0	\$27.219	\$29.580	\$0	\$0	-\$27.219	\$172.801	\$500.529	147,22

Analiz sonuçlarına göre 1.060.000 \$ kurulum maliyetli 1 MWp kapasiteli lisanssız GES'in net bugünkü değeri 500.529 \$'dır. Yatırım geri ödeme süresi 16,7 yıl, yatırımın geri dönüşü %47,22, iç karlılık oranı %6,3 ve seviyelendirilmiş enerji maliyeti 0,208 \$/kWh olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar şebekeye satış olmaması durumunda 1 MWp santralin elektrik ihtiyacını karşıladığından dolayı hala net bugünkü değerinin pozitif olduğunu fakat fayda maliyet değerlendirmesine göre alternatif bir yatırımın çok daha iyi bir seçenek olabileceğini göstermektedir.

Tam şebeke satış kısıtı şartlarında 1 MWp kapasitesinde yeniden boyutlandırma yapılarak, tüketim tesisinin yıllık ortalama 382,5 MWh elektrik ihtiyacına göre en uygun santral boyutu 300 kWp olarak elde edilmiştir. PVsyst'te tasarlanan 300 kWp santralin ilk sene sonundaki üretim verileri Tablo 4.20'de verilmiştir.

Tablo 4.20 Tam satış kısıtına göre en uygun kapasiteli 300 kWp GES'in PVsyst simülasyon sonuçları

Davutpaşa 300 kWp Güneş Enerjisi Santrali (Tam Satış Kısıtı)
Balances and main results

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray kWh	E_Grid kWh	PR ratio
January	50.6	24.97	6.27	78.8	76.4	21967	21608	0.915
February	59.9	37.88	6.61	77.2	74.7	21485	21146	0.914
March	104.1	61.08	9.14	121.4	117.2	33239	32710	0.899
April	143.8	74.65	12.68	155.0	149.6	41758	41070	0.883
May	194.0	76.56	18.11	193.7	187.1	50572	49674	0.855
June	212.8	83.76	22.87	204.1	197.0	52359	51418	0.840
July	213.9	77.39	26.41	208.8	201.6	52593	51591	0.824
August	183.8	73.89	26.64	195.8	189.2	49413	48480	0.826
September	132.4	57.21	21.83	155.5	150.2	40077	39370	0.844
October	82.8	47.45	17.02	105.9	102.5	28291	27842	0.876
November	50.6	31.02	12.64	71.6	69.3	19534	19233	0.896
December	41.1	27.33	8.38	59.5	57.6	16509	16258	0.912
Year	1469.9	673.18	15.77	1627.2	1572.4	427795	420403	0.862

Simulasyona göre 300 kWp santralin 1.yılı sonunda toplam 420403 kWh elektrik üretimi gerçekleştirilmiştir. İlk sene sonunda yıllık %0,8 yaşlanma olacağı hesabıyla 25 senelik ortalama üretim yılda yaklaşık 382,5 MWh'tır. 300 kWp kurulu gücündeki santralin tasarımında 882 adet PV modül ve 2 adet string inverter kullanılmıştır. Santralin kurulum maliyeti 318.000 \$ ve işletme bakım maliyeti 3900 \$'dır. Buna göre Tablo 4.21'de verilen ekonomik analizden, hiç şebeke elektrik satışı yapılmadığı durumda 300 kWp santral yatırımının net bugünkü değeri 1.059.774 \$ olarak bulunmuştur. Ayrıca yatırım geri ödeme süresi 5,6 yıl,

yatırımın geri dönüşü %333,26, iç karlılık oranı %10,5 ve seviyelendirilmiş enerji maliyeti 0,080 \$/kWh olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.21 300 kWp GES'in tam satış kısıtlaması halinde ekonomik analizi

300 kWp Kurulu Gücündeki Lisanssız GES'in Detaylı Ekonomik Analizi (Şebeke Elektrik Satışı Yok)										
Yıllar	Elektrik Satış	Kurulum Maliyeti	İşletme Giderleri	Amortisman Ödeneği	Vergiye Tabi Gelir	Vergi	Vergi Sonrası Net Kar	Fatura Tasarrufu	Kümülatif Kar	Geri Ödeme %
0	\$0	\$318.000	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	-\$318.000	0,00
1	\$0	\$0	\$4.017	\$9.000	\$0	\$0	-\$4.017	\$67.040	-\$256.812	19,24
2	\$0	\$0	\$4.138	\$9.000	\$0	\$0	-\$4.138	\$73.312	-\$191.609	39,75
3	\$0	\$0	\$4.262	\$9.000	\$0	\$0	-\$4.262	\$52.647	-\$147.330	53,67
4	\$0	\$0	\$4.389	\$9.000	\$0	\$0	-\$4.389	\$64.561	-\$93.868	70,48
5	\$0	\$0	\$4.521	\$9.000	\$0	\$0	-\$4.521	\$74.869	-\$33.185	89,56
6	\$0	\$0	\$4.657	\$9.000	\$0	\$0	-\$4.657	\$76.433	\$26.926	108,47
7	\$0	\$0	\$4.797	\$9.000	\$0	\$0	-\$4.797	\$83.675	\$91.061	128,64
8	\$0	\$0	\$4.940	\$9.000	\$0	\$0	-\$4.940	\$60.276	\$134.744	142,37
9	\$0	\$0	\$5.089	\$9.000	\$0	\$0	-\$5.089	\$73.796	\$187.402	158,93
10	\$0	\$0	\$5.241	\$9.000	\$0	\$0	-\$5.241	\$85.393	\$247.043	177,69
11	\$0	\$0	\$5.399	\$9.000	\$0	\$0	-\$5.399	\$87.175	\$306.120	196,26
12	\$0	\$0	\$5.560	\$9.000	\$0	\$0	-\$5.560	\$95.540	\$369.230	216,11
13	\$0	\$0	\$5.727	\$9.000	\$0	\$0	-\$5.727	\$68.870	\$412.227	229,63
14	\$0	\$0	\$5.899	\$9.000	\$0	\$0	-\$5.899	\$84.383	\$464.114	245,95
15	\$0	\$0	\$6.076	\$9.000	\$0	\$0	-\$6.076	\$97.434	\$522.753	264,39
16	\$0	\$0	\$6.258	\$9.000	\$0	\$0	-\$6.258	\$99.466	\$580.837	282,65
17	\$0	\$0	\$6.446	\$9.000	\$0	\$0	-\$6.446	\$108.922	\$642.837	302,15
18	\$0	\$0	\$6.639	\$9.000	\$0	\$0	-\$6.639	\$78.509	\$685.053	315,43
19	\$0	\$0	\$6.839	\$9.000	\$0	\$0	-\$6.839	\$96.312	\$736.078	331,47
20	\$0	\$0	\$7.044	\$9.000	\$0	\$0	-\$7.044	\$111.215	\$793.755	349,61
21	\$0	\$0	\$7.255	\$9.000	\$0	\$0	-\$7.255	\$113.146	\$850.677	367,51
22	\$0	\$0	\$7.473	\$9.000	\$0	\$0	-\$7.473	\$123.943	\$911.462	386,62
23	\$0	\$0	\$7.697	\$9.000	\$0	\$0	-\$7.697	\$89.532	\$952.927	399,66
24	\$0	\$0	\$7.928	\$9.000	\$0	\$0	-\$7.928	\$109.759	\$1.003.021	415,42
25	\$0	\$0	\$8.166	\$9.000	\$0	\$0	-\$8.166	\$126.995	\$1.059.774	433,26

5 SONUÇ

Bu çalışma, Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği'nde geçtiğimiz sene yapılan elektrik satışına getirilen düzenlemelerin bir güneş enerjisi santrali yatırımı üzerindeki finansal etkisini ve şebekeye elektrik satış kısıtlaması durumunda santral kurulu güç kapasitesinin nasıl belirlenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Çalışmada ilk olarak kısıtlama öncesinde mevzuatın 5.1.c maddesine göre belirlenebilecek maksimum 1 MWp kurulu güç kapasitesi ile en yüksek üretim getirisini elde edebilecek PV santralini tasarımı gerçekleştirilerek ihtiyaç fazlası tüm elektriğin satışa konu edildiği, yani eski yönetmelik şartlarına göre finansal analizi yapılmıştır. Sonrasında şebeke satış kısıtlaması kurallarına göre yeni durum için aynı santralin mahsuplaşma sonrası satışa konu elektrik miktarları belirlenerek finansal analiz tekrarlanmıştır. Düzenlemenin ardından aynı yatırımın kaybettiği

değer ve finansal metriklerindeki ciddi düşüşler Tablo 5.1’de gösterilmiştir. Aradaki fark ortaya konduktan sonra yeni durumda tüketim tesisinin ihtiyaçlarına göre en uygun kurulu güce sahip santral kapasitesi belirlenerek, hem tüketim ihtiyaçlarını karşılayabilecek hem de satış limitleri dahilinde maksimum enerjiyi şebekeye satabilecek GES tasarımı gerçekleştirilmiştir. 600 kWp olarak belirlenen yeniden boyutlandırılmış kapasiteye göre yatırımın finansal analiz sonuçları ve toplam enerji akışları yine Tablo 5.1’de verilmiştir.

Tablo 5.1 Mevzuattaki şebeke elektrik satış durumlarına göre maksimum ve optimal kapasiteli santral yatırımlarının finansal metrikleri ve enerji akışlarını

Lisanssız Yönetmelik	Eski (Satış Kısıtı Yok)	Yeni (Satış Kısıtı Var)	Yeni (Satış Kısıtı Var)
Kurulu Güç	1 MWp	1 MWp	600 kWp
Kurulum Maliyeti (\$)	\$1.060.000	\$1.060.000	\$636.000
Net Bugünkü Değer (\$)	\$4.183.915	\$2.222.385	\$2.500.631
LCOE (\$/kWh)	0,062	0,102	0,065
Geri Ödeme Süresi (Yıl)	4,7	7,9	4,9
İç Verim Oranı %	24,48%	15,16%	24,11%
Yatırımın Geri Dönüşü %	394,71%	209,66%	393,18%
Üretim (MWh)	31.876,9	31.876,9	19.142,2
Tüketim (MWh)	9.571,2	9.571,2	9.571,2
Satış (MWh)	22.305,6	9.859,4	8.909,8
Bedelsiz Veriş (MWh)	0,0	12.446,3	961,4
Faturalandırılmış (MWh)	0,0	0,0	300,2

Santral kapasitesinin yeniden boyutlandırılmasıyla yaklaşık %40 daha az enerji üretimine rağmen, şebekeye satılan elektrik 1 MWp’lik GES’e kıyasla yalnızca %9,6 oranında azalmıştır. Buna karşılık şebekeye bedelsiz verilen elektrik 12.446,3

MWh'ten 961,4 kWh'a düşmüştür. Ekonomik analiz sonuçlarına göre, yatırımın net bugünkü değeri satış kısıtlamalı 1 MWp'lık yatırımının üzerine çıkmıştır. Doğru kurulu güç kapasite seçimi sonrası; satış kısıtlaması olmadığı durumdaki seviyelendirilmiş enerji maliyeti, yatırım getirisi, iç karlılık oranı ve geri ödeme süresi değerleriyle hemen hemen aynı değerlere ulaşılması optimal kapasite boyutlandırmanın etkisini finansal olarak da kanıtlanmıştır.

