



**T.C.
AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TÜRKİYE'DE YENİLENEBİLİR ENERJİ VE AMASYA ÖZELİNDE
PROJE ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MEHMET GÖKHAN TEPECİK

AĞUSTOS

**MEHMET GÖKHAN
TEPECİK**

YENİLENEBİLİR ENERJİ VE UYGULAMALARI

AĞUSTOS 2021

**TÜRKİYE'DE YENİLENEBİLİR ENERJİ VE AMASYA ÖZELİNDE
PROJE ÖRNEĞİ**

Mehmet Gökhan TEPECİK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
YENİLENEBİLİR ENERJİ VE UYGULAMALARI ANABİLİM DALI**

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Merve ŞEN KURT

**AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

AĞUSTOS 2021

ETİK BEYAN

Amasya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Mehmet Gökhan TEPECİK

03.08.2021

TÜRKİYE'DE YENİLENEBİLİR ENERJİ VE AMASYA ÖZELİNDE PROJE ÖRNEĞİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Mehmet Gökhan TEPECİK

AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ağustos 2021

ÖZET

Bu tez çalışmasında Türkiye'de yenilenebilir enerji genel verileriyle incelenmiş ve yerel bir kurum olan T.C. Amasya Belediyesi binası (Eski Kültür Merkezi) için pvsol programı ile farklı panel marka ve modelleri ile PV çatı güneş sistemi modellemeleri yapılmıştır.

PageNumber : 56
KeyWords : Yenilenebilir Enerji, GES, PV*SOL
Supervisor : Dr. Öğr. Üyesi Merve ŞEN KURT

RENEWABLE ENERGY IN TURKEY AND A PROJECT EXAMPLE IN AMASYA
(M. Sc. Thesis)

Mehmet Gökhan TEPECİK

AMASYA UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

August 2021

ABSTRACT

In this thesis study, renewable energy in Turkey was examined with general data and for T.C. Amasya Municipality building (Old Cultural Center), as a local institution, PV roof solar system models were made with the pvsol program with different panel brands and models.

PageNumber : 56
KeyWords : Renewable Energy, Solar Power Plant, PV*SOL
Supervisor : Dr. Öğr. Üyesi Merve ŞEN KURT

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Öncelikle, bu proje çalışmasına birlikte başladığımız, kendisini ani ve hazin bir şekilde kaybetmemizle, birlikte tamamlamamızın nasip olmadığı değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Ergün ŞİMŞEK'e, sonrasında kaldığımız yerden tamamlanması için hiçbir aşamasında desteklerini esirgemeyen, değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Merve ŞEN KURT'a ve sonunda bu çalışma süresince bana sabır gösteren ailem ve çalışma arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖN SÖZ ve TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
HARİTALAR DİZİNİ	xiii
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. YENİLENEBİLİR ENERJİ ÇEŞİTLERİ, SİSTEME ENTEGRELERİ VE POLİTİKALAR	3
2.1. Hidroelektrik Enerji	3
2.2. Rüzgar Enerjisi	6
2.3. Güneş Enerjisi	13
2.4. Biyokütle Enerjisi	18
2.5. Jeotermal Enerji	20
2.6. Diğer Yenilenebilir Enerji Türleri	23
2.7. Enerji Sistemlerine Entegreleri	24
2.8. Politikalar	25
3. TÜRKİYE’DE YENİLENEBİLİR ENERJİ.....	27
3.1. Türkiye’de Hidroelektrik Enerji.....	27
3.2. Türkiye’de Rüzgar Enerjisi	28
3.3. Türkiye’de Güneş Enerjisi	30
3.4. Türkiye’de Biyokütle Enerjisi.....	33

	Sayfa
3.5. Türkiye’de Jeotermal Enerji	35
4. AMASYA ÖZELİNDE PROJE ÖRNEĞİ.....	38
4.1. Amasya’da Yenilenebilir Enerji	38
4.2. Proje ve Lokasyon Seçimi.....	40
4.3. Tasarımın Yapıldığı Bina	42
4.4. Optimal Program Seçimi.....	42
4.5. Panel Seçimi.....	45
4.6. Parametreler	46
4.7. Çıktıların İncelenmesi	48
5. SONUÇ	56
KAYNAKLAR.....	60
ÖZGEÇMİŞ.....	66

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Onshore rüzgar enerjisi 2019-2020 yeni kurulumlar ve yeni kurulumlar sonrası toplam kurulumlar	9
Çizelge 2.2. Offshore rüzgar enerjisi 2019-2020 yeni kurulumlar ve yeni kurulumlar sonrası toplam kurulumlar	10
Çizelge 3.1. Türkiye rüzgar kurulumlarında, türbinlerin marka ve menşesine göre dağılımları	30
Çizelge 3.2. Türkiye'nin toplam güneş enerjisi potansiyelinin aylara göre dağılımı.....	31
Çizelge 3.3. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı	32
Çizelge 3.4. Türkiye'nin mevcut en büyük 10 jeotermal santrali.....	36
Çizelge 4.1. Amasya ili hidroelektrik enerji santrali kurulumları	38
Çizelge 4.2. Amasya ili rüzgar enerji santrali kurulumları	39
Çizelge 4.3. Amasya ili güneş enerji santrali kurulumları.....	39
Çizelge 4.4. Amasya ili biyokütle enerji santrali kurulumları	39
Çizelge 4.5. Çalışmadan alınan programların analizleri sonucu ortaya konan ve uygulama sonucu ortaya çıkan performans değerleri	43
Çizelge 4.6. Enerji üretimi hata analizi.....	44
Çizelge 4.7. 30°'de güneşlenme hata analizi	44
Çizelge 4.8. Projede kullanılan PV modülleri ve üretici firmaları	45
Çizelge 4.9. Modül modellerine göre tasarımda kullanılan toplam modül ve evirici sayıları.....	48
Çizelge 4.10. Modül modellerine göre tasarımda kapladıkları toplam alan	48
Çizelge 4.11. Modül modellerine göre PV jeneratör çıkışları	49
Çizelge 4.12. Modül modellerine göre PV jeneratör enerjileri.....	49
Çizelge 4.13. Modül modellerine göre tasarımların yıllık özgül kazançları.....	50
Çizelge 4.14. Modül modellerine göre tasarımların sistem kullanım oranları	51

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.15. Modül modellerine göre tasarımların toplam yatırım maliyetleri	52
Çizelge 4.16. Modül modellerine göre tasarımlarda varlıkların getirisi ve amortisman süreleri	53
Çizelge 4.17. Modül modellerine göre tasarımlarda 3., 5., 10. ve 20. yıllarda varlıkların getirisi	54
Çizelge 4.18. Modül modellerine göre tasarımlarca önlenecek CO ₂ emisyonu.....	55
Çizelge 4.19. Program analizi sonuçları	56
Çizelge 4.20. Önceliklere göre seçim tablosu.....	56
Çizelge 4.21. Yatırım maliyetlerinin en düşük olana göre sistemlerin oranları	57
Çizelge 4.22. 20. yıl nakit dengesi en yüksek olana göre sistemlerin oranları	57
Çizelge 4.23. Analiz sonuçlarından oluşturulan nakit dengesi-yatırım maliyeti oranları	58
Çizelge 4.24. SPR E20-435-COM-1500V, SPR-X22-360 ve aralarındaki farkın nakit dengesi-yatırım maliyeti oranları	58
Çizelge 4.25. Önlenecek CO ₂ emisyonu en yüksek olana göre sistemlerin oranları	59

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Hidroelektrik santrali şeması	3
Şekil 2.2. 2000-2020 Toplam hidroelektrik enerjisi kurulumları ve belirlenmiş politikalara göre 2020-2040 arası beklenen toplam kurulumlar	6
Şekil 2.3. Rüzgar türbini şeması	7
Şekil 2.4. Rüzgar enerjisi 2001-2020 yılları toplam kurulum (GW)	11
Şekil 2.5. 2020 yılı yeni kurulumların bölgelere göre dağılımı	11
Şekil 2.6. Rüzgar Enerjisi son 2001-2020 yılları yeni kurulum (GW)	12
Şekil 2.7. Rüzgar enerjisi 2020-2025 GWEC raporuna göre dünyada beklenen yeni kurulumlar (GW)	12
Şekil 2.8. 2000-2020 Toplam rüzgar enerjisi kurulumları ve belirlenmiş politikalara göre 2020-2040 arası beklenen toplam kurulumlar	13
Şekil 2.9. Fotovoltaik Hücre Yapısı	14
Şekil 2.10. Güneş enerjisini yoğunlaştırıcı ayna sistemleri	15
Şekil 2.11. 2010-2020 yılları arası toplam kurulu güneş enerjisi kapasiteleri (MW).....	17
Şekil 2.12. 2000-2020 Toplam güneş enerjisi kurulumları ve belirlenmiş politikalara göre 2020-2040 arası beklenen toplam kurulumlar	18
Şekil 2.13. 2010-2020 Yıllara göre kurulu biyokütle kapasiteleri (MW).....	20
Şekil 2.14. Jeotermal santral tipleri çalışma şemaları	22
Şekil 2.15. 2010-2020 Jeotermal enerji toplam kurulu gücü (MW)	22
Şekil 2.16. Yenilenebilir hidrojen üretim şeması	23
Şekil 2.17. 2010-2020 yılları toplam kurulu okyanus enerjisi gücü (MW).....	24
Şekil 2.18. 2000-2020 Toplam yenilenebilir enerji ve batarya kurulumları ve belirlenmiş politikalara göre 2020-2040 arası beklenen toplam kurulumlar.....	25
Şekil 3.1. Türkiye toplam hidroelektrik güç kurulumu 2010-2020	27
Şekil 3.2. 2020 en fazla yeni kurulum gerçekleştiren ilk 10 ülke.....	28

Şekil	Sayfa
Şekil 3.3. Türkiye lisanslı biyokütle kurulu gücü	34
Şekil 3.4. Biyokütle 2019 kurulu gücü dağılımı	34
Şekil 3.5. 1984-2020 arası ülke toplam jeotermal kurulumları	36
Şekil 4.1. 3D modellemesi gerçekleştirilen bina (üstten)	46
Şekil 4.2. 3D modellemesi gerçekleştirilen bina (yandan)	47
Şekil 4.3. Konfigüre edilmiş şekilde bina çatısı	47
Şekil 4.4. Modül modellerine göre PV jeneratör çıkışları grafiği	49
Şekil 4.5. Modül modellerine göre PV jeneratör enerjileri grafiği	50
Şekil 4.6. Modül modellerine göre tasarımların yıllık özgül kazançları grafiği	51
Şekil 4.7. Modül modellerine göre tasarımların sistem kullanım oranları grafiği	52
Şekil 4.8. Modül modellerine göre tasarımların toplam yatırım maliyetleri grafiği	53
Şekil 4.9. Modül modellerine göre tasarımların 20. yıl nakit dengeleri grafiği	54
Şekil 4.10. Modül modellerine göre tasarımlarca önlenen CO ₂ emisyonu grafiği	55

HARİTALAR DİZİNİ

Harita	Sayfa
Harita 2.1. Hidroelektrik gücü ile elektrik üretimlerinin dünya yüzdeleri dağılımı, 2015.....	5
Harita 2.2. Dünya’da etkin jeotermal bölgeler.....	21
Harita 3.1. 2021 Türkiye’de kurulu rüzgar santrallerinin dağılımı.....	29
Harita 3.2. Türkiye güneş enerjisi potansiyeli atlası (GEPA).....	31
Harita 3.3. 2021 Türkiye’de kurulu güneş santrallerinin dağılımı.....	33
Harita 3.4. Jeotermal kaynaklar ve uygulama haritası.....	35

KISALTMALAR DİZİNİ

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar	Açıklama
CSP	Konsantre Güneş Enerjisi (Concentrated Solar Power)
EF	Örnek Verimliliği (Model Efficiency)
GEPA	Güneş Enerji Potansiyel Atlası
GWEC	Küresel Rüzgar Enerjisi Konseyi (Global Wind Energy Council)
IEA	Uluslararası Enerji Ajansı (International Energy Agency)
IHA	Uluslararası Hidroenerji Birliği (International Hydropower Association)
IRENA	Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (International Renewable Energy Agency)
MAD	Ortalama Mutlak Sapma (Mean Absolute Deviation)
MAPE	Mutlak Hata Yüzdesi (Absolute Percentage Error)
PDHES	Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santralleri
RMSE	Kök Ortalama Kare Hatası (Root Mean Square Error)
YEKA	Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanı
YEKDEM	Yenilenebilir Enerji Kaynaklarını Destekleme Mekanizması

1. GİRİŞ

Türkiye küçük iniş ve çıkışlarla birlikte birincil enerji kaynakları itibari ile ortalama %70 ölçüsünde diğer ülkelere ihtiyaç duymakta olan bir ülkedir [1]. Bugün üretilen herşeyin en temel ve önemli girdisi olan enerjinin, ülkelere bağımlılığın azaltılması ve mümkünse enerji bağımsız bir konuma gelinmesi her bağımsız ve egemen toplumun en önemli gereksinimlerinden bir tanesidir. Enerji bağımsızlığı gibi devletleri birer birer ilgilendiren bir gereksinimden farklı olarak, sanayi devrimi ile birlikte sürdürülebilirliği her geçen gün azalan bir şekilde insan aktiviteleri ile kirletilen dünyanın, bu kirliliğe karşı geliştirdiği reaksiyonların (küresel ısınma, kirli hava, su ve toprağın oluşturduğu hayati riskler vs.) tümüyle her devlet ve toplumu bu kirlenme ile mücadele etmesi gerekliliği doğmuştur. Bugün dünya teknoloji ile ulaştığı refah seviyesinin devamı için ekonomik, sosyal ve siyasal anlamda olduğu kadar ekolojik anlamda da sürdürülebilir enerji yöntemleri ve teknolojilerini geliştirmek ve ilk fırsatta geçmiş yöntemleri dönüştürmek mecburiyetindedir.

Bir taraftan rüzgar ve güneş gibi ciddi ölçekte maliyetleri azalmış, kuruldukları alana oranla çıktıkları artmış sistemler ve diğer yanda yakın gelecekte kendi pazarlarını oluşturma ihtimali olan okyanus enerjisi gibi yöntem ve teknolojiler bugün her yere ulaşmaktadır. Hem dünya ölçeğinde fakir ve modern topluluklardan, en zengin ve fosil yakıt kaynaklarının bol olduğu ülkelerin enerji havuzlarını çeşitlendiren bu enerji türleri hem de ülkelerin kendi iç ölçeğinde ana şebekeden uzakta kalan kırsal alanlara, yerel kaynaklarla kendi şebekelerini kurma imkanı sağlamaktan, şehir merkezlerinde ki şehir sakinlerinin kendi enerjisini kendisinin üretmesine kadar seçenekler sunmaktadır.

Bugün dünya enerji havuzunda güçlü bir konumu olan ve yenilenebilir enerji çeşitlerinin ilk sıralarında yer alan güneş enerjisi ve özellikle PV teknolojisi ülkemizin birçok bölge ve ilinde enerji ihtiyacını karşılamaya yönelik temiz ve ekonomik bir opsiyondur. Bunun yanında kaynağı yerli (güneş) olan bu enerji türü Türkiye'nin enerji özgürlüğünü kazanabilmesi içinde önemli araçlardan bir tanesidir.

Gelecekte hem toplam enerji payında hem de yenilenebilir enerji payında önemimin son derece yüksek bir şekilde artacağı tahmin edilen güneş enerjisinin kaynağının dışında

üretimi için kullanılan araçlarında (PV panel ve diğer ekipmanlar) yerli opsiyonları oluşmaktadır. Güneş enerjisinin diğer avantajı ise büyük santrallerin dışında uygulanabilen küçük ve orta ölçekli sistemlerin, bina çatıları gibi başka amaçlarla kullanılmayan alanlarda uygulanabiliyor olmasıdır. Bu avantaj kurulacak sistemlerin, kurulum alanlarının diğer işlevleri ile bir yarışa girmesini engellediği gibi büyük yatırımcıların dışında, belli bir ilk yatırım maliyetini karşılayabilen herkesin bu konuda oluşacak her inisiyatifin (yerel ve uluslararası çağrılar, politikalar, kampanyalar) bir parçası haline getirilmesini kolaylaştırabilecek bir yapıya sahiptir.

Devlet kurumları, belediyeler ve üniversiteler gibi oluşumların binalarında başlatılacak güneş enerjisi sistemleri planlaması, güneş enerjisi piyasasının Türkiye’de genişlemesini sağlayabilir, Türkiye’nin enerji konusunda yerli bir kaynak kullanmasına katkı sağlayabilir, istihdamı artırabilir ve kendi kaynak kullanımını verimlendirirken, kurumlar için ek gelir yaratabilir. Ayrıca kurumlarda gerçekleştirilecek bu projeler, genel ve yerel politikaların, kuralların ve altyapının oluşturulduğu aynı kurumlarda işin uygulama yönünde tanınmasında faydalı olabilir, pratiğinde çıkacak sorun ve zorlukların tanınmasını sağlayabilir, çözümlerin ise erken bulunmasına katkı sağlayabilir.