Çalışmanın devamında farklı tüketim, mahsuplaşma ve kısıtlama senaryolarına göre analizler derinleştirilmiştir. Sabit tüketim senaryosuna göre yapılan mahsuplaşmanın gerçek duruma kıyasla daha karlı bir durum olduğu bulunmuştur. Mevsimlik tüketim senaryoları, yazlık ve kışlık artan tüketimler şeklinde tüketim profilleri oluşturularak incelenmiştir. Yazın artan tüketim senaryosunun gerçek ve kışlık profillere göre getirisi daha fazla olmuştur. Kışlık artan tüketim durumunda ise santral yatırımının getirisi, diğer senaryolara göre kısmen daha düşük kalmıştır. Yaz ve kış aylarındaki tüketim değerleri arasındaki fark arttıkça nakit akışları arasındaki farklar artacaktır. Bir diğer vakada aylık mahsuplaşma yerine yıllık mahsuplaşmanın yapılması durumunda hem 1 MWp hem de 600 kWp optimal kapasiteli santraller için satışa konu enerji miktarları artmıştır. Ayrıca yıllık mahsuplaşmayla, 600 kWp santralin son yıllarında panel yaşlanma faktöründen dolayı düşen üretimi yüzünden şebekeden çektiği 300,2 MWh elektrik faturası sıfırlanmıştır. Bu şekilde yıllık mahsuplaşmayla hem satışa konu elektrik miktarı hem de fatura tasarruf miktarları artarak, yatırımın finansal değerini yükseldiği görülmüştür. Son olarak şebekeye elektrik satışının tamamen kısıtlandığı duruma göre 1 MWp santralin fayda maliyet açısından değersiz olduğu, sadece tüketim ihtiyaçlarına göre yeniden boyutlandırılarak tasarlanan 300 kWp santral kurulu gücündeki santralin finansal açıdan iyi bir yatırım olduğu bulunmuştur.

Genel olarak bakıldığında, yeni mevzuat düzenlemeleri çerçevesince Türkiye'deki lisanssız güneş enerji santrallerinin üretim kapasitelerinin; santralle ilişkilendirilen tüketim tesisinin elektrik tüketim gereksinimlerine ve profiline uygun olarak titizlikle analiz edilerek kurulu gücün belirlenmesi zorunlu hale gelmiştir. EPDK'nın aldığı enerji satış kısıtlaması kararı, lisanssız üretim yönetmeliğinin temel amacı olan tüketim ihtiyacının karşılanması amacına uygun görünmektedir. Ancak 2019 yılından sonra kurulmuş olan tüm santrallere bu kısıtlamaların getirilmesi, mevcut birçok santral yatırımını olumsuz etkileyecektir. Çünkü

11/08/2022 tarihine kadar lisanssız güneş enerjisi santralleri çoğu yatırımcı tarafından elektrik ihtiyacını karşılamaktan ziyade karlı bir yatırım ve para kazanma yolu olarak görülüyordu. Ancak bu çalışmada şebeke satış kısıtlamaları olsa bile, tüketim ihtiyaçlarına göre üretim kapasitesi iyi belirlenmiş lisanssız güneş enerji santrallerinin hala iyi bir yatırım olabileceğini göstermektedir.



- [1] R. Ohl, “Light sensitive device,U.S. Patent,” 2.402.662, 1946
- [2] M. A. Bănică, “Energy Harvesting from Renewable Energy Sources,” 2020, pp. 247–254. doi: 10.1007/978-3-030-26991-3_23.
- [3] BP, “BP Statistical Review of World Energy 2022,(71st edition),” <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>, pp. 1–60, 2022, [Online]. Available: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>
- [4] IEA(c), “Global Energy and Climate Model,” p. 129 p., 2022.
- [5] REN21, *Renewables 2022 Global Status*. 2022. [Online]. Available: <https://www.ren21.net/gsr-2022/>
- [6] U. Kılıç and B. Kekezoğlu, “A review of solar photovoltaic incentives and Policy: Selected countries and Turkey,” *Ain Shams Eng. J.*, vol. 13, no. 5, 2022, doi: 10.1016/j.asej.2021.101669.
- [7] YEKDEM, *YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ BELGELENDİRİLMESİ VE DESTEKLENMESİNE İLİŞKİN YÖNETMELİK*, Sayı : 28001, 21.07.2011. Türkiye. [Online]. Available: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/07/20110721-6.htm>
- [8] TEIAS, “Installed capacity report of Turkey,” p. 2022, 2022.
- [9] T.C., *ELEKTRİK PİYASASI KANUNU*. Türkiye. [Online]. Available: <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuatmetin/1.5.6446.pdf>
- [10] EPDK, *Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği*. [Online]. Available: <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=18985&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>
- [11] EPDK, “Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimi.” [Online]. Available: <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-92/elektriklisanssiz-uretim>
- [12] EPDK, “Yeni Lisanssız Elektrik Üretimi Yönetmeliği.” [Online]. Available: <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/2-12744/yeni-lisanssiz-elektrik-uretimi-yonetmeliği-...>
- [13] J. D. Rhodes, C. R. Upshaw, W. J. Cole, C. L. Holcomb, and M. E. Webber, “A multi-objective assessment of the effect of solar PV array orientation and tilt on energy production and system economics,” *Sol. Energy*, vol. 108, pp. 28–40, Oct. 2014, doi: 10.1016/j.solener.2014.06.032.
- [14] A. Durusu, “FOTOVOLTAİK GÜNEŞ SANTRAL TASARIMI VE SAHA OPTİMİZASYONU İÇİN YENİ BİR YAKLAŞIM,” Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, 2016.
- [15] A. K. Yadav and S. S. Chandel, “Tilt angle optimization to maximize

- incident solar radiation: A review,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 23, pp. 503–513, Jul. 2013, doi: 10.1016/j.rser.2013.02.027.
- [16] S. Memme and M. Fossa, “Maximum energy yield of PV surfaces in France and Italy from climate based equations for optimum tilt at different azimuth angles,” *Renew. Energy*, vol. 200, pp. 845–866, Nov. 2022, doi: 10.1016/j.renene.2022.10.019.
- [17] G. Makrides, B. Zinsser, M. Norton, G. E. Georghiou, M. Schubert, and J. H. Werner, “Potential of photovoltaic systems in countries with high solar irradiation,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 14, no. 2, pp. 754–762, Feb. 2010, doi: 10.1016/j.rser.2009.07.021.
- [18] J. Mubiru and E. J. K. B. Banda, “Estimation of monthly average daily global solar irradiation using artificial neural networks,” *Sol. Energy*, vol. 82, no. 2, pp. 181–187, Feb. 2008, doi: 10.1016/j.solener.2007.06.003.
- [19] M. ŞEKER, “Yapay Sinir Ağı (YSA) Kullanılarak Meteorolojik Verilere Dayalı Solar Radyasyon tahmini,” *Deu Muhendis. Fak. Fen ve Muhendis.*, vol. 23, no. 69, pp. 923–935, Sep. 2021, doi: 10.21205/deufmd.2021236920.
- [20] K. E. N'Tsoukpoe, “Effect of orientation and tilt angles of solar collectors on their performance: Analysis of the relevance of general recommendations in the West and Central African context,” *Sci. African*, vol. 15, p. e01069, Mar. 2022, doi: 10.1016/j.sciaf.2021.e01069.
- [21] E. Sağlam, “FOTOVOLTAİK SANTRALLERİN KURULUM AŞAMALARI VE İŞLETİMDEKİ SANTRALLERİN GERÇEKLEŞEN ÜRETİM DEĞERLERİNİN SİMULASYON SONUÇLARI İLE KARŞILAŞTIRILMASI,” Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 2018.
- [22] K. S. Hayibo and J. M. Pearce, “Optimal inverter and wire selection for solar photovoltaic fencing applications,” *Renew. Energy Focus*, vol. 42, pp. 115–128, Sep. 2022, doi: 10.1016/j.ref.2022.06.006.
- [23] A. Guenounou, A. Malek, and M. Aillerie, “Comparative performance of PV panels of different technologies over one year of exposure: Application to a coastal Mediterranean region of Algeria,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 114, pp. 356–363, Apr. 2016, doi: 10.1016/j.enconman.2016.02.044.
- [24] A. Allouhi, S. Rehman, M. S. Buker, and Z. Said, “Up-to-date literature review on Solar PV systems: Technology progress, market status and R&D,” *J. Clean. Prod.*, vol. 362, p. 132339, Aug. 2022, doi: 10.1016/j.jclepro.2022.132339.
- [25] B. A. Nieto-Díaz, A. F. Crossland, and C. Groves, “A levelized cost of energy approach to select and optimise emerging PV technologies: The relative impact of degradation, cost and initial efficiency,” *Appl. Energy*, vol. 299, p. 117302, Oct. 2021, doi: 10.1016/j.apenergy.2021.117302.
- [26] M. A. Fazal and S. Rubaiee, “Progress of PV cell technology: Feasibility of building materials, cost, performance, and stability,” *Sol. Energy*, vol. 258, pp. 203–219, Jul. 2023, doi: 10.1016/j.solener.2023.04.066.
- [27] K. Mohammadi and H. Khorasanizadeh, “A review of solar radiation on vertically mounted solar surfaces and proper azimuth angles in six Iranian

- major cities,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 47, pp. 504–518, Jul. 2015, doi: 10.1016/j.rser.2015.03.037.
- [28] N. Varga and M. J. Mayer, “Model-based analysis of shading losses in ground-mounted photovoltaic power plants,” *Sol. Energy*, vol. 216, pp. 428–438, Mar. 2021, doi: 10.1016/j.solener.2021.01.047.
- [29] S. Stevanović and M. Pucar, “Investment appraisal of a small, grid-connected photovoltaic plant under the Serbian feed-in tariff framework,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 16, no. 3, pp. 1673–1682, 2012, doi: 10.1016/j.rser.2011.11.036.
- [30] R. Rachchh, M. Kumar, and B. Tripathi, “Solar photovoltaic system design optimization by shading analysis to maximize energy generation from limited urban area,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 115, pp. 244–252, May 2016, doi: 10.1016/j.enconman.2016.02.059.
- [31] C. Saiprakash, A. Mohapatra, B. Nayak, and S. R. Ghatak, “Analysis of partial shading effect on energy output of different solar PV array configurations,” *Mater. Today Proc.*, vol. 39, pp. 1905–1909, 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2020.08.307.
- [32] A. Vasel and F. Iakovidis, “The effect of wind direction on the performance of solar PV plants,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 153, pp. 455–461, Dec. 2017, doi: 10.1016/j.enconman.2017.09.077.
- [33] R. D. Jilte, S. B. Kedare, and J. K. Nayak, “Investigation on Convective Heat Losses from Solar Cavities under Wind Conditions,” *Energy Procedia*, vol. 57, pp. 437–446, 2014, doi: 10.1016/j.egypro.2014.10.197.
- [34] A. Massi Pavan, A. Mellit, and D. De Pieri, “The effect of soiling on energy production for large-scale photovoltaic plants,” *Sol. Energy*, vol. 85, no. 5, pp. 1128–1136, May 2011, doi: 10.1016/j.solener.2011.03.006.
- [35] M. Díez-Mediavilla, C. Alonso-Tristán, M. C. Rodríguez-Amigo, T. García-Calderón, and M. I. Dieste-Velasco, “Performance analysis of PV plants: Optimization for improving profitability,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 54, no. 1, pp. 17–23, Feb. 2012, doi: 10.1016/j.enconman.2011.09.013.
- [36] E. Aslan, “LİSANSSIZ GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALLERİNDE ÜRETİM KAYIPLARININ ANALİZİ,” Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, 2023.
- [37] A. K. Podder, N. K. Roy, and H. R. Pota, “MPPT methods for solar PV systems: a critical review based on tracking nature,” *IET Renew. Power Gener.*, vol. 13, no. 10, pp. 1615–1632, Jul. 2019, doi: 10.1049/iet-rpg.2018.5946.
- [38] D. Verma, S. Nema, A. M. Shandilya, and S. K. Dash, “Maximum power point tracking (MPPT) techniques: Recapitulation in solar photovoltaic systems,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 54, pp. 1018–1034, Feb. 2016, doi: 10.1016/j.rser.2015.10.068.
- [39] M. García, J. M. Maruri, L. Marroyo, E. Lorenzo, and M. Pérez, “Partial shadowing, MPPT performance and inverter configurations: observations at tracking PV plants,” *Prog. Photovoltaics Res. Appl.*, vol. 16, no. 6, pp. 529–536, Sep. 2008, doi: 10.1002/pip.833.

- [40] A. S. Ahmed, B. A. Abdullah, and W. G. A. Abdelaal, "MPPT algorithms: Performance and evaluation," in *2016 11th International Conference on Computer Engineering & Systems (ICCES)*, IEEE, Dec. 2016, pp. 461–467. doi: 10.1109/ICCES.2016.7822048.
- [41] Energypedia, "Feed-in Tariffs (FIT)." [Online]. Available: [https://energypedia.info/wiki/Feed-in_Tariffs_\(FIT\)#Germany](https://energypedia.info/wiki/Feed-in_Tariffs_(FIT)#Germany)
- [42] H. T. T. Le, E. R. Sanseverino, D. Q. Nguyen, M. L. Di Silvestre, S. Favuzza, and M. H. Pham, "Critical Assessment of Feed-In Tariffs and Solar Photovoltaic Development in Vietnam," *Energies*, vol. 15, no. 2, pp. 1–20, 2022, doi: 10.3390/en15020556.
- [43] H. Lan, B. Cheng, Z. Gou, and R. Yu, "An evaluation of feed-in tariffs for promoting household solar energy adoption in Southeast Queensland, Australia," *Sustain. Cities Soc.*, vol. 53, no. July 2019, p. 101942, 2020, doi: 10.1016/j.scs.2019.101942.
- [44] M. Castaneda, S. Zapata, J. Cherni, A. J. Aristizabal, and I. Dyrer, "The long-term effects of cautious feed-in tariff reductions on photovoltaic generation in the UK residential sector," *Renew. Energy*, vol. 155, pp. 1432–1443, 2020, doi: 10.1016/j.renene.2020.04.051.
- [45] A. Pyrgou, A. Kylili, and P. A. Fokaides, "The future of the Feed-in Tariff (FiT) scheme in Europe: The case of photovoltaics," *Energy Policy*, vol. 95, pp. 94–102, Aug. 2016, doi: 10.1016/j.enpol.2016.04.048.
- [46] L. Dusonchet and E. Telaretti, "Comparative economic analysis of support policies for solar PV in the most representative EU countries," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 42, pp. 986–998, Feb. 2015, doi: 10.1016/j.rser.2014.10.054.
- [47] A. H. Schleifer, C. A. Murphy, W. J. Cole, and P. L. Denholm, "The evolving energy and capacity values of utility-scale PV-plus-battery hybrid system architectures," *Adv. Appl. Energy*, vol. 2, p. 100015, May 2021, doi: 10.1016/j.adapen.2021.100015.
- [48] F. El Hamdani, S. Vaudreuil, S. Abderafi, and T. Bounahmidi, "Determination of design parameters to minimize LCOE, for a 1 MWe CSP plant in different sites," *Renew. Energy*, vol. 169, pp. 1013–1025, 2021, doi: 10.1016/j.renene.2021.01.060.
- [49] "Solar Radiation Outside the Earth's Atmosphere." [Online]. Available: <https://www.pveducation.org/pvcdrom/properties-of-sunlight/solar-radiation-outside-the-earths-atmosphere>
- [50] A. Iv, "Measuring the Solar Constant," pp. 27–29.
- [51] "SRRL: An overview of the Solar Radiation Research Laboratory." [Online]. Available: <https://www.nrel.gov/srri>
- [52] "Meteoroloji Genel Müdürlüğü." [Online]. Available: <https://www.mgm.gov.tr/genel/meteorolojiyegir.aspx?s=7>
- [53] Wikipedia, "Güneş geometrisi." [Online]. Available: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sungeometry.png>
- [54] M. Gilbert, *Renewable and efficient electric power system*, 2nd ed. New

York: Wiley and Sons, 2004.

- [55] Prof. Dr. Olcay KINCAI, “Yıldız Teknik Üniversitesi, Güneş Enerjisi Ders Notları.”
- [56] R. Meyer, M. Schlecht, K. Chhatbar, and S. Weber, “Solar resources for concentrating solar power systems,” in *Concentrating Solar Power Technology*, Elsevier, 2021, pp. 73–98. doi: 10.1016/B978-0-12-819970-1.00014-1.
- [57] Dennis L. Hartmann, *Global Physical Climatology*. Cambridge University Press, 1994.
- [58] “Zenith Angle.” [Online]. Available: <https://www.pveducation.org/pvcdrom/properties-of-sunlight/elevation-angle>
- [59] Abdul Ghani Olabi, Ed., *Renewable Energy - Volume 1: Solar, Wind, and Hydropower: Definitions, Developments, Applications, Case Studies, and Modelling and Simulation*. Academic Press.
- [60] Prof. Dr. H. Hüseyin Öztürk, *Yenilenebilir Enerji Kaynakları*. BİRSEN Yayınevi, 2008.
- [61] E. İşen and Ö. Koçhan, “Fotovoltaik Panelin Tek Diyotlu Modellenmesi,” *Mühendislik Bilim. ve Araştırma Derg.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–10, 2020.
- [62] T. Ikegami, T. Maezono, F. Nakanishi, Y. Yamagata, and K. Ebihara, “Estimation of equivalent circuit parameters of PV module and its application to optimal operation of PV system,” *Sol. Energy Mater. Sol. Cells*, vol. 67, no. 1–4, pp. 389–395, Mar. 2001, doi: 10.1016/S0927-0248(00)00307-X.
- [63] F. A. Lindholm, J. G. Fossum, and E. L. Burgess, “Application of the superposition principle to solar-cell analysis,” *IEEE Trans. Electron Devices*, vol. 26, no. 3, pp. 165–171, doi: 10.1109/T-ED.1979.19400.
- [64] “SEAWARD, How does temperature and irradiance affect I-V curves?” [Online]. Available: <https://www.seaward.com/gb/support/solar/faqs/00797-how-does-temperature-and-irradiance-affect-i-v-curves/>
- [65] Department of Energy, “Solar Photovoltaic Cell Basics.” [Online]. Available: <https://www.energy.gov/eere/solar/solar-photovoltaic-cell-basics>
- [66] S. Philipps, F. Ise, W. Warmuth, and P. Projects GmbH, “Distribution of cumulative solar photovoltaic installations worldwide as of 2021, by region [Graph]. In Statista,” no. February, p. 17, 2023, [Online]. Available: <https://www.statista.com/statistics/483609/solar-pv-installations-cumulative-share-worldwide-by-region/>
- [67] NREL, “Solar Photovoltaic Technology.” [Online]. Available: <https://www.nrel.gov/research/re-photovoltaics.html>
- [68] American Solar Energy Society, “Monocrystalline vs Polycrystalline Solar Panels.” [Online]. Available: <https://ases.org/monocrystalline-vs-polycrystalline-solar-panels/>
- [69] R. W. Collins *et al.*, “Evolution of microstructure and phase in amorphous,

- protocrystalline, and microcrystalline silicon studied by real time spectroscopic ellipsometry,” *Sol. Energy Mater. Sol. Cells*, vol. 78, no. 1–4, pp. 143–180, Jul. 2003, doi: 10.1016/S0927-0248(02)00436-1.
- [70] M. A. Kreiger, D. R. Shonnard, and J. M. Pearce, “Life cycle analysis of silane recycling in amorphous silicon-based solar photovoltaic manufacturing,” *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 70, pp. 44–49, Jan. 2013, doi: 10.1016/j.resconrec.2012.10.002.
- [71] Department of Energy, “Cadmium Telluride.” [Online]. Available: <https://www.energy.gov/eere/solar/cadmium-telluride>
- [72] P. Sinha, “Life cycle materials and water management for CdTe photovoltaics,” *Sol. Energy Mater. Sol. Cells*, vol. 119, pp. 271–275, Dec. 2013, doi: 10.1016/j.solmat.2013.08.022.
- [73] NREL, “Copper Indium Gallium Diselenide Solar Cells.” [Online]. Available: <https://www.nrel.gov/pv/copper-indium-gallium-diselenide-solar-cells.html>
- [74] PV Education, “CIGS Solar Cells Overview.” [Online]. Available: <https://www.pveducation.org/pvcdrom/cigs-solar-cells-overview>
- [75] T. Ameri, G. Dennler, C. Lungenschmied, and C. J. Brabec, “Organic tandem solar cells: A review,” *Energy Environ. Sci.*, vol. 2, no. 4, p. 347, 2009, doi: 10.1039/b817952b.
- [76] Department of Energy, “Perovskite Solar Cells.” [Online]. Available: <https://www.energy.gov/eere/solar/perovskite-solar-cells>
- [77] A. Mei *et al.*, “A hole-conductor-free, fully printable mesoscopic perovskite solar cell with high stability,” *Science (80-.)*, vol. 345, no. 6194, pp. 295–298, Jul. 2014, doi: 10.1126/science.1254763.
- [78] J. You *et al.*, “A polymer tandem solar cell with 10.6% power conversion efficiency,” *Nat. Commun.*, vol. 4, no. 1, p. 1446, Feb. , doi: 10.1038/ncomms2411.
- [79] NREL, “Organic Photovoltaic Solar Cells.” [Online]. Available: <https://www.nrel.gov/pv/organic-photovoltaic-solar-cells.html>
- [80] Solar Reviews, “Everything you need to know about organic solar cells.” [Online]. Available: <https://www.solarreviews.com/blog/organic-solar-cells>
- [81] TBMM, *YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİMİ AMAÇLI KULLANIMINA İLİŞKİN KANUN*. Türkiye, 2005. [Online]. Available: <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuatmetin/1.5.5346.pdf>
- [82] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, “Lisanssız Elektrik Üretimi.” [Online]. Available: <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-uretim-faaliyetleri-lisansiz-elektrik-uretimi>
- [83] Resmi Gazete Sayı:27774, “ELEKTRİK PİYASASINDA LİSANSSIZ ELEKTRİK ÜRETİMİNE İLİŞKİN YÖNETMELİK (Arşiv).” [Online]. Available: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/12/20101203-3.htm>
- [84] Resmî Gazete Sayı:28001, “ELEKTRİK PİYASASINDA LİSANSSIZ ELEKTRİK ÜRETİMİNE İLİŞKİN YÖNETMELİK (Arşiv).” [Online].