Dahası kurumlarda gerçekleştirilecek böyle bir uygulama, uygulamanın çerçevesinin çizilmesini de kolaylaştıracağı için mümkün olan parçaların yerli opsiyonlarının kullanılmasıyla, milli AR&GE çalışmalarının da desteklenmesini kolaylaştıracak ve ülke ekonomisinin gelişimine yeni bir araç sunabilecektir. Böyle bir çalışma doğası gereği şebeke sistemlerinin modernleşmesinin de önünü açabilir ve gelecek için altyapı oluşumuna katkıda bulunabilir. En nihayetinde bu çalışmaların halk için de bir tanıtım ve yaygınlaştırma aracı olacaktır.

Nihayetinde Türkiye gibi köklü bir geçmişe ve uzun bir geleceğe sahip ülkenin hem enerji bağımsızlığını sağlaması hem de bu yeni sayılabilecek pazarın içerisinde kendine bir yer bulması son derece önemli ve belki gerekli olduğu görülebilmektedir.

Bu çalışmada öncelikle genel olarak yenilenebilir enerji sistemlerinden bahsedilmiş, ikinci bölümde Türkiye’nin son yıllardaki yenilenebilir enerjideki konumu incelenirken, son bölümde ise Amasya ili belediye binası için tasarlanan şebeke bağlantılı PV güneş enerjisi sistem tasarımı ile yenilenebilir enerji uygulamalarından bir tanesi örneklenmiştir.

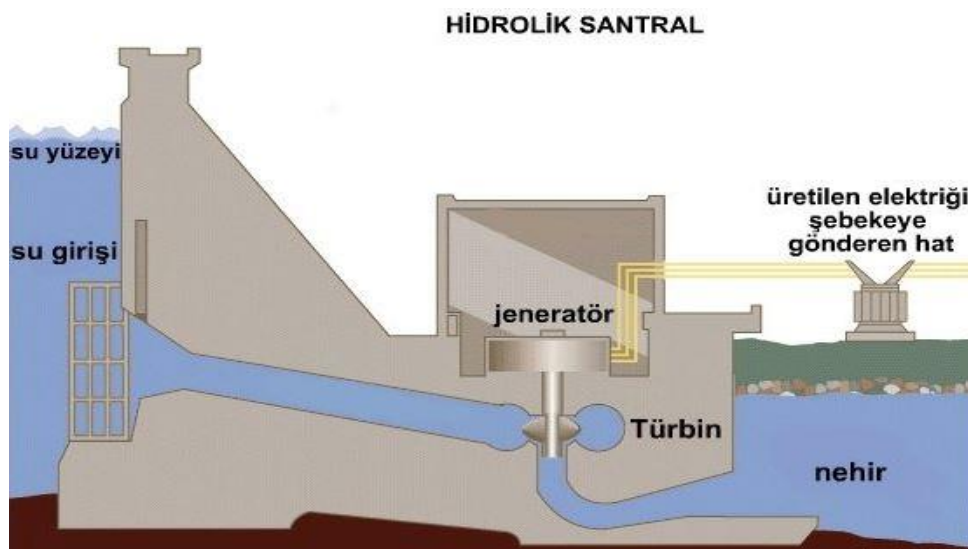
2. YENİLENEBİLİR ENERJİ ÇEŞİTLERİ, SİSTEME ENTEGRELERİ VE POLİTİKALAR

Son yıllarda hem göreceli olarak eski hidroelektrik enerjisi gibi, hem de modern anlamda yeni rüzgar ve güneş enerjisi gibi yenilenebilir, konvansiyonel yöntemlerden çok daha temiz ve birçoğu her ülkenin az ya da çok sahip olduğu kaynakları kullanan yenilenebilir enerji teknolojilerinde yaşanan büyük gelişmeler, hem dünyanın geleceği hem de devletlerin ve toplumların gelecekleri açısından umutvari veriler sunmaktadır.

Hidroelektrik, Güneş, Rüzgar, Biyokütle ve Jeotermal enerji sistemleri bugün mevcut ve işlevsel pazarlara sahip ana akım yenilenebilir enerji sistemleri olarak sayılabilir. Bunun yanında kimisi henüz gösterim, kimisi ise kurulmakta olan pazarlara sahip yenilenebilir enerji türlerinden aşağıda bahsedilmektedir.

2.1. Hidroelektrik Enerji

Bir yenilenebilir enerji türü olarak Hidroelektrik, suyun barajlarda biriktirilmesi ile biriktirilen ya da nehrin akışında bulunan enerjinin hidroelektrik santralleriyle elektrik enerjisine dönüştürülmesidir. Şekil 2.1.'deki gibi su türbin kanatlarını döndürürken, bu mekanik enerjinin döndürdüğü jeneratör ise elektrik enerjisini üretir.



Şekil 2.1. Hidroelektrik santrali şeması [2]

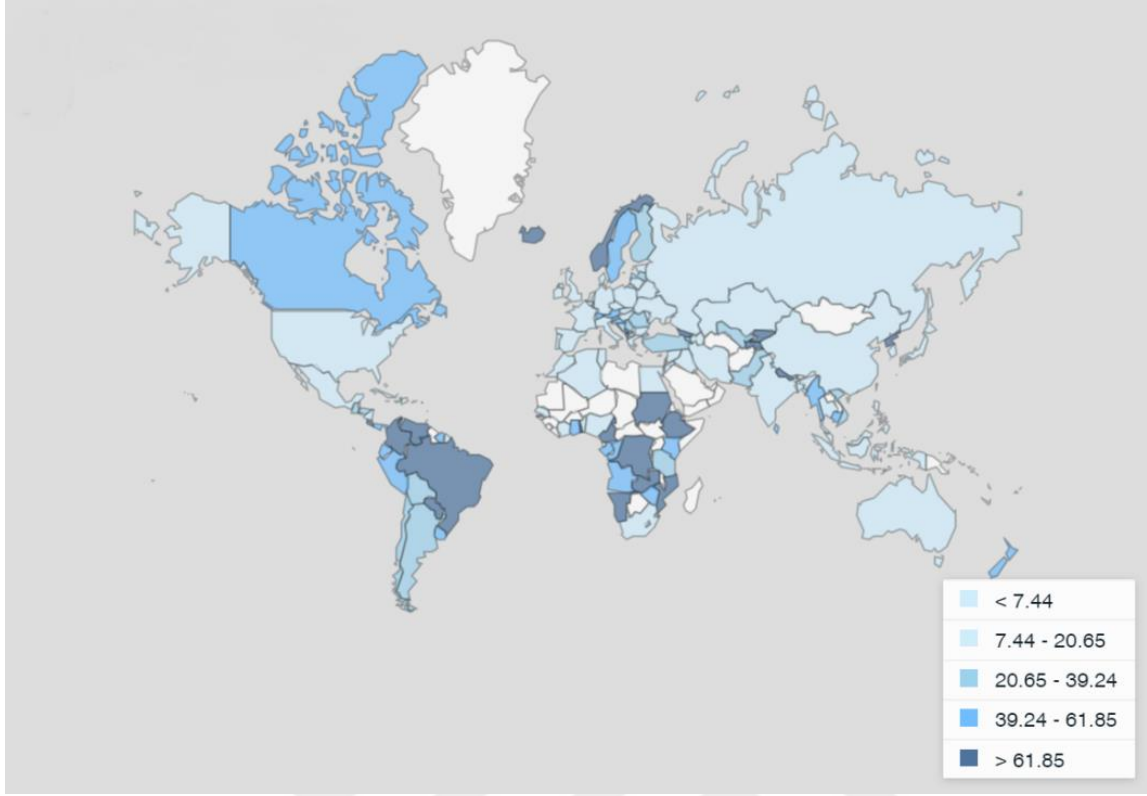
İnsanlığın güneş, rüzgar ve suyun enerjilerini kullanması kendi varlıkları kadar eski olsa da hidroelektrik enerjisi, modern dünyanın bir problemi olan büyük çapta güç ihtiyacına karşılık vermek için ortaya çıkan ilk yenilenebilir enerji şeklidir. 30 Eylül 1882'de dünyanın ilk hidroelektrik güç santrali Fox Nehrinde (Wisconsin, ABD) çalışmaya başlamıştır [3]. O günden bu yana, hidroelektrik dünya çapında hem elektrik üretiminin hem de yenilenebilir enerjinin önemli bir bileşenidir.

Hidroelektrik Enerji, yakıt kullanmadığı için son derece düşük kirlilik oluşturmaktadır. Çalışması için gerekli olan enerji doğa tarafından sağlanmakta ve bedavadır. Yağış rezerv sularını yenilemektedir ve bu sayede sürdürülebilir ve yenilenebilirdir. Göreceli olarak bakım ve işletme maliyetleri düşük olan hidrolik enerji, sera gazı emisyonunun azaltılmasında son derece önemli bir aktördür. Konvansiyonel bir enerjidir, zaman içerisinde kendini kanıtlamış, güvenilir bir teknolojiye sahiptir.

Hidroelektrik Enerjisi, tüm bu artılarının yanında kusursuz değildir. Yüksek yatırım maliyetlerine sahip olan Hidroelektrik santraller aynı zamanda yağış bağımlıdır. Ayrıca kuruldukları alanda, yaşam ve ekim alanlarının su altında kalmasına, su canlılarının sürüklenmesine, geçiş yollarının kısıtlanmasına, balık yaşam alanlarının kaybolmasına, değişmesine, rezervlerin ve akarsuyun su kalitesinde değişimlere ve yerel halkın göç etmek zorunda kalmasına neden olabilmektedir [4].

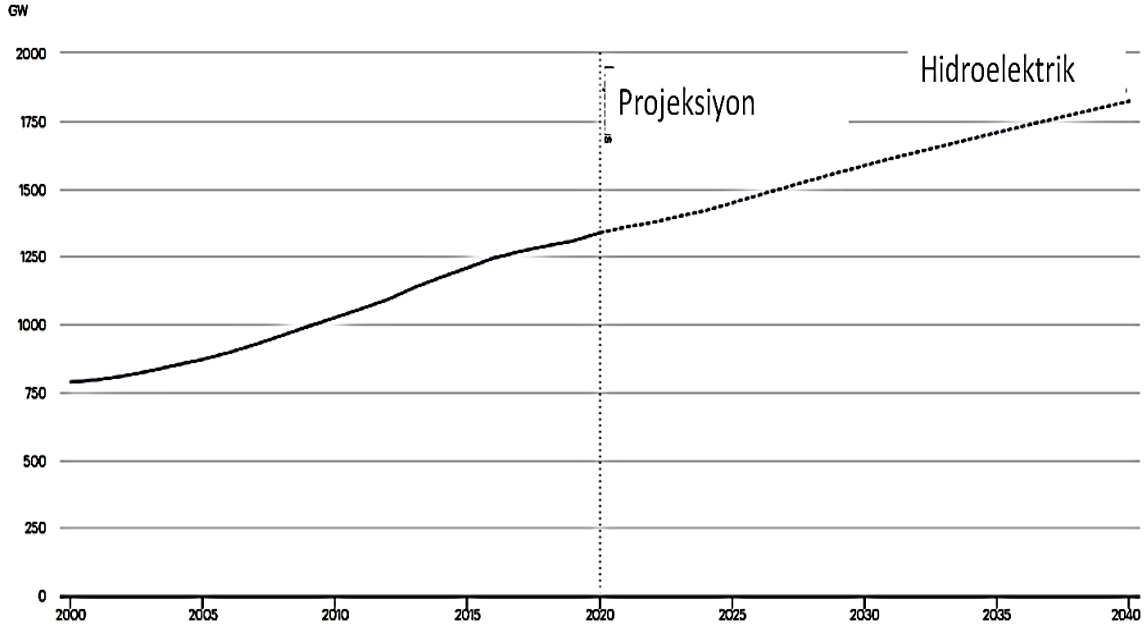
Hidroelektrik santraller, özünde suyu ve havayı kirletmiyor olsa da su sıcaklığında değişimlere neden olabilmekte ve bazen kimi rezervlerde metan gazı oluşabilmektedir.

Genel olarak enerji, büyük miktarlarda elektrik şeklinde depolanmak için hem teknoloji imkanları açısından hem de ekonomik açıdan uygun değildir. Bu nedenle depolanma enerjinin başka türlerinde gerçekleştirilir ve ihtiyaç duyulduğunda elektrik enerjisine dönüştürülür. Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santralleri (PDHES) günümüzde bu ihtiyacı karşılayacak en verimli, ekonomik ve uygulanabilir yöntemlerden bir tanesidir [5].



Harita 2.1. Hidroelektrik gücü ile elektrik üretimlerinin dünya yüzdeleri dağılımı, 2015 [6]

Harita 2.1.'de de görüleceği gibi dünyada yaygın olarak kullanılan ve birçok ülkede ana enerji kaynağı olarak kullanılan hidroelektrik enerjisi, 2019'da gerçekleşen %1,6 artışla, 2020 yılında, 1.330 GW'a ulaşmıştır. 2020'de Hidroelektrik ile üretilen enerji ise bir yıl öncekine oranla %1,1 artarak 4370 TWh olarak gerçekleşmiştir. Yine 2020'de dünya kurulu PDHES kapasitesi %0,9 artış göstererek 159,5 GW'a ulaşmış ve PDHES dahil olmak üzere 21 GW yeni hidroelektrik güç kurulumu gerçekleşmiştir. Kurulan yalnızca PDHES kapasitesi 1,5 GW'tır [7].

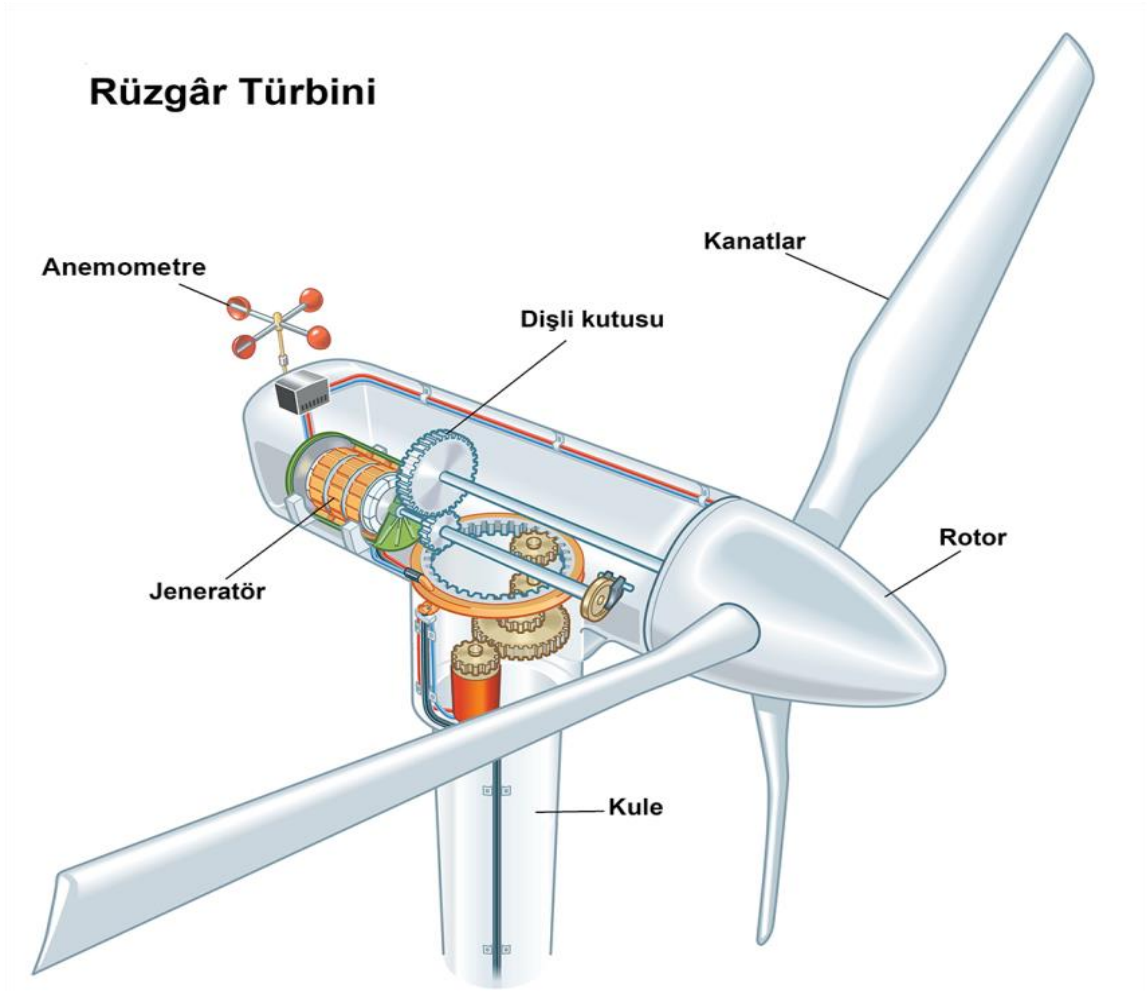


Şekil 2.2. 2000-2020 Toplam hidroelektrik enerjisi kurulumları ve belirlenmiş politikalara göre 2020-2040 arası beklenen toplam kurulumlar [8]

Bugün yenilenebilir enerji kaynakları arasında kurulu güç açısından hidroelektrik gücü açık ara öndedir. Bugün belirlenmiş olan politikalar senaryosu (Şekil 2.2.), mevcut kapasite artışları ve Uluslararası Enerji Ajansı'nın (IEA) hazırladığı 'Net Zero by 2050' adlı 2050 yılına dek karbon emisyonunu sıfıra indirmeyi hedefleyen yol haritasına bakıldığında önümüzdeki yıllarda Rüzgar ve Güneş enerjilerinin bu farkı kapatacağını ve hatta Su enerjisini geride bırakacağı beklenmektedir. Ancak tüm bu gelecek tahminlerinde Hidroelektrik kurulumu azalmamaktadır. Tersine dünyanın ucuz ve temiz enerjinin yanında ani değişimlere ayak uydurabilen bir enerji türü olarak da suya olan ihtiyacı artacaktır.

2.2. Rüzgar Enerjisi

Rüzgar türbinlerinde, rüzgarın sağladığı mekanik enerjinin kanatları, kanatların dişlileri döndürmesi ve sonunda jeneratör yardımı ile elektrik enerjisine çevrilmesi, Rüzgar Enerjisinin temel prensibini oluşturmaktadır (Şekil 2.3). Yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemlilerinden biri olan rüzgar enerjisi temiz, sürdürülebilir olmasının yanında sıfır emisyon hedefine ulaşmak için etkin, popüler ve verimli bir parçadır.



Şekil 2.3. Rüzgar türbini şeması [9]

Birçok rüzgar türbininin bir araya gelmesiyle oluşturulan rüzgar çiftlikleri kara (onshore) ve deniz (offshore) çiftlikleri olmak üzere iki şekilde kullanılmaktadır.

Rüzgar enerjisi dünyada en hızlı büyüyen enerji endüstrilerinden bir tanesidir. Rüzgar enerjisini böylesi büyüyen bir sektör yapan bir çok önemli avantajının yanında bu enerji türünü daha verimli ve zararsız olarak kullanmamız için ele alınması gereken zorlukları mevcuttur.

Öncelikle onshore rüzgar enerjisi bugün en ucuz enerji kaynaklarından biridir. Özellikle uzun süreli sabit fiyatlı satışın gerçekleştiği piyasada, bu enerjiyi üretmek için gerekli kaynak olan rüzgarın ücretsiz olmasıyla birlikte, konvansiyonel enerji türlerinde gerçekleşen yakıt fiyat belirsizliğini zayıflatmaktadır.

Rüzgar enerjisi ayrıca bir sektör olarak kayda değer bir istihdam yaratmaktadır. Sektör sadece ABD’de yüz binden fazla işçiye istihdam sunmaktadır. Rüzgar Türbini teknisyenliği ABD’nin en hızlı büyüyen işi olarak kayda geçmiştir. Yine Amerika’da üretim, kurulum, bakım ve destek alanlarında olmak üzere rüzgar sektörünün 2050 yılına kadar 600 bin istihdamı destekleyeceği hesaplanmaktadır. Keza Rüzgar Enerjisi Sektörü, profesyonel ve tecrübeli kadroları olan devletler için ekonomi yarışında endüstri gelişimini ve rekabetçiliği güçlendirebileceği çok önemli bir alandır.

Rüzgar enerjisi temiz, sürdürülebilir bir enerji türü olmasının yanında her ülke için yerel bir enerji türüdür. Konvansiyonel yakıtlara sahip olmayan ülkeler için belki herkesten fazla önemli bir enerji kalemidir.

Öte yandan rüzgar enerjisinin dayandığı rüzgar, gücü ve devamlılığı itibari her yerde aynı verimlilikte değildir. Rüzgar enerjisi en az maliyet konusunda yarışa devam etmelidir. Kara temelli rüzgar enerjisi için gerekli araziler, sıklıkla elektriğin kullanıldığı yerler olan büyük yerleşimlerden uzakta kalmaktadır. Aktarım hatlarının olmadığı bu yerler kurulum maliyetini de artırmaktadır. Bu açıdan yetkili ve kaynak sahiplerinin bu alanları önceden belirleyerek yapacakları planlı aktarım hatları rüzgar enerjisinin gelişimini önemli oranda artıracaktır.

Rüzgar enerjisi, diğer enerji türlerinin maliyetleri ile olan rekabeti dışında, yine rüzgar enerjisinin kurulacağı alanlarda, kurulum ve karlılıkta o toprağın kullanılabileceği diğer yatırımların maliyetleri ve karlılığı ile rekabet etmek zorundadır.

Temiz bir enerji türü olarak nitelenmekte olan rüzgar enerjisi, bu niteliğini konvansiyonel enerji türlerinin havayı, suyu ve toprağı kirletme oranlarıyla kıyaslanamayacak kadar az kirletmesinden dolayı hak etmekte ise de rüzgar türbinleri gürültü ve estetik kirliliğe neden olmaktadır. Ayrıca her ne kadar üzerinde çalışmalar devam eden bir alan olsa da rüzgar türbinleri uçan hayvanların ölümlerine de sebep olabilmektedirler. Bütün enerji türleri gibi bu büyüklükte uygulanan projeler, uygulama bölgelerindeki canlı yaşam alanlarını değiştirebilmekte, zarar verebilmektedir [10].

Rüzgar enerjisi, güneş enerjisi ile birlikte hidroelektrikten farklı olarak üretimini talebe göre kısım artırabilen bir enerji şekli değildir. Bu nedenle bu enerji türlerinin şebekeye

katılımı arttıkça şebeke altyapısının yenilenme ihtiyacı doğmaktadır. Yine bu durumlarda istenmeyen hava koşullarında kullanılmak üzere, hidroelektrikte olduğu gibi ayarlanabilir enerji türlerinin şebekedeki oranına dikkat edilmesi gerekebilmektedir [11].

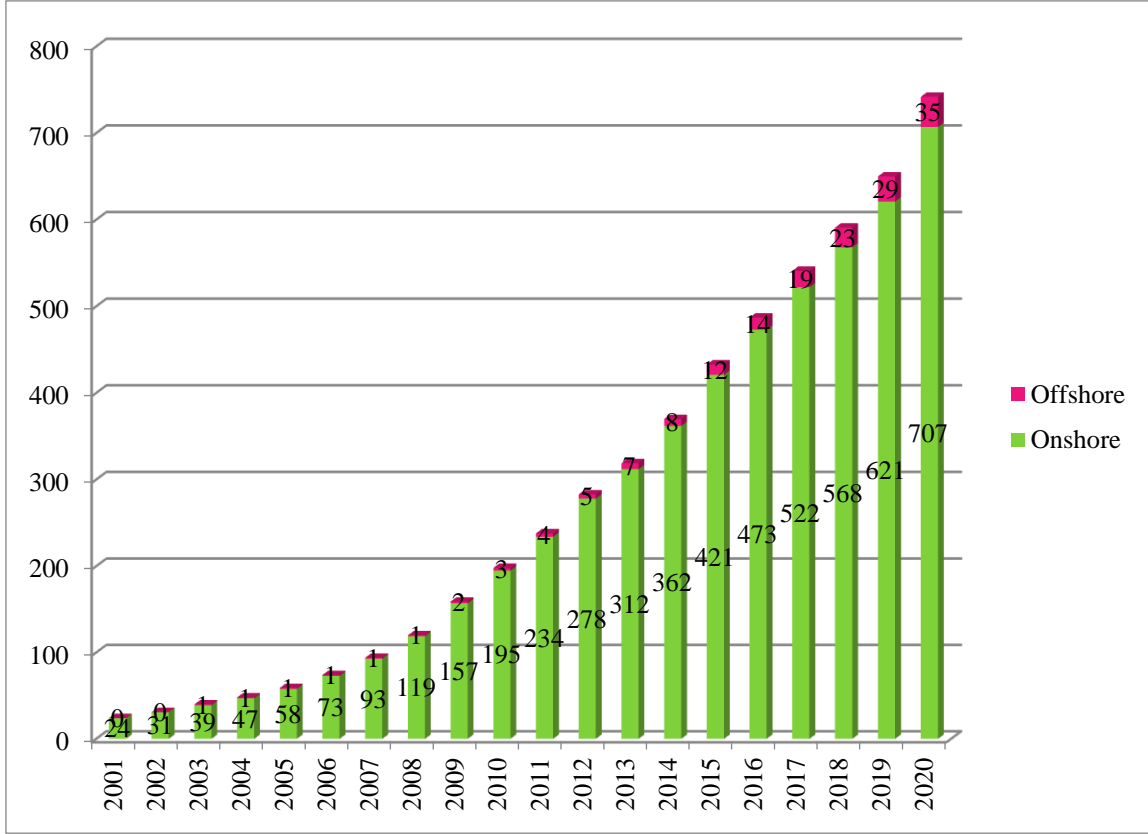
Çizelge 2.1. Onshore rüzgar enerjisi 2019-2020 yeni kurulumlar ve yeni kurulumlar sonrası toplam kurulumlar

MW, Onshore	2019 Yeni Eklemeler	2019 Toplam Kurulum	2020 Yeni Eklemeler	2020 Toplam Kurulum
Toplam Onshore	54634	620967	86932	707396
Amerika	13437	148081	21750	169758
ABD	9143	105436	16193	122275
Kanada	597	13413	165	13577
Brezilya	745	15452	2297	17750
Meksika	1281	6215	574	6789
Arjantin	931	1604	1014	2618
Şili	526	2145	684	2829
Amerika Diğerleri	214	3817	823	3920
Afrika, Orta Doğu	830	6454	823	7277
Mısır	262	1452	13	1465
Kenya	0	338	0	338
Güney Afrika	0	1980	515	2465
Afrika Diğerleri	568	2684	295	3009
Asya Pasifik	28626	283780	52546	336286
Çin	24292	229384	48940	278324
Hindistan	2377	37506	1119	28625
Avustralya	837	6199	1097	7296
Pakistan	50	1239	48	1287
Japonya	274	3857	551	4373
Güney Kore	191	1420	100	1515
Viyetnam	160	388	125	513
Filipinler	0	427	0	427
Tayland	322	1538	0	1538
Asya Diğerleri	123	1822	566	2388
Avrupa	11741	182651	11813	194075
Almanya	1078	53913	1431	55122
Fransa	1336	16643	1318	17946
İsveç	1588	8804	1007	9811
Birleşik Krallık	629	13617	115	13731
Türkiye	686	8056	1224	9280
Avrupa Diğer	6424	81618	6718	88185

Çizelge 2.2. Offshore rüzgar enerjisi 2019-2020 yeni kurulumlar ve yeni kurulumlar sonrası toplam kurulumlar

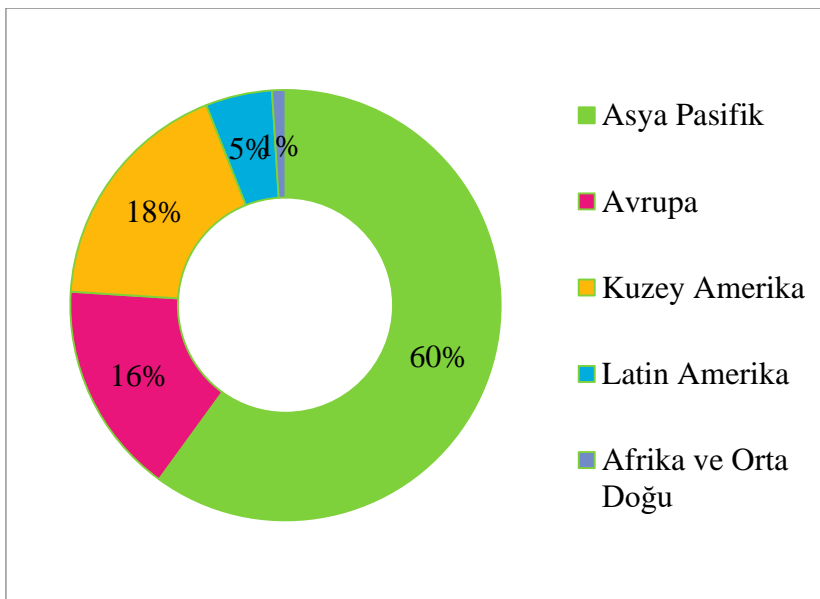
MW, Offshore	2019 Yeni Eklmeler	2019 Toplam Kurulum	2020 Yeni Eklmeler	2020 Toplam Kurulum
Toplam Offshore	6243	29232	6068	35293
Avrupa	3627	21901	2936	24837
Birleşik Krallık	1764	9723	483	10206
Almanya	1111	7491	237	7728
Belçika	370	1556	706	2262
Danimarka	374	1703	0	1703
Holanda	0	1118	1493	2611
Avrupa Diğerleri	8	310	17	327
Asya Pasifik	2616	7301	3120	10414
Çin	2493	6936	3060	9996
Güney Kore	0	73	60	136
Asya Diğerleri	123	292	0	282
Amerika	0	30	12	42
ABD	0	30	12	42

Dünyada 2020 yılında 86,9 GW onshore (Çizelge 2.1.) ve 6,1 GW (Çizelge 2.2.) offshore olmak üzere toplam 93 GW'lık yeni kurulum gerçekleşmiştir. Bu rakamlar onshore için bir yılda gerçekleşen en yüksek kurulum iken offshore için yine bir yılda gerçekleşen en yüksek ikinci yıl olmuştur. Bu yeni kurulumlarla birlikte 707 GW'ı onshore ve 35 GW'ı offshore olmak üzere dünya 2021 yılına 743 GW'lık rüzgar gücü ile girmiştir.



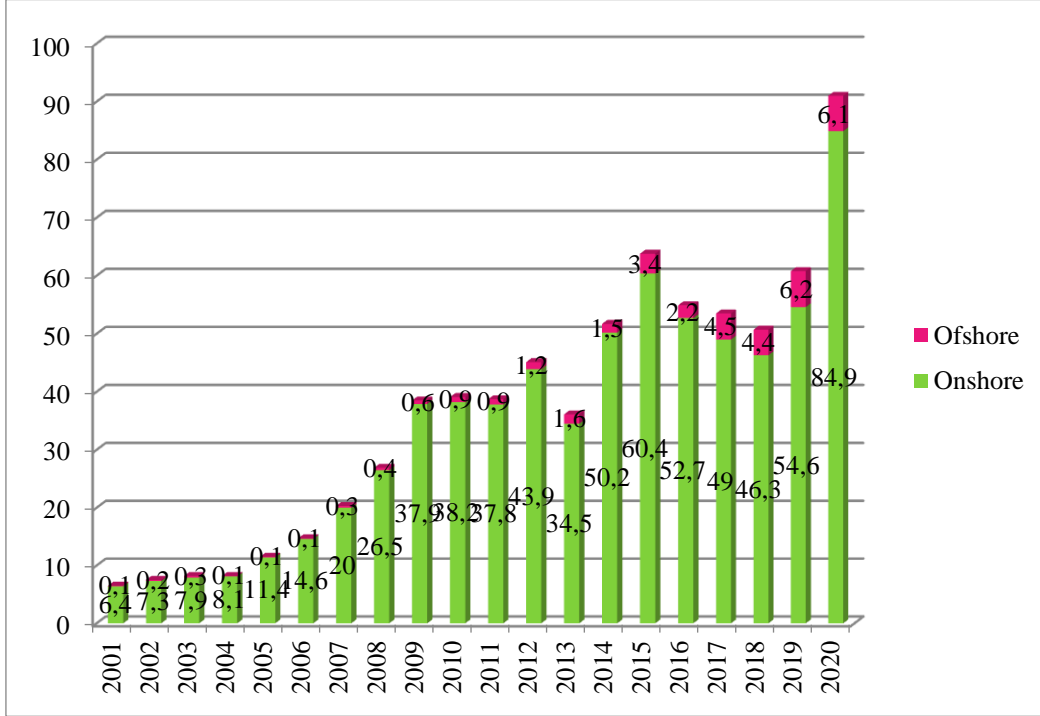
Şekil 2.4. Rüzgar enerjisi 2001-2020 yılları toplam kurulum (GW)

2001 yılında tüm dünya kurulumu 24 GW olan bu sektör 743 GW'lık Şekil 2.4.'de görüldüğü gibi dev bir pazara dönüşmüş durumdadır.



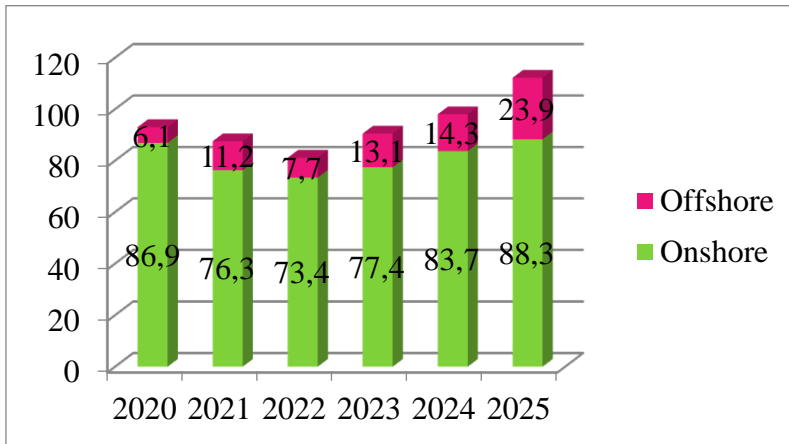
Şekil 2.5. 2020 yılı yeni kurulumların bölgelere göre dağılımı

Dünya toplam rüzgar enerjisi bölgelere göre oranlarının verildiği Şekil 2.5.'de görüldüğü gibi dünya rüzgar gücünün büyük bir bölümü (%60) Asya Pasifik ülkelerindedir.