- Available: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/07/20110721-7.htm>
- [85] Resmî Gazete Sayı:28783, “ELEKTRİK PİYASASINDA LİSANSSIZ ELEKTRİK ÜRETİMİNE İLİŞKİN YÖNETMELİĞİN UYGULANMASINA DAİR TEBLİĞ (Arşiv).” [Online]. Available: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/10/20131002-6.htm>
- [86] EPDK, “Elektrik Piyasası Duyurular Listesi.” [Online]. Available: <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-0-1161/duyurular#>
- [87] Resmî Gazete Sayı:30772, “ELEKTRİK PİYASASINDA LİSANSSIZ ELEKTRİK ÜRETİM YÖNETMELİĞİ (Arşiv),” 2019, [Online]. Available: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/05/20190512-1.htm>
- [88] Resmî Gazete Sayı:31479, “ELEKTRİK PİYASASI LİSANS YÖNETMELİĞİNDE DEĞİŞİKLİK YAPILMASINA DAİR YÖNETMELİK,” 2021, [Online]. Available: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2021/05/20210509-4.htm>
- [89] Resmî Gazete Sayı:31920, “EPDK Kurul Kararı.” [Online]. Available: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2022/08/20220811-3.pdf>
- [90] “Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliğinde Yapılan Değişiklikler.” [Online]. Available: <https://www.solar.ist/elektrik-piyasasinda-lisanssiz-elektrik-uretim-yonetmeliginde-11-agustos-2022-tarihinde-yapilan-degisiklikler/>
- [91] EPDK, “11.08.2022 Tarihli Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği Mevzuat Değişikliğine İlişkin Duyuru.” [Online]. Available: <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/4-12766/11082022-tarihli-lisanssiz-elektrik-uretim-yone>
- [92] EPIAŞ, “Lisanssız Üretim Miktarı.” [Online]. Available: <https://seffaflik.epias.com.tr/transparency/uretim/yekdem/lisanssiz-uretim-miktari.xhtml>
- [93] Türkiye Elektrik İletim A.Ş., “TEİAŞ 2022 Yılı Faaliyet Raporu,” 2022.
- [94] Meteoroloji Genel Müdürlüğü, “Uydu Tabanlı Model Yardımı ile Global Güneş Radyasyonunun Tespiti.” [Online]. Available: <https://www.mgm.gov.tr/FTPDATA/arastirma/radyasyon/heliosat.pdf>
- [95] EİGM, “TÜRKİYE GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYEL ATLASI.” [Online]. Available: <https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/>
- [96] Ministry of Energy and Natural Resources, “Türkiye Ulusal Enerji Planı,” 2022, [Online]. Available: https://enerji.gov.tr/Media/Dizin/EİGM/tr/Raporlar/TUEP/Türkiye_Ulusal_Enerji_Planı.pdf
- [97] “PVsyst 7.4 Released 26.06.2023.” 2023. [Online]. Available: <https://www.pvsyst.com/>
- [98] “Google Earth Pro 7.3.6.” 2022. [Online]. Available: https://www.google.com/intl/tr_ALL/earth/about/versions/#earth-pro
- [99] GEPA, “GÜNGÖREN Global Radyasyon Değerleri ve Güneşlenme Süreleri.” [Online]. Available: <https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/pages/34.aspx>

- [100] A. Kaleshwarwar and S. Bahadure, "Validating the credibility of solar simulation tools using a real-world case study," *Energy Build.*, vol. 301, p. 113697, Dec. 2023, doi: 10.1016/j.enbuild.2023.113697.
- [101] "Meteonorm Version 8." [Online]. Available: <https://meteonorm.com/en/meteonorm-version-8>
- [102] R. Dubey, D. Joshi, and R. C. Bansal, "Optimization of Solar Photovoltaic Plant and Economic Analysis," *Electr. Power Components Syst.*, vol. 44, no. 18, pp. 2025–2035, Nov. 2016, doi: 10.1080/15325008.2016.1209706.
- [103] R. Musi *et al.*, "Techno-economic analysis of concentrated solar power plants in terms of levelized cost of electricity," 2017, p. 160018. doi: 10.1063/1.4984552.
- [104] S. Abdelhady, "Performance and cost evaluation of solar dish power plant: sensitivity analysis of levelized cost of electricity (LCOE) and net present value (NPV)," *Renew. Energy*, vol. 168, pp. 332–342, May 2021, doi: 10.1016/j.renene.2020.12.074.
- [105] B. Yaniktepe, O. Kara, and C. Ozalp, "Technoeconomic Evaluation for an Installed Small-Scale Photovoltaic Power Plant," *Int. J. Photoenergy*, vol. 2017, pp. 1–7, 2017, doi: 10.1155/2017/3237543.
- [106] K. Branker, M. J. M. Pathak, and J. M. Pearce, "A review of solar photovoltaic levelized cost of electricity," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 15, no. 9, pp. 4470–4482, Dec. 2011, doi: 10.1016/j.rser.2011.07.104.
- [107] S. S. Rashwan, A. M. Shaaban, and F. Al-Suliman, "A comparative study of a small-scale solar PV power plant in Saudi Arabia," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 80, pp. 313–318, Dec. 2017, doi: 10.1016/j.rser.2017.05.233.
- [108] T. Formica and M. Pecht, "Return on investment analysis and simulation of a 9.12 kilowatt (kW) solar photovoltaic system," *Sol. Energy*, vol. 144, pp. 629–634, Mar. 2017, doi: 10.1016/j.solener.2017.01.069.
- [109] R. Wiser, M. Bolinger, and J. Seel, "Benchmarking Utility-Scale PV Operational Expenses and Project Lifetimes: Results from a Survey of U.S. Solar Industry Professionals," *Eletr. Mark. Policy*, vol. 1, no. 34078, pp. 1–8, [Online]. Available: https://eta-publications.lbl.gov/sites/default/files/solar_life_and_opex_report.pdf
- [110] NREL, "Solar Installed System Cost Analysis", [Online]. Available: <https://www.nrel.gov/solar/market-research-analysis/solar-installed-system-cost.html>
- [111] V. Ramasamy *et al.*, "U . S . Solar Photovoltaic System and Energy Storage Cost Benchmarks , With Minimum Sustainable Price Analysis : Q1 2022," no. September, 2022.

SATIŞ KISITLAMASI YOKKEN AYLIK MAHSUPLAŞMA TABLOSU (ESKİ YÖNETMELİK)													
1.YIL 2023	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
TÜKETİM	40505,1	36635,0	36059,0	30737,1	26835,0	29439,5	35966,3	34035,9	34583,9	33203,6	37024,8	45977,2	421002,4
ÜRETİM	72044,0	70502,0	109060,0	136941,0	165632,0	171451,0	172027,0	161654,0	131276,0	92829,0	64122,0	54201,0	1401739,0
Aylık Mahsup	31538,9	33867,0	73001,0	106203,9	138797,0	142011,5	136060,7	127618,1	96692,1	59625,4	27097,2	8223,8	980736,6
Satışa Konu	31538,9	33867,0	73001,0	106203,9	138797,0	142011,5	136060,7	127618,1	96692,1	59625,4	27097,2	8223,8	980736,6
Faturaya Konu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2.YIL 2024	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
TÜKETİM	42902,0	38289,2	38863,0	34227,9	31946,7	34946,6	41097,0	35618,1	35254,6	31584,9	30683,2	37710,4	433123,5
ÜRETİM	71467,6	69938,0	108187,5	135845,5	164306,9	170079,4	170650,8	160360,8	130225,8	92086,4	63609,0	53767,4	1390525,1
Aylık Mahsup	28565,7	31648,8	69324,5	101617,6	132360,2	135132,8	129553,8	124742,7	94971,2	60501,5	32925,8	16057,0	957401,6
Satışa Konu	28565,7	31648,8	69324,5	101617,6	132360,2	135132,8	129553,8	124742,7	94971,2	60501,5	32925,8	16057,0	957401,6
Faturaya Konu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3.YIL 2025	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
TÜKETİM	38529,3	37510,1	30270,9	19973,8	15209,5	18917,3	20050,3	21934,5	20859,8	20351,4	24281,1	29209,7	297097,7
ÜRETİM	70895,9	69378,5	107322,0	134758,7	162992,5	168718,8	169285,6	159077,9	129184,0	91349,7	63100,2	53337,3	1379400,9
Aylık Mahsup	32366,6	31868,4	77051,2	114784,9	147783,0	149801,4	149235,3	137143,3	108324,2	70998,3	38819,1	24127,6	1082303,2
Satışa Konu	32366,6	31868,4	77051,2	114784,9	147783,0	149801,4	149235,3	137143,3	108324,2	70998,3	38819,1	24127,6	1082303,2
Faturaya Konu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4.YIL 2026	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
TÜKETİM	28360,6	24095,6	28917,1	22238,4	17619,0	20631,3	32094,1	38806,7	27307,4	28280,3	34998,7	40732,6	344082,0
ÜRETİM	70328,7	68823,5	106463,4	133680,6	161688,5	167369,0	167931,3	157805,3	128150,5	90618,9	62595,4	52910,6	1368365,7
Aylık Mahsup	41968,1	44727,8	77546,4	111442,2	144069,5	146737,7	135837,2	118998,6	100843,1	62338,5	27596,6	12177,9	1024283,7
Satışa Konu	41968,1	44727,8	77546,4	111442,2	144069,5	146737,7	135837,2	118998,6	100843,1	62338,5	27596,6	12177,9	1024283,7
Faturaya Konu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5.YIL 2027	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
TÜKETİM	41236,9	34353,7	45462,2	31567,5	28674,5	34722,2	31721,5	37058,5	29678,9	29236,7	34420,8	40803,8	418937,0
ÜRETİM	69766,1	68272,9	105611,7	132611,2	160395,0	166030,1	166587,8	156542,8	127125,3	89893,9	62094,6	52487,3	1357418,8
Aylık Mahsup	28529,2	33919,1	60149,6	101043,7	131720,6	131307,9	134866,3	119484,3	97446,5	60657,3	27673,8	11683,4	938481,7
Satışa Konu	28529,2	33919,1	60149,6	101043,7	131720,6	131307,9	134866,3	119484,3	97446,5	60657,3	27673,8	11683,4	938481,7
Faturaya Konu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6.YIL 2028	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
TÜKETİM	40505,1	36635,0	36059,0	30737,1	26835,0	29439,5	35966,3	34035,9	34583,9	33203,6	37024,8	45977,2	421002,4
ÜRETİM	69208,0	67726,7	104766,8	131550,3	159111,9	164701,8	165255,1	155290,5	126108,3	89174,8	61597,8	52067,4	1346559,4
Aylık Mahsup	28702,9	31091,7	68707,8	100813,2	132276,9	135262,3	129288,9	121254,6	91524,4	55971,1	24573,0	6090,2	925557,0
Satışa Konu	28702,9	31091,7	68707,8	100813,2	132276,9	135262,3	129288,9	121254,6	91524,4	55971,1	24573,0	6090,2	925557,0
Faturaya Konu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