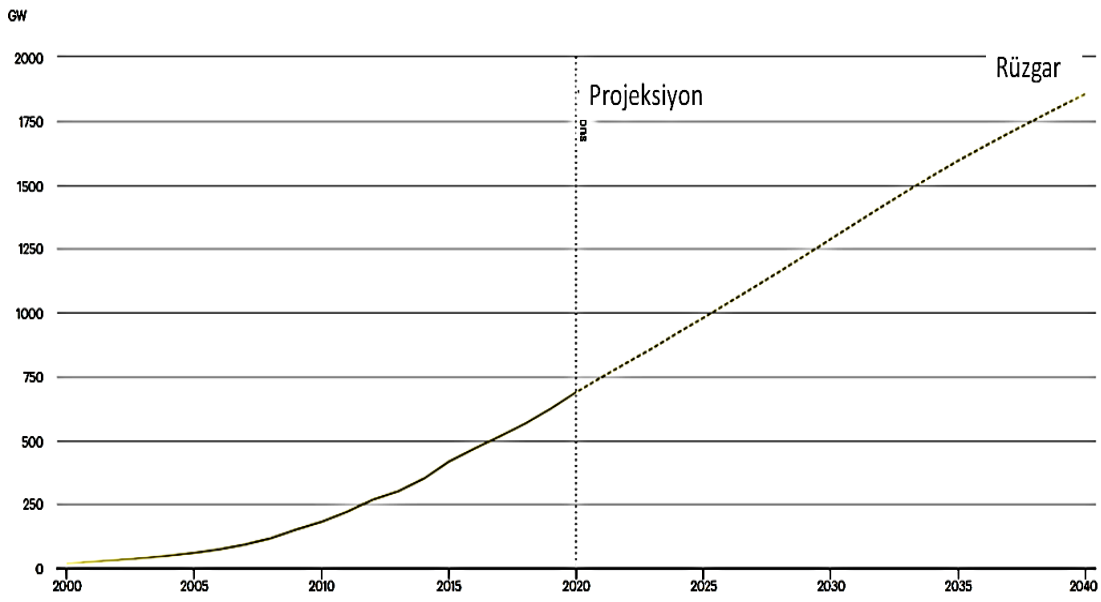


Şekil 2.6. Rüzgar Enerjisi son 2001-2020 yılları yeni kurulum (GW)

Şekil 2.6.'da son 20 yılda dünyada gerçekleşen yeni kurulumlar verilmiştir ve 2020 yılı en yüksek kurulumun gerçekleştiği yıl olmuştur [12].



Şekil 2.7. Rüzgar enerjisi 2020-2025 GWEC raporuna göre dünyada beklenen yeni kurulumlar (GW)



Şekil 2.8. 2000-2020 Toplam rüzgar enerjisi kurulumları ve belirlenmiş politikalara göre 2020-2040 arası beklenen toplam kurulumlar

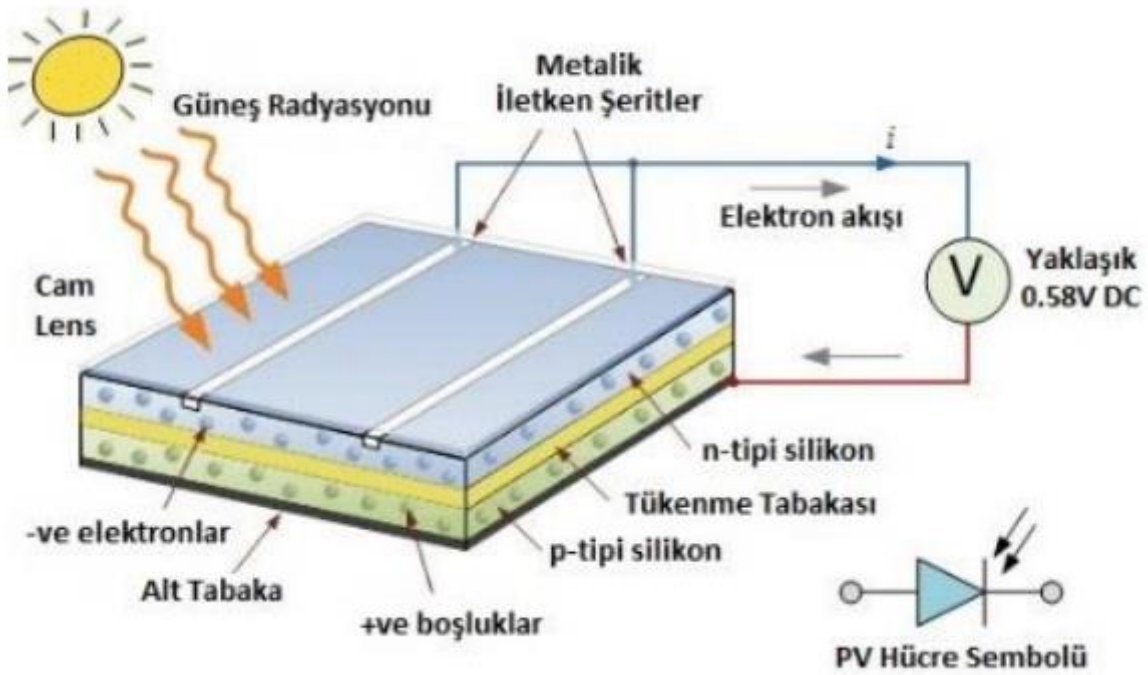
Hem var olan durum üzerinden yapılan tahminler, hem ülkelerce belirlenen politikaların sonucu olarak yapılan tahminler (Şekil 2.8.) hem de ‘sıfır emisyon’ gibi dünya geleceğini korumak için pazarlara yön verebilen uluslararası politikaların ihtiyacı olan paylar Rüzgar Enerjisinin zirvedeki türlerden biri olmak üzere büyümeye devam edeceğini göstermektedir. Küresel Rüzgar Enerjisi Konseyi’nin (GWEC) raporuna göre 2021 de dahil olmak üzere önümüzdeki 5 sene boyunca yıllık ortalama %4’lük artışlarla Şekil 2.7.’de görüldüğü gibi sektörün yeni kurulumlar gerçekleştirmesi beklenmektedir [8,12].

2.3. Güneş Enerjisi

Bir saatte güneşten dünya yüzeyine vurmakta olan güneş enerjisi tüm dünyanın bir yılda kullandığı enerjiden daha fazladır [13]. Güneşten gelen böylesi bir enerjinin, teknolojik gelişmeler sayesinde, doğrudan kullanımı mümkün olduğu gibi, bugün bulutlu havalarda dahi güneş enerjisi kullanıma hazır haldedir.

Canlıların en eski ve en temel enerji kaynağı olan güneş enerjisi, bugünkü kullanımında temel olarak ticari Fotovoltaik (PV) panelleri ifade etmektedir. Dünyada yıllık 14.000 Mtoe (Milyon ton petrol) seviyesine ulaşmış olan enerji tüketiminde güneş enerjisinin kullanımı iki şekilde gerçekleşmektedir [14].

Fotovoltaikler güneş ışınını doğrudan elektrik enerjisine çeviren elektronik cihazlardır. 1954’de Bell Telefon Laboratuvarlarında icat edilen PV teknolojisi, bugün en hızlı büyüyen yenilenebilir enerji pazarlarından biridir ve geleceğin enerji üretiminde de hatırı sayılır bir paya sahip olabilecek özelliklere sahiptir. PV paneller, Güneş Tarlası olarak ticari ölçeklerde kullanılabildiği gibi daha küçük ölçeklerde şahsi kullanımlara ya da küçük şebekeleri karşılayacak şekilde de kullanıma uygundur. PV paneller ile kurulacak bir mini-şebeke, güç iletim ağından uzakta yaşayan insanlar için son derece kullanışlı bir seçenektir.



Şekil 2.9. Fotovoltaik Hücre Yapısı [15]

Şekil 2.9.’deki gibi yapısıyla, ışığı oluşturan fotonların solar panel hücrelerine çarpması ile oluşan etkiden dolayı elektronların sıçraması, kutuplar arası yer değiştirmesi gibi hareketlerle akım ve gerilimlerin oluştuğu ortamda güneşten gelen enerji PV paneller ile elektriğe dönüştürülmektedir.

Son on yılda üretim maliyetleri çok ciddi şekilde azalmış olan PV paneller, karşılanabilir olmuş ve dahası birçok yerde en ucuz elektrik üretim şekli haline gelmiştir.



Şekil 2.10. Güneş enerjisini yoğunlaştırıcı ayna sistemleri [16]

Güneş enerjisini kullanan bir diğer yöntem ise Konsantre Güneş Enerjisidir (Concentrated Solar Power – CSP). Şekil 2.10.’deki gibi aynaların güneş enerjisini yoğunlaştırdığı bu yöntemde, yoğunlaştırılmış güneş ışınları bir sıvıyı buharlaştırmakta ve bu buharın hareket ettirdiği türbin ile elektrik üretilmektedir. Büyük santraller şeklinde kullanılan CSP yöntemi genellikle uzun ve ince bir kuleye aynalar yardımı ile yönlendirilen güneş ışığı sisteminden oluşmaktadır. Bu yöntemin maliyeti bir PV sistemin maliyetinden daha fazladır ancak erimiş tuz kullanılan bu sistem, kullanılan bu tuzda ısıyı depolayabilmekte ve sistem güneş battıktan sonra da elektrik üretmeye devam edebilmektedir [17].

Her ülkenin kendi topraklarında bulabildiği bir enerji türü olarak güneş, tüm yenilenebilir enerji kaynakları gibi konvansiyonel enerji kaynaklarına karşı temiz, sürdürülebilir ve ülkelerin enerji bağımsızlığına sahip olmalarının önünü açacak bir enerji türüdür. Güneş enerjisi her geçen gün maliyet konusunda ki rekabetini artırmaktadır. Şartların uygun olduğu birçok yerde güneş en ucuz enerji türü olduğu gibi, birçok yerde de halen maliyetleri konusunda teknolojik gelişmelerin ilerlenmesi beklenmektedir.

Öte yandan güneş enerjisi, rüzgar enerjisinde de olduğu gibi, üretimini talebe göre kısır artırabilen bir enerji şekli değildir. Geceleri ve kapalı günler tedarikte kesintiler meydana gelebilir. Esasen bir depolama şekli mümkün olduğunda güneş sistemleri diğer zamanları telafi edecek kadar güç elde edebilmektedir, ancak bunun standart bir yöntem olarak kullanılabilmesi için teknolojik gelişmelere ihtiyaç vardır.

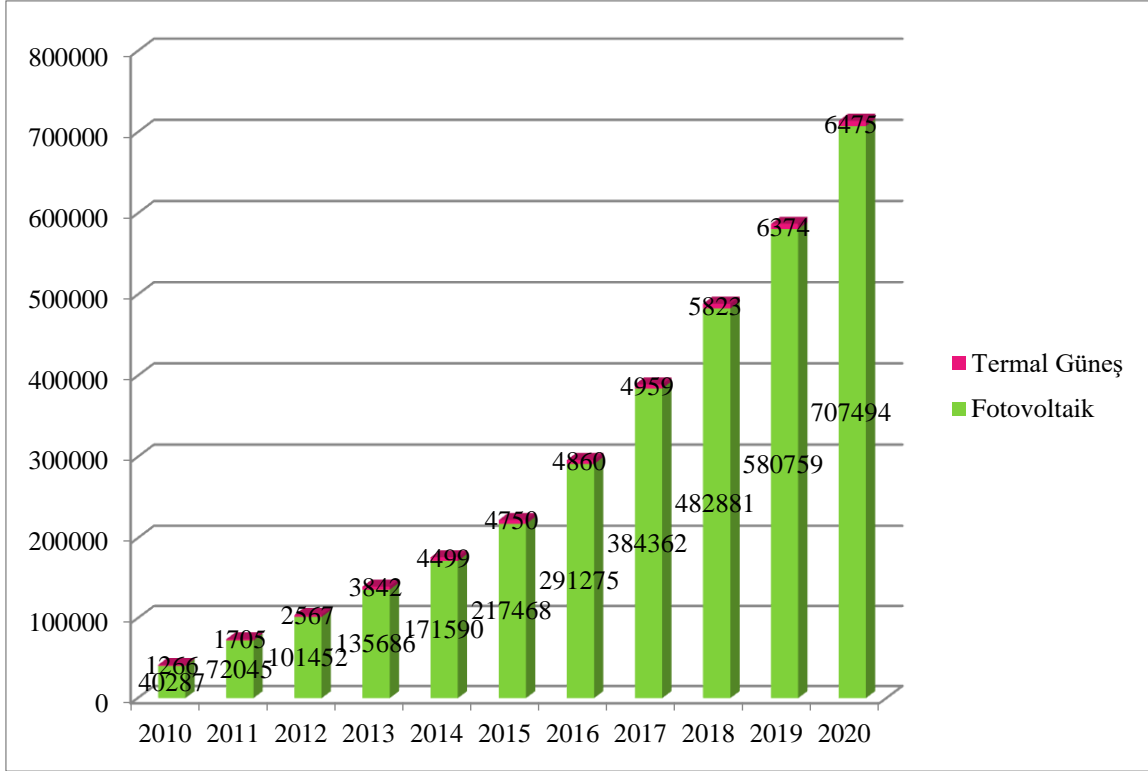
Her büyük ölçekli proje gibi güneş sistemlerinde de büyük santraller büyük alanlar kaplamakta, kapladıkları alanların canlı habitatlarına zarar vermektedir ve o toprakların başka amaçlar için olan kullanımlarıyla rekabet etmek zorundadır. Öte yandan küçük

ölçekte kullanıldığında güneş enerjisi, birçok alternatifinden farklı olarak, çatı kurulumlarında olduğu gibi başka hiçbir amaç için kullanılmayan alanları da kullanabilmektedir.

Güneş Enerjisinin önünde ki bir başka zorluk ise üretimde kullanılan nadir malzemelerdir. Bu zorluk CSP sistemleri için geçerli olmasa da ana enerji sistemi olan PV sistemlerini ilgilendirmektedir. PV malzemelerin yeniden dönüşümü ile aşılabilecek bu zorluk, özünde bu nadir malzemelerin kaynak yokluğundan ziyade ileride oluşacak talebe yetişme zorluğuyla ilgilidir.

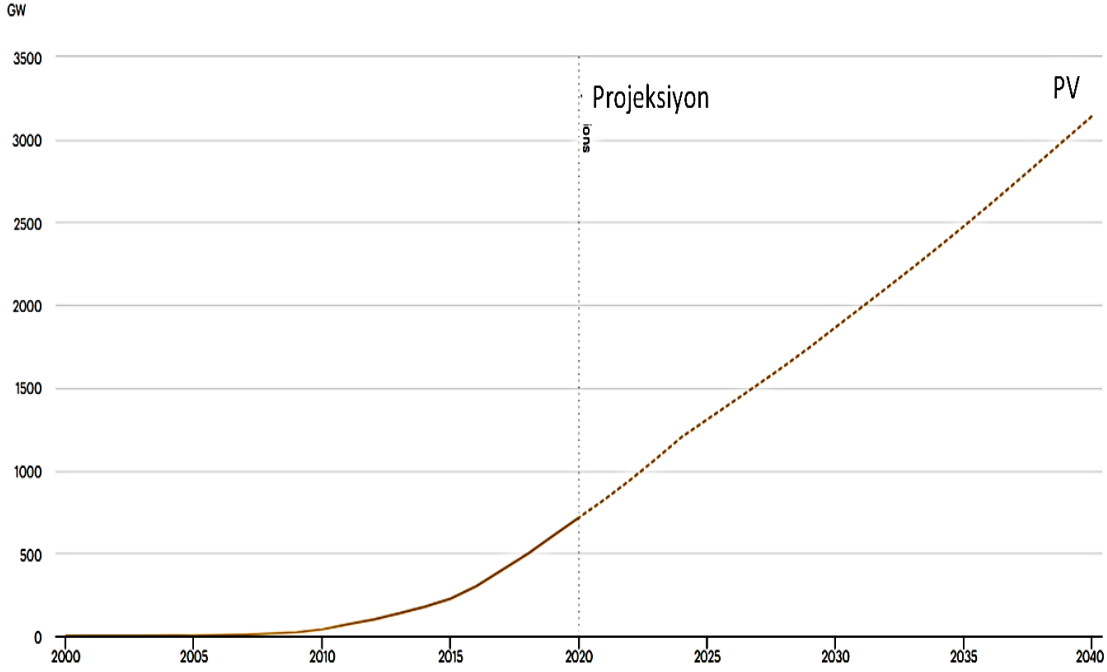
Güneş enerji sistemlerinin çevreye verdiği zarar ise temel olarak tüm elektronik malzemelerin oluşturduğu zararla aynı nedendir. İmha yöntemleri doğru şekilde uygulandığında, CSP sistemlerinin su kullanımı sayılmazsa, Güneş Enerji sistemleri sera gazları emisyonunu düşürmek için, enerji üretiminde, son derece önemli alternatif yöntemlerden biridir [18].