7.YIL 2029	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
TÜKETİM	42902,0	38289,2	38863,0	34227,9	31946,7	34946,6	41097,0	35618,1	35254,6	31584,9	30683,2	37710,4	433123,5
ÜRETİM	68554,3	67184,9	103928,7	130497,9	157839,0	163384,2	163933,1	154048,2	125099,4	88461,4	61105,0	51650,8	1335786,9
Aylık Mahsup	25752,3	28895,7	65065,7	96270,0	125892,3	128437,6	122836,1	118430,1	89844,9	56876,5	30421,9	13940,4	902663,4
Satışa Konu	25752,3	28895,7	65065,7	96270,0	125892,3	128437,6	122836,1	118430,1	89844,9	56876,5	30421,9	13940,4	902663,4
Faturaya Konu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8.YIL 2030	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
TÜKETİM	38529,3	37510,1	30270,9	19973,8	15209,5	18917,3	20050,3	21934,5	20859,8	20351,4	24281,1	29209,7	297097,7
ÜRETİM	68105,1	66647,4	103097,3	129453,9	156576,3	162077,1	162621,6	152815,8	124098,6	87753,7	60616,2	51237,6	1325100,6
Aylık Mahsup	29575,8	29137,3	72826,4	109480,1	141366,7	143159,8	142571,4	130881,2	103238,8	67402,3	36335,1	22027,9	1028002,9
Satışa Konu	29575,8	29137,3	72826,4	109480,1	141366,7	143159,8	142571,4	130881,2	103238,8	67402,3	36335,1	22027,9	1028002,9
Faturaya Konu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9.YIL 2031	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
TÜKETİM	28360,6	24095,6	28917,1	22238,4	17619,0	20631,3	32094,1	38806,7	27307,4	28280,3	34998,7	40732,6	344082,0
ÜRETİM	67560,2	66114,2	102272,5	128418,3	155323,7	160780,5	161320,7	151593,2	123105,9	87051,7	60131,3	50827,7	1314499,8
Aylık Mahsup	39199,6	42018,6	73355,4	106179,9	137704,7	140149,2	129226,6	112786,5	95798,4	58771,3	25132,5	10095,1	970417,8
Satışa Konu	39199,6	42018,6	73355,4	106179,9	137704,7	140149,2	129226,6	112786,5	95798,4	58771,3	25132,5	10095,1	970417,8
Faturaya Konu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10.YIL 2032	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
TÜKETİM	41236,9	34353,7	45462,2	31567,5	28674,5	34722,2	31721,5	37058,5	29678,9	29236,7	34420,8	40803,8	418937,0
ÜRETİM	67019,8	65585,3	101454,3	127390,9	154081,1	159494,3	160030,1	150380,5	122121,0	86355,2	59650,2	50421,1	1303983,8
Aylık Mahsup	25782,9	31231,6	55992,2	95823,4	125406,6	124772,1	128308,6	113322,0	92442,2	57118,6	25229,5	9617,3	885046,8
Satışa Konu	25782,9	31231,6	55992,2	95823,4	125406,6	124772,1	128308,6	113322,0	92442,2	57118,6	25229,5	9617,3	885046,8
Faturaya Konu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11.YIL 2033	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
TÜKETİM	40505,1	36635,0	36059,0	30737,1	26835,0	29439,5	35966,3	34035,9	34583,9	33203,6	37024,8	45977,2	421002,4
ÜRETİM	66483,6	65060,6	100642,7	126371,8	152848,4	158218,3	158749,9	149177,4	121144,0	85664,4	59173,0	50017,7	1293552,0
Aylık Mahsup	25978,5	28425,6	64583,7	95634,7	126013,5	128778,8	122783,6	115141,5	86560,1	52460,8	22148,2	4040,6	872549,5
Satışa Konu	25978,5	28425,6	64583,7	95634,7	126013,5	128778,8	122783,6	115141,5	86560,1	52460,8	22148,2	4040,6	872549,5
Faturaya Konu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12.YIL 2034	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
TÜKETİM	42902,0	38289,2	38863,0	34227,9	31946,7	34946,6	41097,0	35618,1	35254,6	31584,9	30683,2	37710,4	433123,5
ÜRETİM	65951,7	64540,1	99837,5	123960,8	151625,6	156952,6	157479,9	147984,0	120174,9	84979,1	58699,6	49617,6	1283203,5
Aylık Mahsup	23049,7	26250,9	60974,5	91133,0	119678,9	122006,0	116382,9	112366,0	84920,3	53394,2	28016,4	11907,2	850080,1
Satışa Konu	23049,7	26250,9	60974,5	91133,0	119678,9	122006,0	116382,9	112366,0	84920,3	53394,2	28016,4	11907,2	850080,1
Faturaya Konu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13.YIL 2035	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
TÜKETİM	38529,3	37510,1	30270,9	19973,8	15209,5	18917,3	20050,3	21934,5	20859,8	20351,4	24281,1	29209,7	297097,7
ÜRETİM	65424,1	64023,8	99038,8	124358,0	150412,6	155696,9	156220,0	146800,2	119213,5	84299,3	58230,0	49220,7	1272937,9
Aylık Mahsup	26894,8	26513,8	68768,0	104384,1	135203,1	136779,6	136169,8	124865,6	98353,7	63947,8	33948,9	20011,0	975840,2
Satışa Konu	26894,8	26513,8	68768,0	104384,1	135203,1	136779,6	136169,8	124865,6	98353,7	63947,8	33948,9	20011,0	975840,2
Faturaya Konu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

14.YIL 2036	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
TÜKETİM	28360,6	24095,6	28917,1	22238,4	17619,0	20631,3	32094,1	38806,7	27307,4	28280,3	34998,7	40732,6	344082,0
ÜRETİM	64900,7	63511,6	98246,5	123363,1	149209,3	154451,4	154970,3	145625,8	118259,8	83624,9	57764,2	48826,9	1262754,4
Aylık Mahsup	36540,1	39416,0	69329,5	101124,7	131590,3	133820,1	122876,1	106819,1	90952,3	55344,5	22765,5	8094,3	918672,4
Satışa Konu	36540,1	39416,0	69329,5	101124,7	131590,3	133820,1	122876,1	106819,1	90952,3	55344,5	22765,5	8094,3	918672,4
Faturaya Konu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15.YIL 2037	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
TÜKETİM	41236,9	34353,7	45462,2	31567,5	28674,5	34722,2	31721,5	37058,5	29678,9	29236,7	34420,8	40803,8	418937,0
ÜRETİM	64381,5	63003,5	97460,6	122376,2	148015,7	153215,8	153730,5	144460,8	117313,7	82955,9	57302,1	48436,3	1252652,4
Aylık Mahsup	23144,6	28649,8	51998,4	90808,7	119341,2	118493,6	122009,0	107402,3	87634,8	53719,2	22881,3	7632,4	833715,4
Satışa Konu	23144,6	28649,8	51998,4	90808,7	119341,2	118493,6	122009,0	107402,3	87634,8	53719,2	22881,3	7632,4	833715,4
Faturaya Konu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16.YIL 2038	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
TÜKETİM	40505,1	36635,0	36059,0	30737,1	26835,0	29439,5	35966,3	34035,9	34583,9	33203,6	37024,8	45977,2	421002,4
ÜRETİM	63866,5	62499,5	96680,9	121397,2	146831,5	151990,0	152500,7	143305,1	116375,2	82292,2	56843,7	48048,8	1242631,2
Aylık Mahsup	23361,4	25864,5	60621,9	90660,0	119996,6	122550,6	116534,4	109269,2	81791,3	49088,6	19818,8	2071,6	821628,7
Satışa Konu	23361,4	25864,5	60621,9	90660,0	119996,6	122550,6	116534,4	109269,2	81791,3	49088,6	19818,8	2071,6	821628,7
Faturaya Konu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17.YIL 2039	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
TÜKETİM	42902,0	38289,2	38863,0	34227,9	31946,7	34946,6	41097,0	35618,1	35254,6	31584,9	30683,2	37710,4	433123,5
ÜRETİM	63355,5	61999,5	95907,4	120426,0	145656,9	150774,1	151280,6	142158,6	115444,2	81633,9	56388,9	47664,4	1232690,1
Aylık Mahsup	20453,5	23710,3	57044,4	86198,1	113710,2	115827,5	110183,7	106540,5	80189,6	50049,0	25705,7	9954,0	799566,6
Satışa Konu	20453,5	23710,3	57044,4	86198,1	113710,2	115827,5	110183,7	106540,5	80189,6	50049,0	25705,7	9954,0	799566,6
Faturaya Konu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18.YIL 2040	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
TÜKETİM	38529,3	37510,1	30270,9	19973,8	15209,5	18917,3	20050,3	21934,5	20859,8	20351,4	24281,1	29209,7	297097,7
ÜRETİM	62848,7	61503,5	95140,2	119462,6	144491,6	149567,9	150070,4	141021,4	114520,6	80980,8	55937,8	47283,1	1222828,6
Aylık Mahsup	24319,4	23993,4	64869,3	99488,7	129282,1	130650,6	130020,1	119086,8	93660,8	60629,4	31656,7	18073,4	925730,9
Satışa Konu	24319,4	23993,4	64869,3	99488,7	129282,1	130650,6	130020,1	119086,8	93660,8	60629,4	31656,7	18073,4	925730,9
Faturaya Konu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19.YIL 2041	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
TÜKETİM	28360,6	24095,6	28917,1	22238,4	17619,0	20631,3	32094,1	38806,7	27307,4	28280,3	34998,7	40732,6	344082,0
ÜRETİM	62345,9	61011,5	94379,0	118506,9	143335,7	148371,4	148869,8	139893,2	113604,5	80333,0	55490,3	46904,8	1213046,0
Aylık Mahsup	33985,3	36915,8	65462,0	96268,5	125716,7	127740,1	116775,7	101086,5	86297,0	52052,6	20491,6	6172,2	868964,0
Satışa Konu	33985,3	36915,8	65462,0	96268,5	125716,7	127740,1	116775,7	101086,5	86297,0	52052,6	20491,6	6172,2	868964,0
Faturaya Konu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20.YIL 2042	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
TÜKETİM	41236,9	34353,7	45462,2	31567,5	28674,5	34722,2	31721,5	37058,5	29678,9	29236,7	34420,8	40803,8	418937,0
ÜRETİM	61847,1	60523,4	93624,0	117558,8	142189,0	147184,0	147678,9	138774,0	112695,6	79690,3	55046,4	46529,6	1203341,6
Aylık Mahsup	20610,3	26169,7	48161,8	85991,3	113514,5	112462,2	115957,4	101715,6	83016,8	50453,6	20625,6	5725,7	784404,6
Satışa Konu	20610,3	26169,7	48161,8	85991,3	113514,5	112462,2	115957,4	101715,6	83016,8	50453,6	20625,6	5725,7	784404,6
Faturaya Konu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