Güneş ve Rüzgar Enerjisi birlikte 2020 yılının eklenen yenilenebilir enerji kapasitesinin %91'ini oluşturmaktadır ve bugün kurulu toplam kapasite olarak hidroelektriğin çokça gerisinde olmalarına rağmen, her ikisi de geleceğin yenilenebilir enerji devleri olmak için her türlü özelliğe sahiptir.



Şekil 2.11. 2010-2020 yılları arası toplam kurulu güneş enerjisi kapasiteleri (MW) [17]

Şekil 2.11.'de de görüleceği üzere 2020 yılında 127 GW yeni kurulumun gerçekleştiği dünyada, toplam kurulu güneş enerjisi kapasitesi 714 GW'a ulaşmıştır. Bu Güneş enerjisi için %22 büyüme anlamına gelmektedir. Ancak bu büyümenin büyük bir kısmı Çin'de ve küçük bir uzantısı ise ABD'de gerçekleşmiştir. Diğer yerlerde büyüme önceki seyrinde (%10 civarı) devam etmektedir.



Şekil 2.12. 2000-2020 Toplam güneş enerjisi kurulumları ve belirlenmiş politikalara göre 2020-2040 arası beklenen toplam kurulumlar [8]

Şekil 2.12.'deki grafikte ülkelerce belirlenmiş olan politikalar dikkate alınarak 2020-2040 arası gerçekleşecek PV kurulum beklentilerini göstermektedir ve görüldüğü gibi güneş enerjisinin gelecekte en önemli enerji piyasalarından biri olması öngörülmektedir.

2.4. Biyokütle Enerjisi

Biyokütle enerjisi bitki ve hayvanlardan oluşan canlılardan ortaya çıkan organik materyallerin enerji kaynağı olarak kullanılmasıdır. Geleneksel olarak biyokütle doğrudan yakıt olarak kullanılabilir (ısınma, yemek yapma vs.). Bunun yanında işlem uygulanan biyokütle sıvı ve gaz şeklinde biyoyakıt denen yakıt türüne çevrilerek de kullanılabilir.

Odun ve odun artıkları en büyük biyokütle enerji payını kapsamaktadır. Odun, odun artıkları doğrudan yakıt olarak kullanılabilir gibi, peletlere dönüştürülerek de bir yakıt türü olarak depolanabilir. Atık enerjisinin ana kaynakları odun atığı, şehir katı atıkları, tarım atıkları, çöp sahası gazları ve üretim atıklarıdır. Arıtma çamuru biyokütle enerjisi için kullanılan bir başka kaynaktır.

Doğrudan yakarak yaşam alanlarının ve suların ısıtılması, endüstriyel süreçlerde gereken sıcaklıkların sağlanması ve buhar türbinleriyle elektrik üretilmesi gibi kullanılabilir enerjiye dönüştürülebilen biyokütle bunun yanında; termokimyasal, kimyasal ve biyolojik işlemlerle katı, sıvı ve gaz türünde yakıt türlerine çevrilebilmektedir.

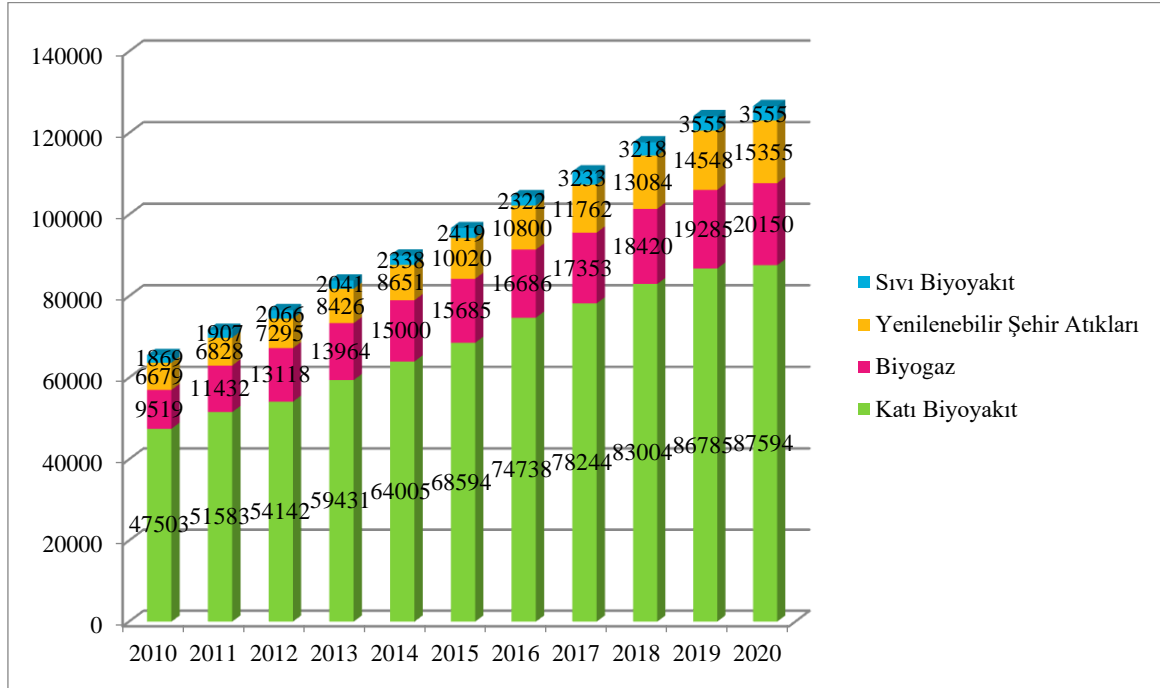
Termokimyasal işlemler, temel olarak birbirinden işlem sıcaklıkları ve işlem sırasında kullanılan oksijenle ayrılan piroliz, hidrojenlenme ve gazlaştırma yöntemleri ile gerçekleştirilmektedir. Bu işlemler sonucu kömür, biyo-yağ, yenilenebilir dizel, metan, yenilenebilir benzin, yenilenebilir jet yakıtı, sentez gazı, hidrojen gibi yakıtlarla birlikte karbon monoksit ortaya çıkmaktadır.

Transesterifiye yöntemi ile gerçekleşen kimyasal işlem ise sebze ve hayvan yağlarını yağ asidi metil esterlerine çevirerek biyodizelin hammaddesinin oluşturulmasını sağlamaktadır. Fermantasyon ve oksijensiz sindirim uygulayarak gerçekleştirilen biyolojik işlemler ise sırasıyla etanol ve yenilenebilir doğal gazları oluşturmak için kullanılmaktadır [19].

Biyokütle enerjisi yenilenebilir enerji türlerinin biri olarak öncelikle enerji bağımsızlığını sağlamanın yollarından biridir. Kaynakları devamlıdır, doğru oranlarda sürdürülebilir. Fosil yakıtlardan daha ucuz olmasının yanında hem üretici açısından hem şehir yönetimi açısından hem total olarak devletler ve insanlık olarak ürettiğimiz atığın enerjiye dönüştürülerek kullanılması açık bir avantajdır. Yalnızca katı atıkların yakılması, çöp alanlarındaki atığın %60-90 arası azalmasını sağlamaktadır [20].

Biyokütle enerjisinin en tartışmalı kısmı diğer birçok yenilenebilir enerji türünde ilk sıralarda sayılan temiz enerji konusudur. Biyokütle Enerjisi karbon nötr olarak tanımlanan bir enerji türüdür. Biyokütle kullanılabilir enerjiye dönüştürülürken fosil yakıtlarda olduğu gibi havayı kirletmektedir. Ancak bu kullanımda açığa çıkacak olan karbonun, bu işlem gerçekleşirse dahi çürüme ile zaten doğaya salınacağı gerçeği vardır. Biyokütlenin en önemli parçası olan odunun (ormanın) bu çürüme ve yeniden büyüme döngüsünde araya girilerek insan ihtiyaçlarına kullanılması döngü tamamlandığında (ağaçların yeniden büyümesi) net sıfır karbon salınımına ulaşıldığı varsayılmaktadır. Ancak bazı araştırmalar, net sıfır karbonun sağlanabilmesi için döngüdeki dengenin korunmasının esas olduğunu ve bazı durumlarda bu dengenin sağlanmadığını iddia etmektedir. Her kesilen ağacın yerine yenisinin eklenmesinin bir garantisi yoktur, kesilen alanlar başka amaçlar için

kullanılabilmekte ve kullanılmasa dahi tekrar ağaçlanmanın sağlanması gerçekleştirilmeye çalışılmaktadır [21].

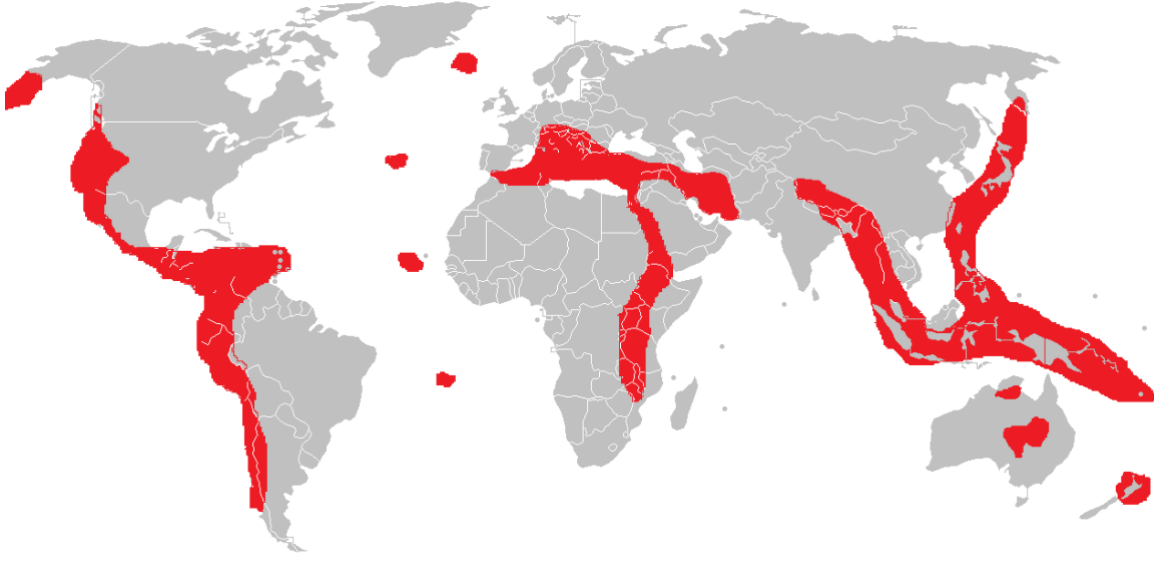


Şekil 2.13. 2010-2020 Yıllara göre kurulu biyokütle kapasiteleri (MW)

2010 yılında 47,5 GW olan dünya katı biyoyakıt kapasitesi 2015’de 68,5 GW’a ulaşmış ve 2021 yılı başlangıcında 87,5 GW’a kadar ulaşmıştır. 2010 yılında 9,5 GW olan biyogaz yakıt kapasitesi bu yılın başı itibari ile 20 GW’tır. 10 yıl önce 6,7 GW ve 1,9 GW olan yenilenebilir şehir atıkları ve sıvı biyoyakıtlar 2021 yılı başında sırası ile 15,4 GW ve 3,6 GW olmuştur. Geleneksel kullanımı da katıldığında yenilenebilir enerjinin %75’ini oluşturan biyokütle enerjisi modern kullanım tipinde bugün 126,5 GW kurulu güce sahiptir. Şekil 2.13.’de 2010 ve 2020 yılları arası toplam kurulumlar grafik olarak verilmiştir [23].

2.5. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji dünya yüzeyinin altındaki sıcaklığın kullanılması ve dönüştürülmesi ile gerçekleştirilmektedir. Yeraltındaki ısı su ve buharla dünya yüzeyine çıkmakta ve bu sıcaklık insanların ısınma, soğutma ihtiyaçlarının karşılanması için kullanılmasının yanında santrallerle elektriğe çevrilmesi sağlanmaktadır.



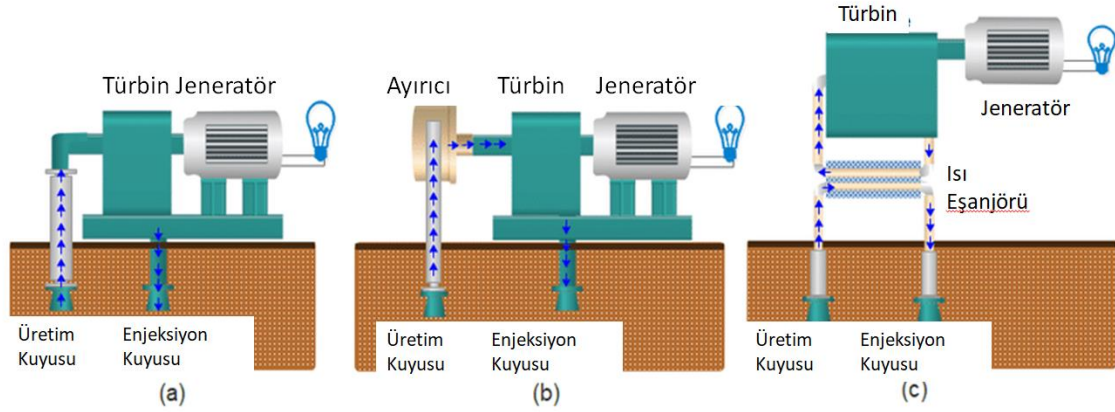
Harita 2.2. Dünya’da etkin jeotermal bölgeler [23]

Genel olarak aktif tektonik bölgelerde tam manası ile kullanılabilir enerji sağlayabilen bu yenilenebilir enerji türü; İzlanda, El Salvador, Yeni Zelanda, Filipinler ve Kenya’da enerji ihtiyacının büyük bir kısmını karşılamaktadır (Harita 2.2.) [24].

Yenilenebilir bir enerji türü olan Jeotermal Enerji, konvansiyonel kaynaklara sahip olmayan ülkeler için enerji bağımsızlığını sağlamanın yöntemlerinden biridir. Gün, hava durumu ve mevsim değişiklerinden bağımsız olarak sabit enerji üretilen jeotermal enerji türü bu yönüyle rüzgar ve güneş gibi değişken yenilenebilir enerji türlerinden de ayrılmaktadır. Jeotermal santraller kapladıkları alan bakımında da kömür, rüzgar ve fotovoltaik (merkezi istasyonlu) santrallerden GW başına düşen alan olarak daha az yer kaplamaktadır. Birçok geleneksel üretim teknolojisine nispetle daha az su tüketen modern jeotermal santraller, sera gazı salınımı yapmamaktadır [25]. Ancak Jeotermal enerji, özellikle verimli elektrik üretimi için yüksek sıcaklıklara ihtiyaç duymaktadır ve bu sıcaklıkları sağlayan kaynaklar büyük bir çoğunlukla aktif tektonik bölgelerde bulunabilmektedir. Bu nedenle Jeotermal enerji lokasyon özel bir enerji türüdür. Bugün için anlamlı olarak kullanıldığı ülkeler sayılıdır [26].

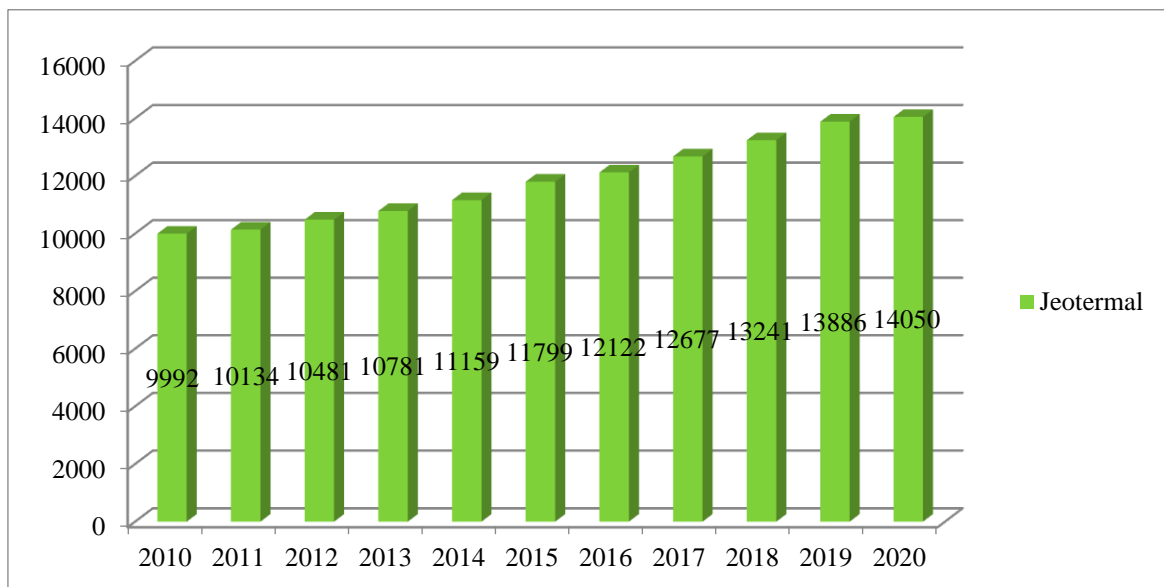
İkili buhar çevrimi teknoloji sayesinde orta sıcaklıklardaki kaynakların kullanımı artmakta olan jeotermal enerjinin 180 °C’nin üstünde işlem gerçekleştiren kuru buhar ve flaş buhar tesisleri ekonomik ve teknolojik açıdan yeterince olgunlaşmış pazarlardır. Cadde ısıtması, jeotermal ısı pompaları ve seralar gibi diğer uygulama türleri de olgun piyasalardır ve uzun

zamandır kullanılmaktadır. Öte yandan halen gösterim aşamasında bulunan Geliştirilmiş Jeotermal Sistemler gibi Jeotermal pazarı için geliştirilmekte olan yeni teknolojilerde bulunmaktadır [24].



Şekil 2.14. Jeotermal santral tipleri çalışma şemaları

Şekil 2.14.'de gösterildiği gibi; Kuru buhar santrallerinde (a), kuyudan üretilen buhar doğrudan kullanılmaktadır. Flaş buhar santrallerinde (b) ise kuyudan gelen yüksek basınçlı su düşük basınç ayraçlarında su ve buhar olarak ayrılarak buharın türbini çevirmesi sağlanmaktadır. İkili buhar çevriminde (c) jeotermal sıvının ısı kullanılarak sudan daha düşük derecede buharlaşan sıvının buharlaşması ve türbini çevirmesi sağlanmaktadır [27].

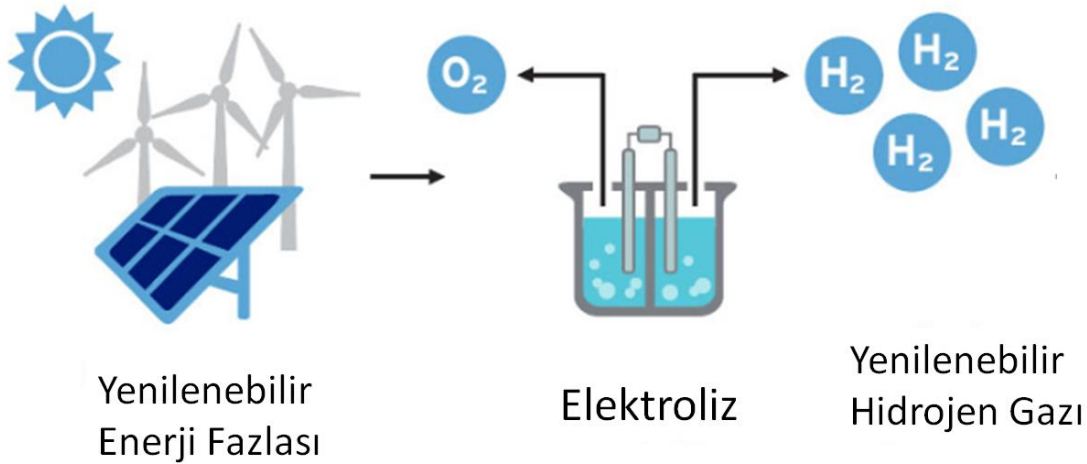


Şekil 2.15. 2010-2020 Jeotermal enerji toplam kurulu gücü (MW)

Şekil 2.18.'de gösterildiği üzere, 0,8 GW 2019'da ve 0,3 GW 2020'de olmak üzere son 10 yılda eklenen 4 GW' a yakın yeni kurulumla birlikte 2010'da 10 GW olan toplam jeotermal enerji kapasitesi 2020 sonunda dünyada 14 GW'a ulaşmıştır [24,28]. Dünyanın Jeotermal enerjisi en az 35 GW olarak hesaplanmaktadır [26].

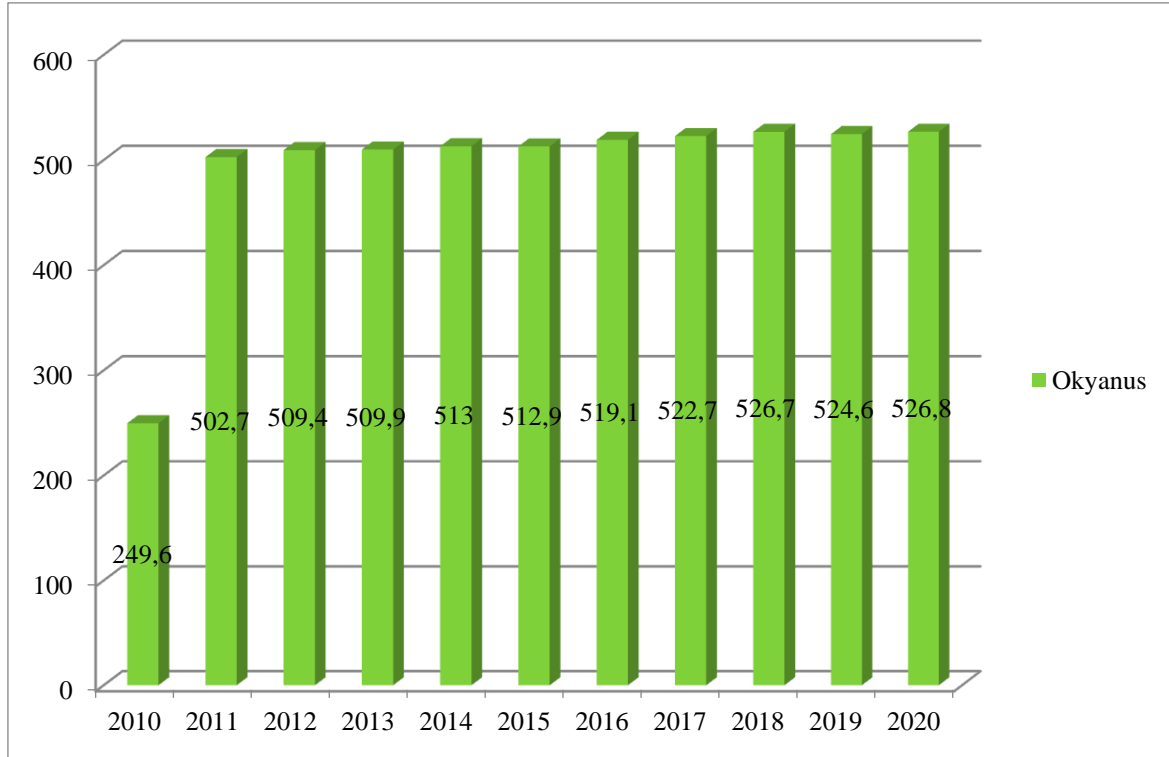
2.6. Diğer Yenilenebilir Enerji Türleri

Gelgit, dalga ve okyanus akıntıları halen araştırma ve geliştirme aşamasında olmaları, henüz piyasa şartlarına ulaşamamalarına rağmen elektrik üretebilecek enerjiye sahiptirler. Dalga Enerjisinde hem dalga salınıminin hem de dalga sütununda oluşan yükseklik farkının kullanımını gerçekleştirmektedir. Gelgit enerjisi ise yüksek ve alçak gelgitle arası baraj kurulması, gelgit akıntısı, gelgit nehri ya da hibrit sistemlerin kullanılması ile gerçekleştirilmektedir. Bunun dışında yine okyanuslarda tuzluluk farkından oluşan yükseliş ve düşüşlerin enerjisinin kullanılması ve sıcak su yüzeyi ile soğuk derinliklerin arasında ki sıcaklık farkının kullanılmasına dayalı sistemler üzerinde çalışılmaktadır [29].



Şekil 2.16. Yenilenebilir hidrojen üretim şeması [30]

Bunun yanında yenilenebilir enerji ile hidrojen üretiminin (Şekil 2.16.) ucuzlaması ve sera gazı salınımlarının kesilmesinin dünya yaşamı için ivediliği hidrojen enerjisinin önünü açmaktadır. IRENA sürdürülebilir bir geleceğin garanti altına alınması için hidrojenin temiz enerji çeşitliliğinin önemli bir parçası olduğunu söylemektedir [31].



Şekil 2.17. 2010-2020 yılları toplam kurulu okyanus enerjisi gücü (MW)

Bugün 0,5 GW (Şekil 2.17.) civarında kurulu okyanus enerjisi ve 0,2 GW civarında ise kurulu hidrojen enerjisi kapasitesi mevcuttur [29,32].

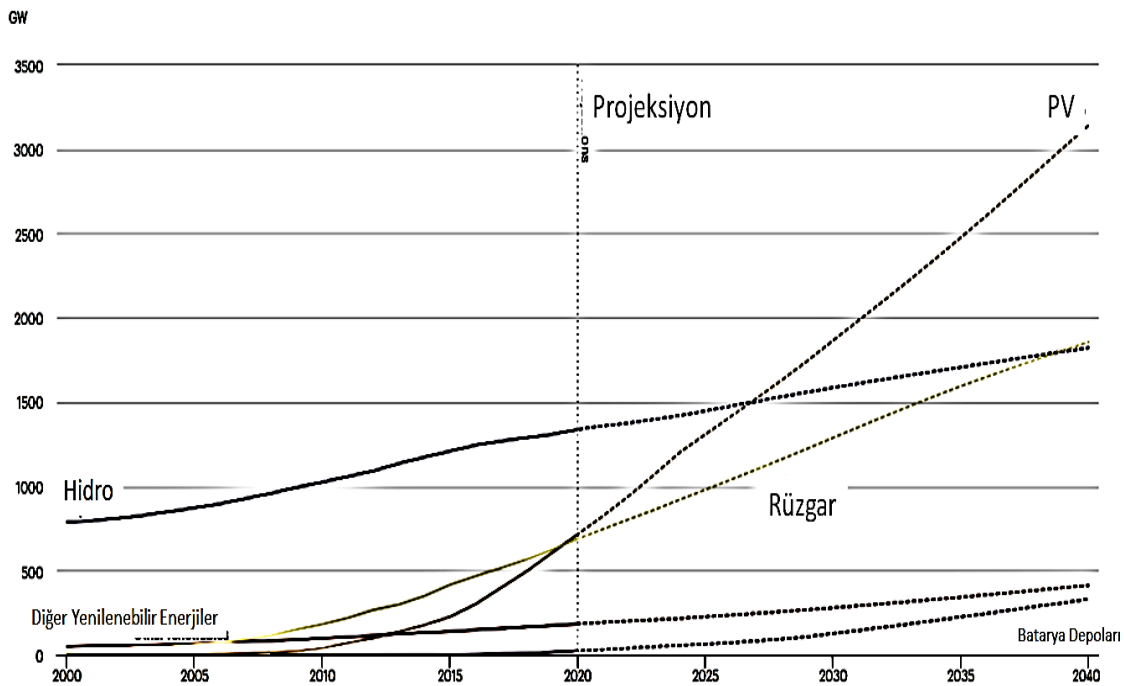
2.7. Enerji Sistemlerine Entegreleri

Konvansiyonel Enerji üretimlerinin (benzin, gaz, nükleer vs.) birçoğu teknolojileri itibarı ile daha özel noktalarda konuşlanırken, yenilenebilir enerji kurulumları daha yayılmış bir şekilde kurulmaktadır. Bu sistemlerin daha geniş bir ağa entegreleri mümkün olmakla birlikte bunun sağlanması için yeni önlemlere ihtiyaç duymaktadırlar. Çok çeşitli enerji türlerinin desteklediği enerji depolarının kurulduğu, akıllı şebeke o anda hangi enerji türünün devreye gireceğinin belirlendiği sistemler yenilenebilir enerji uygulamalarının risklerinin ve maliyetinin azaltılmasına yardımcı olacaktır [33].

Pompajlı Hidrolik Santraller ihtiyaç fazlası enerjiyi, suyun tekrar yukarı taşınmasıyla, enerji depolaması gerçekleştirmek için kullanırken, özellikle binalarda ve endüstride kullanılan termal enerji depoları, ihtiyaç fazlası enerjiyi ya da ısıyı daha sonra kullanmak üzere kum, taş, su gibi materyallerin üzerinde ısı olarak depolanmasını içerir. Volan çarkı

gibi yöntemlerle mekanik olarak da enerji depolanması yapılabilmektedir.

Elektrik enerji bataryaları teknolojileri 1800'lerden beri kimyasal olarak sakladığı enerjiyi elektrik enerjisi olarak kullanmamızı sağlamaktadır. Ancak teknolojik imkanların yardımıyla bugün şebeke ölçeğinde piller rekor büyümelerle gelişmektedir. Ocak 2021 itibari ile dünyanın en büyük batarya enerji depolama sistemi devreye girmiştir. 300 MW'lık bu lityum-iyon batarya Kaliforniya'da Moss Landing Enerji Depolama Tesisindedir [34].



Şekil 2.18. 2000-2020 Toplam yenilenebilir enerji ve batarya kurulumları ve belirlenmiş politikalara göre 2020-2040 arası beklenen toplam kurulumlar [8]

Yine de bataryalar elektrik depolama sistemleri olarak halen pahalı sistemlerdir ve Şekil 2.18'de görüldüğü gibi gelecekte kurulumları devam edecek olsa da güneş ve rüzgar sistemlerinde olduğu gibi çok büyük artışlar beklenmemektedir.

2.8. Politikalar

2020 yılında yıllık eklenen yenilenebilir enerji kapasitesi %45'lik bir artışla nerdeyse 280 GW'a yükselmiş durumdadır. 1999'dan bu yana yıllık en yüksek artış olan bu rakamla beklentinin çok üstünde yapılan yeni kapasite artışları 'yeni normal' haline gelmektedir.

Yenilenebilir Enerji kapasite artışları tüm enerji sektörünün yeni kapasite eklemelerinin %90'ını oluşturmaktadır [35].

26 Ocak 2009'da, 75 ülkenin imzası ile kurulan Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA-International Renewable Energy Agency) ülkelerin sürdürülebilir enerji hedefine ulaşmaları için uluslararası iş birliği, mükemmeliyet merkezi ve yenilenebilir enerji konusunda politika, teknoloji, kaynak ve finansal bilgi deposu olarak destekleyecek devletlerarası ana platform olarak kurulmuştur [36,37]. Bugün 160 ülkenin üyesi olduğu ve 21 ülkenin katılım sürecinde olduğu organizasyon ülkelerin kapasite gelişimlerine yardımcı olmakta, onlara politika tavsiyeleri vermekte ve teknoloji transferinde yardımcı olmaktadır [38]. Eylül 2011'de Birleşmiş Milletler Genel Sekreteri Ban Ki-moon 'Herkes İçin Sürdürülebilir Enerji' organizasyonunu başlatmıştır [39]. 2015'de benimsenen ve 2016 Dünya Gününde imzaya açılan Paris Anlaşması birçok ülkeyi bu konuda harekete geçirmiştir [40]. 2017 itibari ile 121 ülke kendine yenilenebilir enerji politikası oluşturmuşken, 176 ülke bu konuda ulusal hedefler belirlemiştir [41].

Bugün birçok ülke temiz enerji teknolojilerine kredi ve destek sağlayan yeşil bankalara sahiptir.

Küresel ısınma ile birlikte ekolojik ve ekonomik birçok kaygı '%100 yenilenebilir enerji' fikrinin yolunu açmıştır. İlk kez 1975 yılında 'Science' dergisinde bir yazıda ortaya atılan fikir, 2011'de Mark Zachary Jacobson ve Mark Delucchi'nin 'Energy Policy' dergisinde yayınladığı %100 yenilenebilir küresel enerji kaynağı çalışmasına kadar desteklenerek gelişmiştir. Bu yayında 2030'a kadar tüm enerjinin yenilenebilir kaynaklardan yapılabileceği anlatılırken, 2050'ye kadar ise var olan eski sistemlerin nasıl dönüştürülebileceği de tanımlanmaktadır. Ayrıca bu yazı rüzgar, güneş ve su sistemlerinden oluşacak bir enerji yapısının maliyetlerinin nasıl o günkü maliyetlerle eşit olacağını da ele almaktadır [42].

'Karbon Sonrası Seçenekler 2013' raporunda yenilenebilir enerjiden oluşan bir geleceğin önünde ki ana engelleri teknolojik nedenler olarak değil politik nedenler olarak; iklim değişikliğini inkar edenler, yakıt endüstrisi ve ortaklarının gücü, politik tembellik (felç), enerjinin ve kaynakların sürdürülemez kullanımı, eski yola olan alışkanlık, tarihi geçmiş altyapı, finansal ve yönetsel engeller olarak sıralamıştır [43].

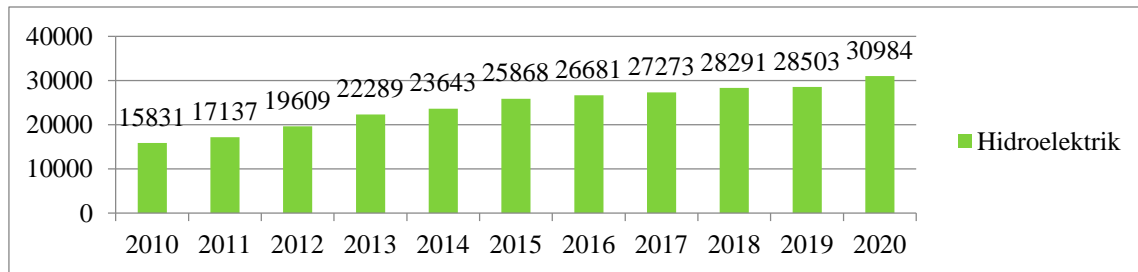
3. TÜRKİYE'DE YENİLENEBİLİR ENERJİ

En etkili şekilde kullandığı yenilenebilir enerji kaynağı hidroelektrik enerjisi olsa da Türkiye gelişmiş pazarları olan tüm yenilenebilir enerji kaynaklarına yeterli ölçüde sahiptir.