20.YIL 2042	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
TÜKETİM	41236,9	34353,7	45462,2	31567,5	28674,5	34722,2	31721,5	37058,5	29678,9	29236,7	34420,8	40803,8	418937,0
ÜRETİM	61847,1	60523,4	93624,0	117558,8	142189,0	147184,4	147678,9	138774,0	112695,6	79690,3	55046,4	46529,6	1203341,6
Aylık Mahsup	20610,3	26169,7	48161,8	85991,3	113514,5	112462,2	115957,4	101715,6	83016,8	50453,6	20625,6	5725,7	784404,6
Satışa Konu	20610,3	26169,7	48161,8	85991,3	113514,5	112462,2	115957,4	101715,6	83016,8	50453,6	20625,6	5725,7	784404,6
Faturaya Konu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21.YIL 2043	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
TÜKETİM	40505,1	36635,0	36059,0	30737,1	26835,0	29439,5	35966,3	34035,9	34583,9	33203,6	37024,8	45977,2	421002,4
ÜRETİM	61352,4	60039,2	92875,0	116618,4	141051,5	146006,9	146497,4	137663,8	111794,1	79052,8	54606,0	46157,3	1193714,9
Aylık Mahsup	20847,2	23404,2	56816,0	85881,2	114216,5	116567,4	110531,2	103627,9	77210,2	45849,1	17581,2	180,2	772712,4
Satışa Konu	20847,2	23404,2	56816,0	85881,2	114216,5	116567,4	110531,2	103627,9	77210,2	45849,1	17581,2	180,2	772712,4
Faturaya Konu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22.YIL 2044	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
TÜKETİM	42902,0	38289,2	38863,0	34227,9	31946,7	34946,6	41097,0	35618,1	35254,6	31584,9	30683,2	37710,4	433123,5
ÜRETİM	60861,5	59558,9	92132,0	115685,4	139923,1	144838,9	145325,5	136562,5	110899,7	78420,4	54169,2	45788,1	1184165,1
Aylık Mahsup	17959,5	21269,7	53269,0	81457,6	107976,4	109892,3	104228,5	100944,5	75645,1	46835,5	23486,0	8077,6	751041,7
Satışa Konu	17959,5	21269,7	53269,0	81457,6	107976,4	109892,3	104228,5	100944,5	75645,1	46835,5	23486,0	8077,6	751041,7
Faturaya Konu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23.YIL 2045	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
TÜKETİM	38529,3	37510,1	30270,9	19973,8	15209,5	18917,3	20050,3	21934,5	20859,8	20351,4	24281,1	29209,7	297097,7
ÜRETİM	60374,6	59082,4	91395,0	114759,9	138803,7	143680,2	144162,9	135470,0	110012,5	77793,0	53735,8	45421,8	1174691,8
Aylık Mahsup	21845,3	21572,4	61124,1	94786,1	123594,2	124762,8	124112,6	113535,5	89152,7	57441,6	29454,7	16212,1	877594,1
Satışa Konu	21845,3	21572,4	61124,1	94786,1	123594,2	124762,8	124112,6	113535,5	89152,7	57441,6	29454,7	16212,1	877594,1
Faturaya Konu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24.YIL 2046	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
TÜKETİM	28360,6	24095,6	28917,1	22238,4	17619,0	20631,3	32094,1	38806,7	27307,4	28280,3	34998,7	40732,6	344082,0
ÜRETİM	59891,6	58609,8	90663,8	113841,9	137693,3	142530,7	143009,6	134386,3	109132,4	77170,6	53305,9	45058,4	1165294,3
Aylık Mahsup	31531,0	34514,1	61746,7	91603,4	120074,3	121899,4	110915,5	95579,6	81825,0	48890,3	18307,2	4325,8	821212,3
Satışa Konu	31531,0	34514,1	61746,7	91603,4	120074,3	121899,4	110915,5	95579,6	81825,0	48890,3	18307,2	4325,8	821212,3
Faturaya Konu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
25.YIL 2047	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
TÜKETİM	41236,9	34353,7	45462,2	31567,5	28674,5	34722,2	31721,5	37058,5	29678,9	29236,7	34420,8	40803,8	418937,0
ÜRETİM	59412,5	58140,9	89938,5	112931,1	136591,7	141390,5	141865,5	133311,2	108259,4	76553,3	52879,5	44697,9	1155971,9
Aylık Mahsup	18175,6	23787,2	44476,3	81363,6	107917,3	106668,3	110144,0	96252,7	78580,5	47316,6	18458,7	3894,1	737034,9
Satışa Konu	18175,6	23787,2	44476,3	81363,6	107917,3	106668,3	110144,0	96252,7	78580,5	47316,6	18458,7	3894,1	737034,9
Faturaya Konu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

SATIŞ KISITLAMASI DURUMUNDA AYLIK MAHSUPLAŞMA TABLOSU (YENİ YÖNETMELİK)													
1.YIL 2023	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2022 TÜKETİM	41236,9	34353,7	45462,2	31567,5	28674,5	34722,2	31721,5	37058,5	29678,9	29236,7	34420,8	40803,8	418937,0
2023 TÜKETİM	40505,1	36635,0	36059,0	30737,1	26835,0	29439,5	35966,3	34035,9	34583,9	33203,6	37024,8	45977,2	421002,4
2023 ÜRETİM	72044,0	70502,0	109060,0	136941,0	165632,0	171451,0	172027,0	161654,0	131276,0	92829,0	64122,0	54201,0	1401739,0
Aylık Mahsup	31538,9	33867,0	73001,0	106203,9	138797,0	142011,5	136060,7	127618,1	96692,1	59625,4	27097,2	8223,8	980736,6
Mahsup Sonrası	31538,9	33867,0	73001,0	106203,9	138797,0	142011,5	136060,7	127618,1	96692,1	59625,4	27097,2	8223,8	980736,6
Mahsup Sonrası	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SATIŞ	31539,9	33867,0	73001,0	106203,9	138797,0	35529,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2065,4	421002,4
2.YIL 2024	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2023 TÜKETİM	40505,1	36635,0	36059,0	30737,1	26835,0	29439,5	35966,3	34035,9	34583,9	33203,6	37024,8	45977,2	421002,4
2024 TÜKETİM	42902,0	38289,2	38863,0	34227,9	31946,7	34946,6	41097,0	35618,1	35254,6	31584,9	30683,2	37710,4	493123,5
2024 ÜRETİM	71467,6	69938,0	108187,5	135845,5	164306,9	170079,4	170650,8	160360,8	130225,8	92086,4	63609,0	53767,4	1390525,1
Aylık Mahsup	28565,7	31648,8	69324,5	101617,6	132360,2	135132,8	129553,8	124742,7	94971,2	60501,5	32925,8	16057,0	957401,6
Mahsup Sonrası	28565,7	31648,8	69324,5	101617,6	132360,2	135132,8	129553,8	124742,7	94971,2	60501,5	32925,8	16057,0	957401,6
Mahsup Sonrası	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SATIŞ	28565,7	31648,8	69324,5	101617,6	132360,2	57485,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12121,1	433123,5
3.YIL 2025	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2024 TÜKETİM	42902,0	38289,2	38863,0	34227,9	31946,7	34946,6	41097,0	35618,1	35254,6	31584,9	30683,2	37710,4	433123,5
2025 TÜKETİM	38529,3	37510,1	30270,9	19973,8	15209,5	18917,3	20050,3	21934,5	20859,8	20351,4	24281,1	29209,7	297097,7
2025 ÜRETİM	70895,9	69378,5	107322,0	134758,7	162992,5	168718,8	169285,6	159077,9	129184,0	91349,7	63100,2	53373,3	1379400,9
Aylık Mahsup	32366,6	31868,4	77051,2	114784,9	147783,0	149801,4	149235,3	137143,3	108324,2	70998,3	38819,1	24127,6	1082303,2
Mahsup Sonrası	32366,6	31868,4	77051,2	114784,9	147783,0	149801,4	149235,3	137143,3	108324,2	70998,3	38819,1	24127,6	1082303,2
Mahsup Sonrası	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SATIŞ	32366,6	31868,4	77051,2	114784,9	147783,0	29269,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	433123,5
4.YIL 2026	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2025 TÜKETİM	38529,3	37510,1	30270,9	19973,8	15209,5	18917,3	20050,3	21934,5	20859,8	20351,4	24281,1	29209,7	297097,7
2026 TÜKETİM	28360,6	24095,6	28917,1	22238,4	17619,0	20631,3	32094,1	38806,7	27307,4	28280,3	34998,7	40732,6	344082,0
2026 ÜRETİM	70328,7	68823,5	106463,4	133680,6	161688,5	167369,0	167931,3	157805,3	128150,5	90618,9	62595,4	52910,6	1368365,7
Aylık Mahsup	41968,1	44727,8	77546,4	111442,2	144069,5	146737,7	135837,2	118998,6	100843,1	62338,5	27596,6	12177,9	1024283,7
Mahsup Sonrası	41968,1	44727,8	77546,4	111442,2	144069,5	146737,7	135837,2	118998,6	100843,1	62338,5	27596,6	12177,9	1024283,7
Mahsup Sonrası	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SATIŞ	41968,1	44727,8	77546,4	111442,2	144069,5	21413,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6251,6	315527,3
5.YIL 2027	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2026 TÜKETİM	28360,6	24095,6	28917,1	22238,4	17619,0	20631,3	32094,1	38806,7	27307,4	28280,3	34998,7	40732,6	344082,0
2027 TÜKETİM	41236,9	34353,7	45462,2	31567,5	28674,5	34722,2	31721,5	37058,5	29678,9	29236,7	34420,8	40803,8	418937,0
2027 ÜRETİM	69766,1	68272,9	105611,7	132611,2	160395,0	166030,1	166587,8	156542,8	127125,3	89893,9	62094,6	52487,3	1357418,8
Aylık Mahsup	28529,2	33919,1	60149,6	101043,7	131720,6	131307,9	134866,3	119484,3	97446,5	60657,3	27673,8	11683,4	938481,7
Mahsup Sonrası	28529,2	33919,1	60149,6	101043,7	131720,6	131307,9	134866,3	119484,3	97446,5	60657,3	27673,8	11683,4	938481,7
Mahsup Sonrası	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SATIŞ	28529,2	33919,1	60149,6	101043,7	120440,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11683,4	383439,2