Bu bölümde Türkiye için bu enerji türleri son yıllara ait verilerle incelenmiştir.

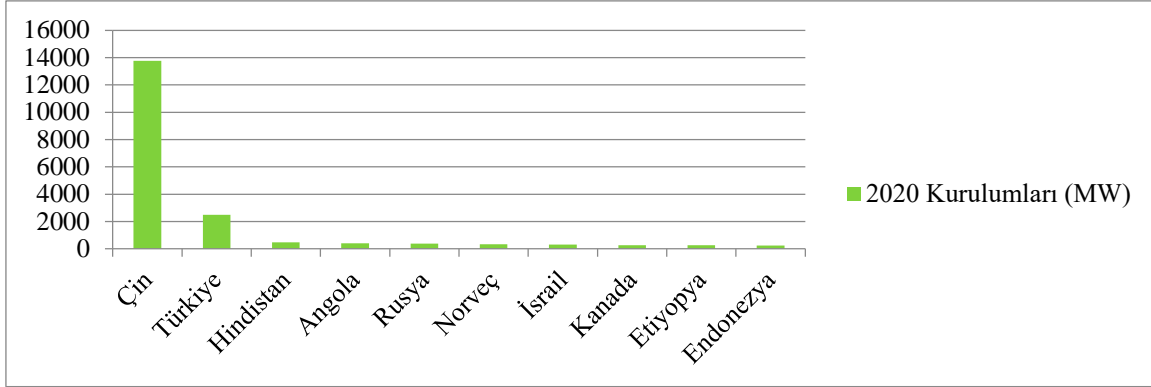
3.1. Türkiye'de Hidroelektrik Enerji

Bir yarımada olan Türkiye'nin, dağlık coğrafyası ve küçüklü büyüklü akarsuları sayesinde önemli oranda sahip olduğu su potansiyelini Hidroelektrik Enerjisini Türkiye Enerji havuzunun önemli bir parçası yapmaktadır. Uluslararası Hidroenerji Birliği (IHA-International Hydropower Association) '2021 Hidroenerji Durum Raporu' incelendiğinde 2020 sonunda Türkiye'nin dünyada en fazla kurulu güce sahip dokuzuncu ülke olduğu görülmektedir ve Avrupa kapasite sıralamasında ise Norveç'in ardından ikinci sıradadır [7].



Şekil 3.1. Türkiye toplam hidroelektrik güç kurulumu 2010-2020 [44]

2018 bitimi itibari ile 653 adet HES (Hidroelektrik Santral) kurulumu olan Türkiye'nin 28,291 GW olan kurulu gücü, 2020 sonu itibari ile 30,984 GW'a (Şekil 3.1.) ulaşmıştır [45]. Bugün kurulu HES sayısı 685'e ulaşan Türkiye'de [46] 2020 yılında Ilısu, Çetin, Alpaslan 2 ve Aşağı Kaleköy olmak üzere dört büyük yeni santral de dahil olmak üzere, eklenen yeni kurulu güç 2,48 GW olarak gerçekleşmiştir [7]. Bu yeni kurulumlardan 1,224 GW'lık Ilısu Türkiye'nin dördüncü, 500 MW'lık Aşağı Kaleköy on üçüncü, 429 MW'lık Çetin ise 15. Büyük HES projesi olarak sıralamada yerlerini almıştır [46].



Şekil 3.2. 2020 en fazla yeni kurulum gerçekleştiren ilk 10 ülke [7]

Şekil 3.2.'de gösterildiği gibi 2020'de yeni HES kapasitesi artıran ülkelerin arasında Çin Halk Cumhuriyeti dışında sadece Türkiye 1 GW'ı aşan (2,48 GW) kurulum gerçekleştirmiştir.

1 Aralık 1993'ten bu yana hizmet vermekte olan Atatürk HES 2,405 GW'lık gücü ile Türkiye'nin en büyük hidroelektrik santrali ve en büyük ikinci enerji santralidir [46]. Türkiye'nin sahip olduğu 685 HES'in 10 adedi 0,5-1 GW bandında, 45 adedi 100-500 MW bandında ve 626 adedi 100 MW altındadır. Atatürk 2,4 GW, Karakaya 1,8 GW, Keban 1,33 GW ve Ilısu 1,2 GW olmak üzere 4 adet büyüklüğü 1 GW'ı geçen HES'e sahiptir [46].

Hidroelektrik Enerjisinden bugün yıllık elektrik üretimi ortalaması 80.139 GWh olan Türkiye'nin toplam kurulu gücündeki payı %32,11'dir. Türkiye tüketimdeki oranı %26,71 olarak gerçekleşen Türkiye HES'lerine bugün, ileride katılabilecek; kurulumu devam etmekte olan 1,5 GW, üretim lisansı almış 1,18 GW, önlisansı alınmış 2,79 GW ve proje aşamasında olan 6,81 GW çalışma mevcuttur. Bu haliyle yeni katılabilecek bu HES'lerin, gerçekleştikleri takdirde oranları %32,1 olacaktır. Halen yapım aşamasında olan 100 MW'tan daha büyük toplamı 5,439 GW'ı bulan 25 adet HES mevcuttur. Bunların en büyük beş tanesi Yusufeli (558 MW), Pervari (409 MW), Cizre (331 MW), Keskin (318 MW), Doğanlı 3 (314 MW) 'tür.

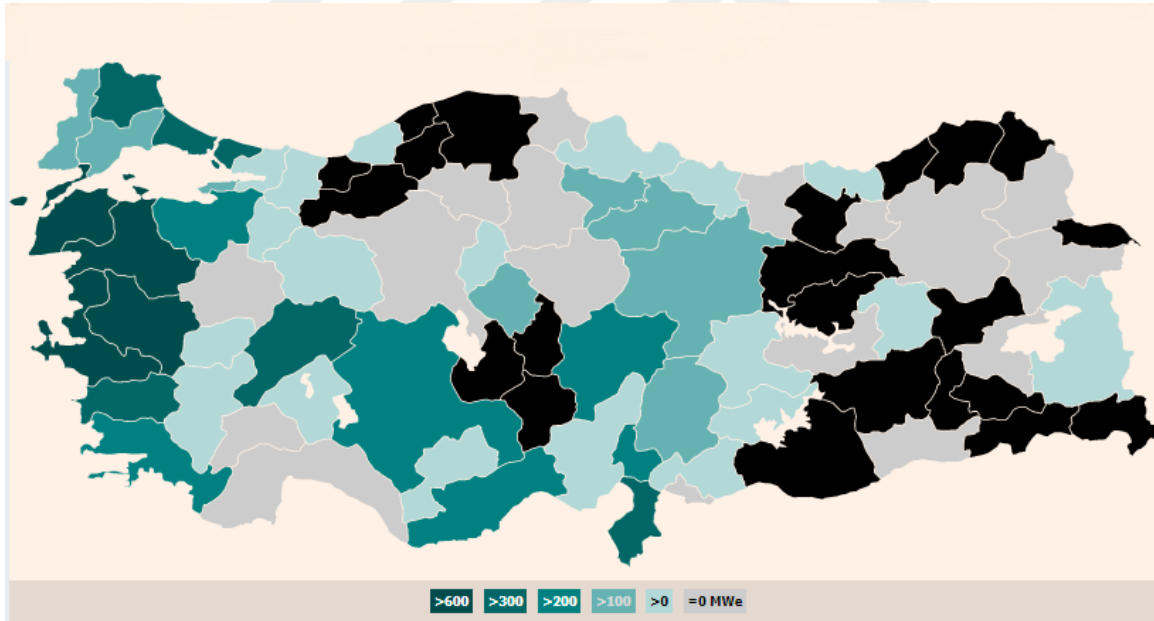
3.2. Türkiye'de Rüzgar Enerjisi

1998 yılında İzmir'de kurulan ilk santralden bu yana, tüm dünyada gelişen ve ucuzlayan

rüzgar gücünün etkisi ile son on yılda büyük ilerlemeler kaydetmiştir. Bugün Türkiye enerji tüketiminin %7,1'e yakınına karşılamağa olan bu sektörde kayıtlı santral sayısı 269'a ulaşmıştır [47].

Enerji satın alma garantisine dayanan Tarife garantili (feed-in tariff) sistemle lisanslı lisanssız birçok yenilenebilir enerji yatırımcısının piyasaya çekildiği Türkiye pazarında, 2020 sonu itibari ile geçerliliğinin sona ermesiyle sistemde değişiklikler gerçekleşmiştir. 1 Temmuz 2021'den 21 Aralık 2025'e kadar geçerli olmak üzere yeni YEKDEM (Yenilenebilir Enerji Kaynaklarını Destekleme Mekanizması) devreye girmiştir [48].

Eskisine oranla hem daha düşük olan hem de yalnızca dövizde değil aynı zamanda enflasyona da endekslenen fiyatların hem Türkiye rüzgar pazarını, hem de üretiminden inşasına, mühendisliğinden bakım ve işletmesine dek oluşmuş olan yerel beceri kapasitesini gelecekte nasıl şekillendireceği Türkiye'nin önünde bekleyen bir sorudur [49].



Harita 3.1. 2021 Türkiye'de kurulu rüzgar santrallerinin dağılımı [50]

Türkiye'nin rüzgar santrali potansiyeli en büyük olan üç ili Balıkesir (13,827 GW), Çanakkale (13,013 GW) ve İzmir (11,854 GW) aynı zamanda en çok kurulu kapasiteye sahip illeridir (Harita 3.1.). Bugün İzmir'de 1,68 GW, Balıkesir'de 1,29 GW ve Çanakkale'de 0,80 GW toplam kurulu rüzgar santrali kapasitesi mevcuttur. Türkiye toplam potansiyeli 115,129 GW iken kurulu kapasite 9,648 GW'tır. İnşaat halinde 2,110 GW,

lisans alınan 0,185 GW, ön lisans alınan 2,466 GW kurulumda katıldığında bugün kullanılması öngörülen miktar 14,409 GW etmektedir ve bu da Türkiye potansiyelinin %12,5'ine karşılık gelmektedir.

Türkiye rüzgar santrali kurulumunun 2,465 GW'ı 859 türbinle Almanya menşeli Nordex firması türbinlerinden oluşmaktadır. Onu 1,603 GW ve 601 türbinle Vestas (Danimarka), 1,680 GW ve 900 türbinle Enercon (Almanya), 1,335 GW ve 517 türbinle GE (ABD) ile 1,338 GW ve 498 türbinle Siemens Gamesa (Almanya ve İspanya) izlemektedir. Bu markaların toplam kurulu güçteki toplam payları %87,3'dür (Çizelge 3.1.) [51].

Çizelge 3.1. Türkiye rüzgar kurulumlarında, türbinlerin marka ve menşesine göre dağılımları

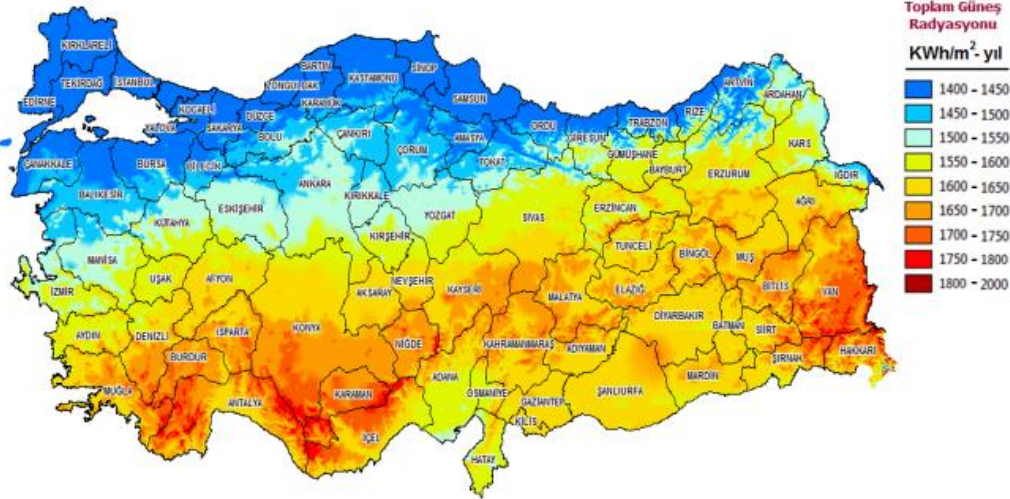
TÜRBİN MARKASI	MENŞEİ	TÜRBİN SAYISI	KURULU GÜÇ	PAY (%)
Nordex	Almanya	859 türbin	2.465 MW	25,55
Vestas	Danimarka	601 türbin	1.603 MW	16,62
Enercon	Almanya	900 türbin	1.680 MW	17,42
GE	ABD	517 türbin	1.335 MW	13,84
Si. Ga.	Alm. İsp.	498 türbin	1.338 MW	13,87
Sinovel	Çin	96 türbin	114 MW	1,18
Suzlon	Hindistan	52 türbin	106 MW	1,10
Acciona	İspanya	20 türbin	58 MW	0,60
Alstom	Fransa	29 türbin	77 MW	0,80
Senvion	Almanya	1 türbin	3,00 MW	0,03
Unison	Güney Kore	2 türbin	1,25 MW	0,01
Northel	Türkiye	7 türbin	0,82 MW	0,01
Ayetek	Türkiye	1 türbin	0,50 MW	0,01
Shriram	Hindistan	1 türbin	0,25 MW	0,00
Diğer/Bilinmeyen		241 türbin	865 MW	8,97%
TOPLAM		3.825 türbin	9.648 MW	100%

Türkiye'nin 252'si lisanslı ve 17'si lisanssız 269 kurulu rüzgar santrali 9,559 GW güçle Türkiye'de toplam kurulu gücün %9,79'unu oluşturmaktadır.

3.3. Türkiye'de Güneş Enerjisi

Coğrafi konumu itibari ile Türkiye, güneş enerjisi potansiyeli oldukça yüksek bir ülkedir. 36-42° kuzey enlemleri ve 26-45° doğu boylamları arasında yer alan Türkiye'nin, Harita 3.2.'deki GEPA'da da görüleceği gibi özellikle güney ve doğu yönünde aldığı güneş

radasyonu ve dolayısıyla potansiyel güneş enerjisi birçok ülkeye kıyasla oldukça yüksektir.



Harita 3.2. Türkiye güneş enerjisi potansiyeli atlası (GEPA)

Elektrik İşleri Etüd İdaresince 1966-1982 yılları arası güneşlenme ve ışınım şiddeti arşivleri kullanılarak hazırlanan rapora göre Türkiye, yıl içerisinde günlük ortalama 7,2 saat güneşlenme süresine sahiptir ve günlük ortalama sahip olduğu potansiyel güneş enerjisi $3,6 \text{ kWh/m}^2$ ve yıllık toplam 1311 kWh/m^2 'dir (Çizelge 3.2.).

Çizelge 3.2. Türkiye'nin toplam güneş enerjisi potansiyelinin aylara göre dağılımı

Aylar	Aylık Toplam Güneş Enerjisi		Güneşlenme Süresi
	kcal/cm ² -ay	kWh/m ² -ay	saat/ay
Ocak	4,45	51,75	103
Şubat	5,44	63,27	115
Mart	8,31	96,65	165
Nisan	10,51	122,23	197
Mayıs	13,23	153,86	273
Haziran	14,51	168,75	325
Temmuz	15,08	175,38	365
Ağustos	13,62	158,4	343
Eylül	10,6	123,28	280
Ekim	7,73	89,9	214
Kasım	5,23	60,82	157
Aralık	4,03	46,87	103
Toplam	112,74	1311	2640
Ortalama	308 cal/cm²-gün	3,6 kWh/m²-gün	7,2 saat/gün

Bölgelere göre yıllık potansiyel güneş enerjisi miktarlarına bakıldığında ilk sırada Güneydoğu Anadolu bölgesi (1460 kWh/m^2) bulunurken, Karadeniz bölgesi (1120 kWh/m^2) son sırada yer almaktadır. Akdeniz, Doğu Anadolu, İç Anadolu, Ege ve Marmara bölgelerinin yıllık toplam potansiyel güneş enerjisi ise sırasıyla; 1390, 1365, 1314, 1304 ve 1168 kWh/m^2 'dir (Çizelge 3.3.).