6.YIL 2028	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2027 TÜKETİM	41236,9	34353,7	45462,2	31567,5	28674,5	34722,2	31721,5	37058,5	29678,9	29236,7	34420,8	40803,8	418937,0
2028 TÜKETİM	40505,1	36635,0	36059,0	30737,1	28835,0	29439,5	35966,3	34035,9	34583,9	33203,6	37024,8	45977,2	421002,4
2028 ÜRETİM	69208,0	67726,7	104766,8	131550,3	159111,9	164701,8	165255,1	155290,5	126108,3	89174,8	61597,8	52067,4	1346559,4
Aylık Mahsup	28702,9	31091,7	68707,8	100813,2	132276,9	135262,3	129288,9	121254,6	91524,4	55971,1	24573,0	6090,2	925557,0
Mahsup Sonrası	28702,9	31091,7	68707,8	100813,2	132276,9	135262,3	129288,9	121254,6	91524,4	55971,1	24573,0	6090,2	925557,0
SATIŞ	28702,9	31091,7	68707,8	100813,2	132276,9	57344,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2065,4	421002,4
7.YIL 2029	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2028 TÜKETİM	40505,1	36635,0	36059,0	30737,1	28835,0	29439,5	35966,3	34035,9	34583,9	33203,6	37024,8	45977,2	421002,4
2029 TÜKETİM	42902,0	38289,2	38863,0	34227,9	31946,7	34946,6	41097,0	35618,1	35254,6	31584,9	30683,2	37710,4	433123,5
2029 ÜRETİM	68654,3	67184,9	103928,7	130497,9	157839,0	163384,2	163933,1	154048,2	125099,4	88461,4	61105,0	51650,8	1335786,9
Aylık Mahsup	25752,3	28895,7	65065,7	96270,0	125892,3	128437,6	122836,1	118430,1	89844,9	56876,5	30421,9	13940,4	902663,4
Mahsup Sonrası	25752,3	28895,7	65065,7	96270,0	125892,3	128437,6	122836,1	118430,1	89844,9	56876,5	30421,9	13940,4	902663,4
SATIŞ	25752,3	28895,7	65065,7	96270,0	125892,3	79126,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12121,1	433123,5
8.YIL 2030	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2029 TÜKETİM	42902,0	38289,2	38863,0	34227,9	31946,7	34946,6	41097,0	35618,1	35254,6	31584,9	30683,2	37710,4	433123,5
2030 TÜKETİM	38529,3	37510,1	30270,9	19973,8	15209,5	18917,3	20050,3	21934,5	20859,8	20351,4	24281,1	29209,7	297097,7
2030 ÜRETİM	68105,1	66647,4	103097,3	129453,9	156576,3	162077,1	162621,6	152815,8	124098,6	87753,7	60616,2	51237,6	1325100,6
Aylık Mahsup	29575,8	29137,3	72826,4	109480,1	141366,7	143159,8	142571,4	130881,2	103238,8	67402,3	36335,1	22027,9	1028002,9
Mahsup Sonrası	29575,8	29137,3	72826,4	109480,1	141366,7	143159,8	142571,4	130881,2	103238,8	67402,3	36335,1	22027,9	1028002,9
SATIŞ	29575,8	29137,3	72826,4	109480,1	141366,7	50737,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	433123,5
9.YIL 2031	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2030 TÜKETİM	38529,3	37510,1	30270,9	19973,8	15209,5	18917,3	20050,3	21934,5	20859,8	20351,4	24281,1	29209,7	297097,7
2031 TÜKETİM	28360,6	24095,6	28917,1	22238,4	17619,0	20631,3	32094,1	38806,7	27307,4	28280,3	34998,7	40732,6	344082,0
2031 ÜRETİM	67560,2	66114,2	102722,5	128418,3	153923,7	160780,5	161320,7	151593,2	123105,9	87051,7	60131,3	50827,7	1314499,8
Aylık Mahsup	39199,6	42018,6	73355,4	106179,9	137704,7	140149,2	129226,6	112786,5	95798,4	58771,3	25132,5	10095,1	970417,8
Mahsup Sonrası	39199,6	42018,6	73355,4	106179,9	137704,7	140149,2	129226,6	112786,5	95798,4	58771,3	25132,5	10095,1	970417,8
SATIŞ	39199,6	42018,6	73355,4	106179,9	137704,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10.YIL 2032	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2031 TÜKETİM	28360,6	24095,6	28917,1	22238,4	17619,0	20631,3	32094,1	38806,7	27307,4	28280,3	34998,7	40732,6	344082,0
2032 TÜKETİM	41236,9	34353,7	45462,2	31567,5	28674,5	34722,2	31721,5	37058,5	29678,9	29236,7	34420,8	40803,8	418937,0
2032 ÜRETİM	67019,8	65585,3	101454,3	127390,9	154081,1	159494,3	160030,1	150380,5	122121,0	86355,2	59650,2	50421,1	1303983,8
Aylık Mahsup	25782,9	31231,6	55992,2	95823,4	125406,6	124772,1	128308,6	113322,0	92442,2	57118,6	25229,5	9617,3	885046,8
Mahsup Sonrası	25782,9	31231,6	55992,2	95823,4	125406,6	124772,1	128308,6	113322,0	92442,2	57118,6	25229,5	9617,3	885046,8
SATIŞ	25782,9	31231,6	55992,2	95823,4	125406,6	9845,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	378928,7

11.YIL 2033	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2032 TÜKETİM	41236,9	34353,7	45462,2	31567,5	28674,5	34722,2	31721,5	37058,5	29678,9	29236,7	34420,8	40803,8	418937,0
2033 TÜKETİM	40505,1	36635,0	36059,0	30737,1	26835,0	29439,5	35966,3	34035,9	34583,9	33203,6	37024,8	45977,2	421002,4
2033 ÜRETİM	66483,6	65060,6	100642,7	126371,8	152848,4	158218,3	158749,9	149177,4	121144,0	85664,4	59173,0	50017,7	1293552,0
Aylık Mahsup	25978,5	28425,6	64583,7	95634,7	126013,5	128778,8	122783,6	115141,5	86560,1	52460,8	22148,2	4040,6	872549,5
Mahsup Sonrası	25978,5	28425,6	64583,7	95634,7	126013,5	128778,8	122783,6	115141,5	86560,1	52460,8	22148,2	4040,6	872549,5
Mahsup Sonrası	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SATIŞ	25978,5	28425,6	64583,7	95634,7	126013,5	78301,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2065,4	421002,4
12.YIL 2034	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2033 TÜKETİM	40505,1	36635,0	36059,0	30737,1	26835,0	29439,5	35966,3	34035,9	34583,9	33203,6	37024,8	45977,2	421002,4
2034 TÜKETİM	42902,0	38289,2	38863,0	34227,9	31946,7	34946,6	41097,0	35618,1	35254,6	31584,9	30683,2	37710,4	433123,5
2034 ÜRETİM	65951,7	64540,1	99837,5	125360,8	151625,6	158952,6	157479,9	147984,0	120174,9	84979,1	58699,6	49617,6	1283203,5
Aylık Mahsup	23049,7	26250,9	60974,5	91133,0	119678,9	122006,0	116382,9	112366,0	84920,3	53394,2	28016,4	11907,2	850080,1
Mahsup Sonrası	23049,7	26250,9	60974,5	91133,0	119678,9	122006,0	116382,9	112366,0	84920,3	53394,2	28016,4	11907,2	850080,1
Mahsup Sonrası	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SATIŞ	23049,7	26250,9	60974,5	91133,0	119678,9	99915,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11907,2	432909,6
13.YIL 2035	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2034 TÜKETİM	42902,0	38289,2	38863,0	34227,9	31946,7	34946,6	41097,0	35618,1	35254,6	31584,9	30683,2	37710,4	433123,5
2035 TÜKETİM	38529,3	37510,1	30270,9	19973,8	15209,5	18917,3	20050,3	21934,5	20859,8	20351,4	24281,1	29209,7	297097,7
2035 ÜRETİM	65424,1	64023,8	99038,8	124358,0	150412,6	155696,9	156220,0	146800,2	119213,5	84299,3	58230,0	49220,7	1272937,9
Aylık Mahsup	26894,8	26513,8	68768,0	104384,1	135203,1	136779,6	136169,8	124865,6	98353,7	63947,8	33948,9	20011,0	975840,2
Mahsup Sonrası	26894,8	26513,8	68768,0	104384,1	135203,1	136779,6	136169,8	124865,6	98353,7	63947,8	33948,9	20011,0	975840,2
Mahsup Sonrası	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SATIŞ	26894,8	26513,8	68768,0	104384,1	135203,1	71359,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	433123,5
14.YIL 2036	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2035 TÜKETİM	38529,3	37510,1	30270,9	19973,8	15209,5	18917,3	20050,3	21934,5	20859,8	20351,4	24281,1	29209,7	297097,7
2036 TÜKETİM	28360,6	24095,6	28917,1	22238,4	17619,0	20631,3	32094,1	38806,7	27307,4	28280,3	34998,7	40732,6	344082,0
2036 ÜRETİM	64900,7	63511,6	98246,5	123863,1	149209,3	154451,4	154970,3	145625,8	118259,8	83624,9	57764,2	48826,9	1262754,4
Aylık Mahsup	36540,1	39416,0	69329,5	101124,7	131590,3	133820,1	122876,1	106819,1	90952,3	55344,5	22765,5	8094,3	918672,4
Mahsup Sonrası	36540,1	39416,0	69329,5	101124,7	131590,3	133820,1	122876,1	106819,1	90952,3	55344,5	22765,5	8094,3	918672,4
Mahsup Sonrası	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SATIŞ	36540,1	39416,0	69329,5	101124,7	50687,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	311443,6
15.YIL 2037	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2036 TÜKETİM	28360,6	24095,6	28917,1	22238,4	17619,0	20631,3	32094,1	38806,7	27307,4	28280,3	34998,7	40732,6	344082,0
2037 TÜKETİM	41236,9	34353,7	45462,2	31567,5	28674,5	34722,2	31721,5	37058,5	29678,9	29236,7	34420,8	40803,8	418937,0
2037 ÜRETİM	64381,5	63003,5	97460,6	122376,2	148015,7	153215,8	153730,5	144460,8	117313,7	82955,9	57302,1	48436,3	1252652,4
Aylık Mahsup	23144,6	28649,8	51998,4	90808,7	119341,2	118493,6	122009,0	107402,3	87634,8	53719,2	22881,3	7632,4	833715,4
Mahsup Sonrası	23144,6	28649,8	51998,4	90808,7	119341,2	118493,6	122009,0	107402,3	87634,8	53719,2	22881,3	7632,4	833715,4
Mahsup Sonrası	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SATIŞ	23144,6	28649,8	51998,4	90808,7	119341,2	30139,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	374595,7

16.YIL 2038	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2037 TÜKETİM	41236,9	34353,7	45462,2	31567,5	28674,5	34722,2	31721,5	37058,5	29678,9	29236,7	34420,8	40803,8	418937,0
2038 TÜKETİM	40501,1	36635,0	36059,0	30737,1	26835,0	29439,5	35966,3	34035,9	34583,9	33203,6	37024,8	45977,2	421002,4
2038 ÜRETİM	63866,5	62499,5	96680,9	121397,2	146831,5	151990,0	152500,7	143305,1	116375,2	82292,2	56843,7	48048,8	1242631,2
Aylık Mahsup	23361,4	25864,5	60621,9	90660,0	119996,6	122550,6	116534,4	109269,2	81791,3	49088,6	19818,8	2071,6	821628,7
Mahsup Sonrası	23361,4	25864,5	60621,9	90660,0	119996,6	122550,6	116534,4	109269,2	81791,3	49088,6	19818,8	2071,6	821628,7
Mahsup Sonrası	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SATIŞ	23361,4	25864,5	60621,9	90660,0	119996,6	98432,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2065,4	421002,4
17.YIL 2039	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2038 TÜKETİM	40501,1	36635,0	36059,0	30737,1	26835,0	29439,5	35966,3	34035,9	34583,9	33203,6	37024,8	45977,2	421002,4
2039 TÜKETİM	42902,0	38289,2	38863,0	34227,9	31946,7	34946,6	41097,0	35618,1	35254,6	31584,9	30683,2	37710,4	433123,5
2039 ÜRETİM	63355,5	61999,5	95907,4	120426,0	145656,9	150774,1	151280,6	142158,6	115444,2	81633,9	56388,9	47664,4	1232690,1
Aylık Mahsup	20453,5	23710,3	57044,4	86198,1	113710,2	115827,5	110183,7	106540,5	80189,6	50049,0	25705,7	9954,0	799566,6
Mahsup Sonrası	20453,5	23710,3	57044,4	86198,1	113710,2	115827,5	110183,7	106540,5	80189,6	50049,0	25705,7	9954,0	799566,6
Mahsup Sonrası	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SATIŞ	20453,5	23710,3	57044,4	86198,1	113710,2	115827,5	4058,3	0,0	0,0	0,0	0,0	9954,0	430956,4
18.YIL 2040	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2039 TÜKETİM	42902,0	38289,2	38863,0	34227,9	31946,7	34946,6	41097,0	35618,1	35254,6	31584,9	30683,2	37710,4	433123,5
2040 TÜKETİM	38529,3	37510,1	30270,9	19973,8	15209,5	18917,3	20050,3	21934,5	20859,8	20351,4	24281,1	29209,7	297097,7
2040 ÜRETİM	62848,7	61503,5	95140,2	119462,6	144491,6	149567,9	150070,4	141021,4	114520,6	80980,8	55937,8	47283,1	1222828,6
Aylık Mahsup	24319,4	23993,4	64869,3	99488,7	129282,1	130650,6	130020,1	119086,8	93660,8	60629,4	31656,7	18073,4	925730,9
Mahsup Sonrası	24319,4	23993,4	64869,3	99488,7	129282,1	130650,6	130020,1	119086,8	93660,8	60629,4	31656,7	18073,4	925730,9
Mahsup Sonrası	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SATIŞ	24319,4	23993,4	64869,3	99488,7	129282,1	91170,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	433123,5
19.YIL 2041	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2040 TÜKETİM	38529,3	37510,1	30270,9	19973,8	15209,5	18917,3	20050,3	21934,5	20859,8	20351,4	24281,1	29209,7	297097,7
2041 TÜKETİM	28360,6	24095,6	28917,1	22238,4	17619,0	20631,3	32094,1	38806,7	27307,4	28280,3	34998,7	40732,6	344082,0
2041 ÜRETİM	62345,9	61011,5	94379,0	118506,9	143335,7	148371,4	148869,8	139893,2	113604,5	80333,0	55490,3	46904,8	1213046,0
Aylık Mahsup	33985,3	36915,8	65462,0	96258,5	125716,7	127740,1	116775,7	101086,5	86297,0	52052,6	20491,6	6172,2	868964,0
Mahsup Sonrası	33985,3	36915,8	65462,0	96258,5	125716,7	127740,1	116775,7	101086,5	86297,0	52052,6	20491,6	6172,2	868964,0
Mahsup Sonrası	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SATIŞ	33985,3	36915,8	65462,0	96258,5	125716,7	127740,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	309521,5
20.YIL 2042	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2041 TÜKETİM	28360,6	24095,6	28917,1	22238,4	17619,0	20631,3	32094,1	38806,7	27307,4	28280,3	34998,7	40732,6	344082,0
2042 TÜKETİM	41236,9	34353,7	45462,2	31567,5	26874,5	34722,2	31721,5	37058,5	29678,9	29236,7	34420,8	40803,8	418937,0
2042 ÜRETİM	61847,1	60523,4	93624,0	117558,8	142189,0	147184,4	147678,9	138774,0	112695,6	79690,3	55046,4	46529,6	1203341,6
Aylık Mahsup	20610,3	26169,7	48161,8	85991,3	113514,5	112462,2	115957,4	101715,6	83016,8	50453,6	20625,6	5725,7	784404,6
Mahsup Sonrası	20610,3	26169,7	48161,8	85991,3	113514,5	112462,2	115957,4	101715,6	83016,8	50453,6	20625,6	5725,7	784404,6
Mahsup Sonrası	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SATIŞ	20610,3	26169,7	48161,8	85991,3	113514,5	49634,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5725,7	370433,3

21.YIL 2043	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2042 TÜKETİM	41236,9	34353,7	45462,2	31567,5	28674,5	34722,2	31721,5	37058,5	29678,9	29236,7	34420,8	40803,8	418937,0
2043 TÜKETİM	40505,1	36635,0	36059,0	30737,1	26835,0	29439,5	35966,3	34035,9	34583,9	33203,6	37024,8	45977,2	421002,4
2043 ÜRETİM	61352,4	60039,2	92875,0	116618,4	141051,5	146006,9	146497,4	137663,8	111794,1	79052,8	54606,0	46157,3	1193714,9
Aylık Mahsup	20847,2	23404,2	56816,0	85881,2	114216,5	116567,4	110531,2	103627,9	77210,2	45849,1	17581,2	180,2	772712,4
Mahsup Sonrası	20847,2	23404,2	56816,0	85881,2	114216,5	116567,4	110531,2	103627,9	77210,2	45849,1	17581,2	180,2	772712,4
Mahsup Sonrası	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SATIŞ	20847,2	23404,2	56816,0	85881,2	114216,5	116567,4	1204,3	0,0	0,0	0,0	0,0	180,2	419117,2
22.YIL 2044	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2043 TÜKETİM	40505,1	36635,0	36059,0	30737,1	26835,0	29439,5	35966,3	34035,9	34583,9	33203,6	37024,8	45977,2	421002,4
2044 TÜKETİM	42902,0	38289,2	38863,0	34227,9	31946,7	34946,6	41097,0	35618,1	35254,6	31584,9	30683,2	37710,4	433123,5
2044 ÜRETİM	60861,5	59558,9	92132,0	115685,4	139923,1	144838,9	145325,5	135662,5	110899,7	78420,4	54169,2	45788,1	1184165,1
Aylık Mahsup	17959,5	21269,7	53269,0	81457,6	107976,4	109892,3	104228,5	100944,5	75645,1	46835,5	23486,0	8077,6	751041,7
Mahsup Sonrası	17959,5	21269,7	53269,0	81457,6	107976,4	109892,3	104228,5	100944,5	75645,1	46835,5	23486,0	8077,6	751041,7
Mahsup Sonrası	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SATIŞ	17959,5	21269,7	53269,0	81457,6	107976,4	109892,3	29178,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8077,6	429080,1
23.YIL 2045	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2044 TÜKETİM	42902,0	38289,2	38863,0	34227,9	31946,7	34946,6	41097,0	35618,1	35254,6	31584,9	30683,2	37710,4	433123,5
2045 TÜKETİM	38529,3	37510,1	30270,9	19973,8	15209,5	18917,3	20050,3	21934,5	20859,8	20351,4	24281,1	29209,7	297097,7
2045 ÜRETİM	60374,6	59082,4	91395,0	114759,9	138803,7	143680,2	144162,9	135470,0	110012,5	77793,0	53735,8	45421,8	1174691,8
Aylık Mahsup	21845,3	21572,4	61124,1	94786,1	123594,2	124762,8	124112,6	113535,5	89152,7	57441,6	29454,7	16212,1	877594,1
Mahsup Sonrası	21845,3	21572,4	61124,1	94786,1	123594,2	124762,8	124112,6	113535,5	89152,7	57441,6	29454,7	16212,1	877594,1
Mahsup Sonrası	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SATIŞ	21845,3	21572,4	61124,1	94786,1	123594,2	110201,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	433123,5
24.YIL 2046	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2045 TÜKETİM	38529,3	37510,1	30270,9	19973,8	15209,5	18917,3	20050,3	21934,5	20859,8	20351,4	24281,1	29209,7	297097,7
2046 TÜKETİM	28360,6	24095,6	28917,1	22238,4	17619,0	20631,3	32094,1	38806,7	27307,4	28280,3	34998,7	40732,6	344082,0
2046 ÜRETİM	59891,6	58609,8	90663,8	113841,9	137693,3	142530,7	143009,6	134386,3	109132,4	77170,6	53305,9	45058,4	1165294,3
Aylık Mahsup	31531,0	34514,1	61746,7	91603,4	120074,3	121899,4	110915,5	95579,6	81825,0	48890,3	18307,2	4325,8	821212,3
Mahsup Sonrası	31531,0	34514,1	61746,7	91603,4	120074,3	121899,4	110915,5	95579,6	81825,0	48890,3	18307,2	4325,8	821212,3
Mahsup Sonrası	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SATIŞ	31531,0	34514,1	61746,7	91603,4	120074,3	77702,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4325,8	307675,1
25.YIL 2047	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2046 TÜKETİM	28360,6	24095,6	28917,1	22238,4	17619,0	20631,3	32094,1	38806,7	27307,4	28280,3	34998,7	40732,6	344082,0
2047 TÜKETİM	41236,9	34353,7	45462,2	31567,5	28674,5	34722,2	31721,5	37058,5	29678,9	29236,7	34420,8	40803,8	418937,0
2047 ÜRETİM	59412,5	58140,9	89938,5	112931,1	136591,7	141390,5	141865,5	133311,2	108259,4	76553,3	52879,5	44697,9	1155971,9
Aylık Mahsup	18175,6	23787,2	44476,3	81363,6	107917,3	106668,3	110144,0	96252,7	78580,5	47316,6	18458,7	3894,1	737034,9
Mahsup Sonrası	18175,6	23787,2	44476,3	81363,6	107917,3	106668,3	110144,0	96252,7	78580,5	47316,6	18458,7	3894,1	737034,9
Mahsup Sonrası	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SATIŞ	18175,6	23787,2	44476,3	81363,6	107917,3	68362,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3894,1	366434,8

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

Konferans Bildirileri

1. S. G. Yıldırım and A. Durusu, “The Impact of Sale Limitations to the Grid On the Sizing of Photovoltaic Power Plants: A Case Study on the Basis of the New Legislation in Turkey,” in II. BILSEL INTERNATIONAL EFES SCIENTIFIC RESEARCHES AND INNOVATION CONGRESS, İzmir, Oct. 2023, pp. 32–48