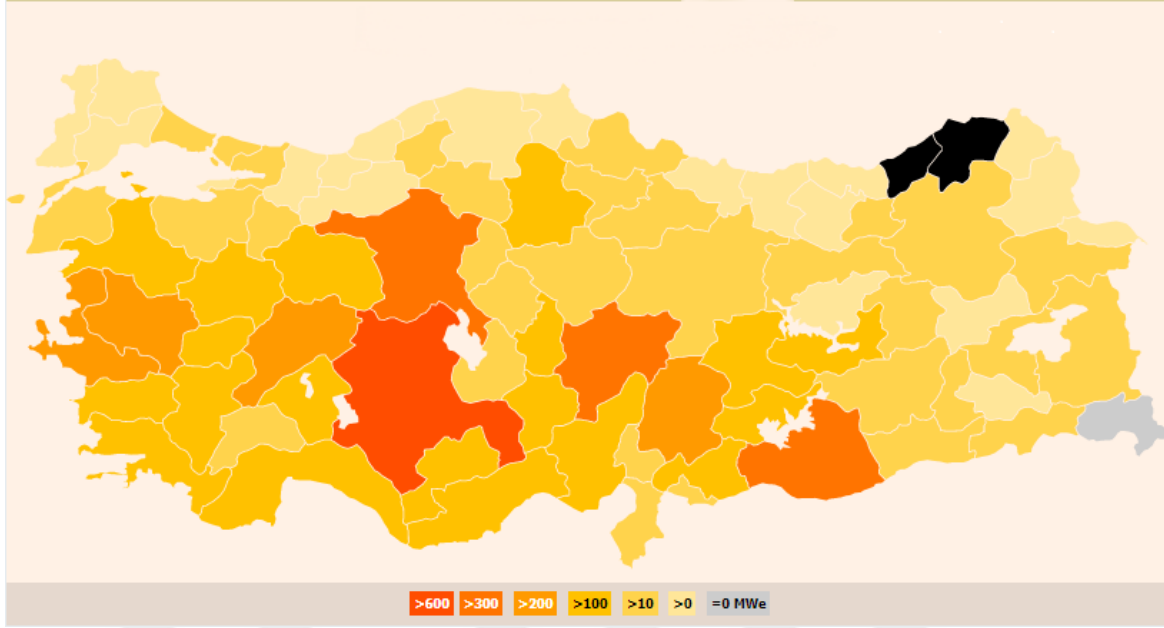
Çizelge 3.3. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı [52]

Bölge	Toplam Güneş Enerjisi	Güneşlenme Süresi
	$\text{kWh/m}^2\text{-yıl}$	saat/yıl
Güneydoğu Anadolu	1460	2993
Akdeniz	1390	2956
Doğu Anadolu	1365	2664
İç Anadolu	1314	2628
Ege	1304	2738
Marmara	1168	2409
Karadeniz	1120	1971

Daha sonrasında bu miktarlardan %20-25 daha fazla potansiyel olduğunu gösteren çalışmalar yapılmış olsa da bu rakamlarla dahi Türkiye hem enerji bağımlılığını azaltmak hem de sürdürülebilir bir enerji havuzu oluşturmak için elinde önemli bir kaynağa sahip olduğu anlaşılmaktadır [52].

Türkiye henüz bu potansiyelin çok küçük bir bölümünü kullanıyor olsa da son yıllarda yenilenebilir enerji teknoloji ve kullanımında gerçekleşen büyük değişimlerin Türkiye'de de yansımaları görülmektedir. Ülkenin 2014 yılında 41 MW olan toplam GES kapasitesi bugünkü 7,17 GW'a ulaşmıştır [17,53].

En büyüğü 261 MW (Karapınar YEKA-1 GES) olan 667 kayıtlı güneş enerji santralinin yer aldığı ülkede yıllık elektrik üretimi 11 GWh civarındadır. 36'sı lisanslı, 631'i lisanssız bu santrallerin toplam kurulu güce oranı ise %7,35'dir. Bugün Türkiye'de GES elektrik üretiminin Türkiye tüketimine oranı %3,68 civarındadır. Yalnızca 2020 yılında ülkede 1,672 GW yeni kapasite kurulumu gerçekleşmiştir.

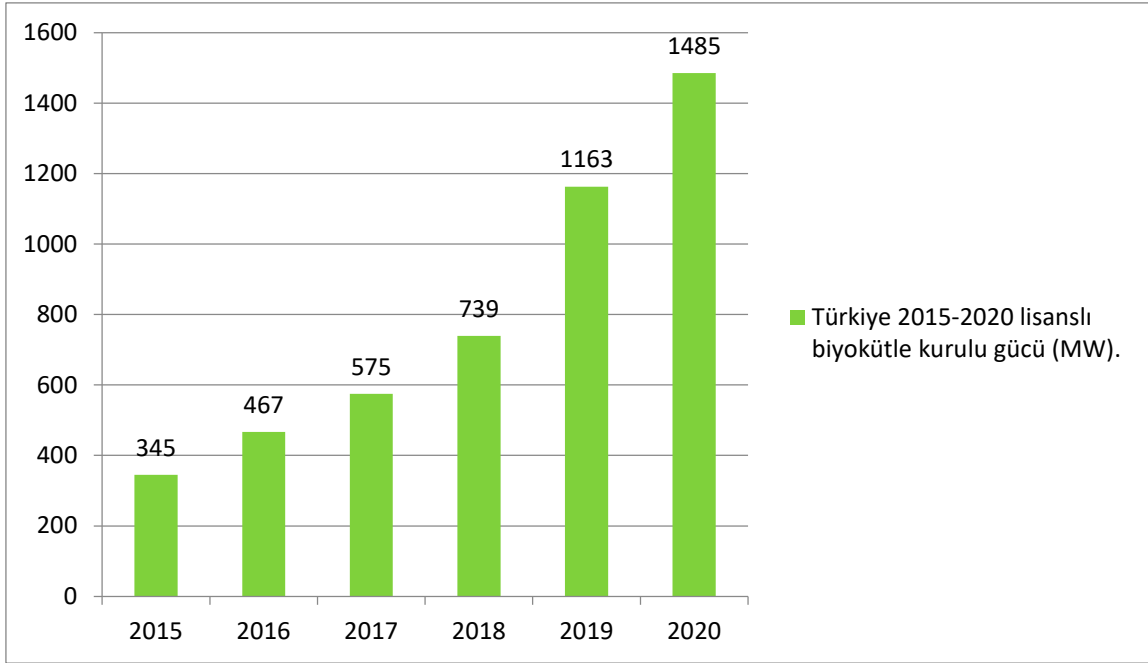


Harita 3.3. 2021 Türkiye’de kurulu güneş santrallerinin dağılımı

Türkiye kurulu GES’nin illere göre dağılımına bakıldığında, birinci sırada Konya (894 MW), ikinci sırada Ankara (384 MW) ve üçüncü sırada Şanlıurfa (370 MW) yer almaktadır (Harita 3.3.) [54].

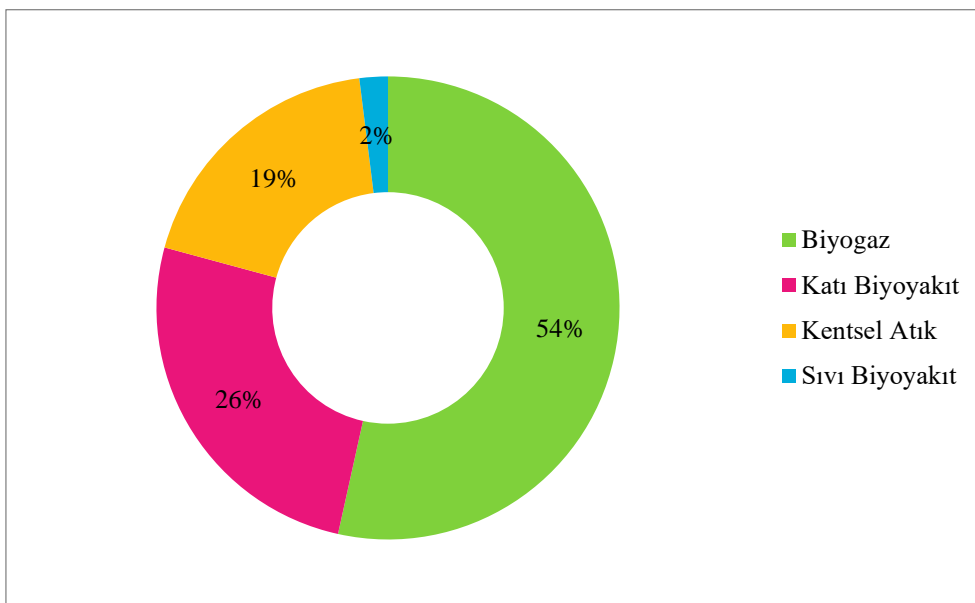
3.4. Türkiye’de Biyokütle Enerjisi

Tarım faaliyetlerinin yaygın olduğu ve toprakları biyokütle üretime yatkın olan Türkiye bu enerji türü için uygun şartlara sahiptir. Katı, sıvı ve gaz yakıtların üretildiği modern sistem uygulamalarının gelişimi için bu enerji türüne yönelik bitki yetiştiriciliğinin artması önemlidir. Hayvan gübresi ve doğrudan orman atıklarının yakılarak kullanılmasının biyokütle kullanımında büyük bir yer tuttuğu ülkede hayvansal, tarımsal, ormansal, kentsel ve endüstriyel atıklarda bunlara yönelik tesislerde enerji üretimi için kullanılmaktadır.



Şekil 3.3. Türkiye lisanslı biyokütle kurulu gücü

2015 yılında 345 MW'lık toplam kurulu biyokütle gücüne sahip olan Türkiye, kurulu gücünü 2016'da 467 MW'a, 2017'de 575 MW'a, 2018'de 739 MW'a çıkarmıştır. 2019 sonunda 1,163 GW kurulu güce ulaşan ülke, 2020 sonu itibari ile 1,485 GW kurulu biyokütle gücüne sahiptir. Bu yıllar arasında en büyük artış, Şekil 3.3.'deki gibi, %27,7 ile 2019 yılında gerçekleşmiştir.



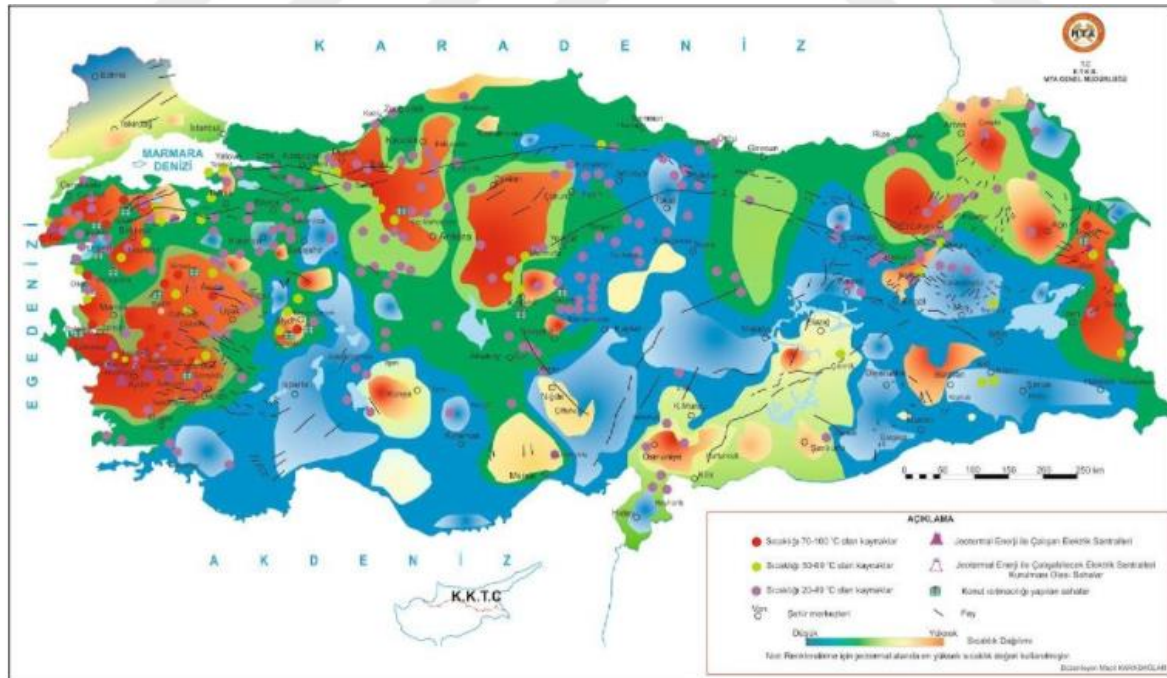
Şekil 3.4. Biyokütle 2019 kurulu gücü dağılımı

2019 yılı sonunda gerçekleşen toplam biyokütle kurulumunun %54'ünü en büyük payla Biyogaz oluşturmaktadır. %26'sının Katı Biyoyakıt kurulumu, %19'ununda Kentsel Atık kurulumu olan Türkiye 2019 toplam kurulumunun yalnızca %2'si Sıvı Biyoyakıt'tan oluşmaktadır (Şekil 3.4.) [55].

Bugün en büyüğü 34 MW (Odayeri Çöğ Gazı Santrali) olmak üzere 104 kayıtlı biyogaz, biyokütle, atık ısı ve pirolitik yağ enerji santralinin olduğu Türkiye'de bu santrallerin toplam gücünün, Türkiye toplam kurulu gücüne oranı %1,21. Üretilen gücün toplam tüketime oranı ise %0,88'dir [56].

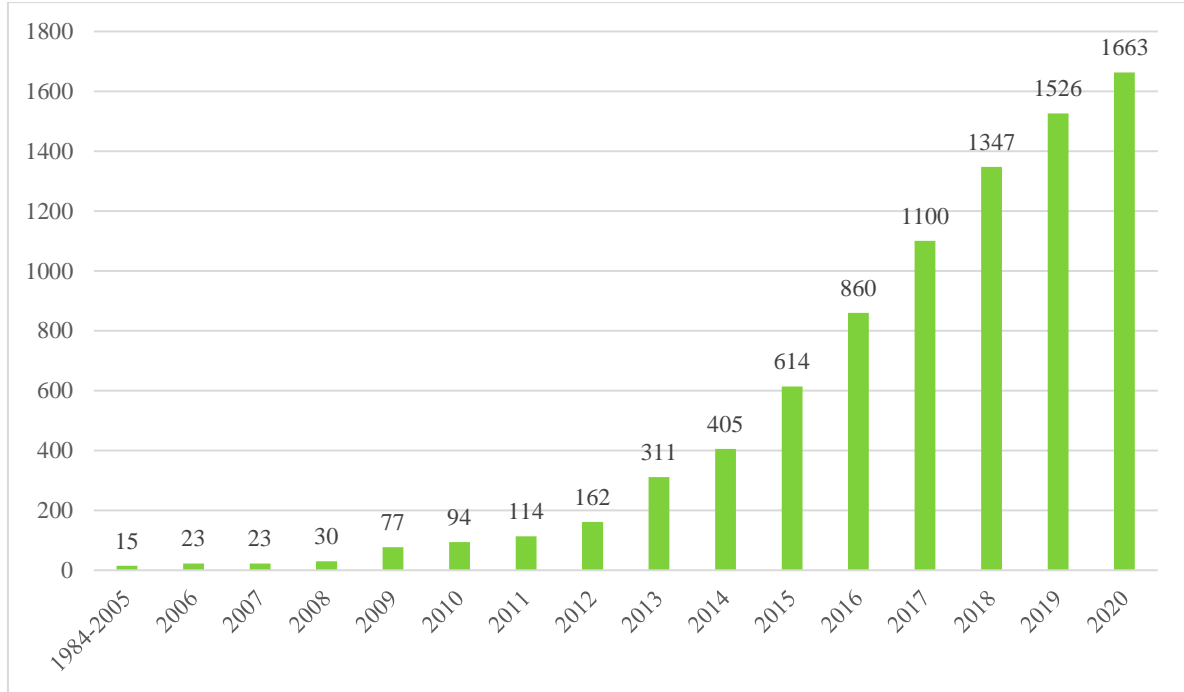
3.5. Türkiye'de Jeotermal Enerji

Aktif bir tektonik kuşak bölgesinde konumlanan Türkiye, %90'ı düşük ve orta, %10'u ise yüksek sıcaklıklarda olan, 1000'e yakın doğal çıkışı olan jeotermal enerji kaynaklarına sahiptir. Harita 3.4.'de Türkiye jeotermal kaynak ve uygulama haritası verilmiştir.



Harita 3.4. Jeotermal kaynaklar ve uygulama haritası [57]

2004'den sonra 2000 m olan sondajlı jeotermal enerji aramalarını 28000 m'ye çıkaran Türkiye toplam jeotermal ısı kapasitesini 35.500 MWt'ye çıkarmıştır.



Şekil 3.5. 1984-2020 arası ülke toplam jeotermal kurulumları [24]

2010 yılında 94 MW Kurulu güce sahip olan ülke düzenli bir şekilde yükselttiği kapasitesini 2020 sonu itibari ile 1,613 GW'a çıkarıştır (Şekil 3.5.).

Çizelge 3.4. Türkiye'nin mevcut en büyük 10 jeotermal santrali

Santral Adı	İl	Firma	Kurulu Güç
Kızıldere 3 JES	Denizli	Zorlu Enerji	165 MW
Efeler Jeotermal Enerji Santrali	Aydın	Gürış Holding	115 MW
Kızıldere 2 Jeotermal Enerji Santrali	Denizli	Zorlu Enerji	80 MW
Pamukören Jeotermal Santrali	Aydın	Çelikler Enerji	68 MW
Mis 3 JES	Manisa	Soyak Enerji	48 MW
Galip Hoca Germencik JES	Aydın	Gürış Holding	47 MW
Alaşehir Jeotermal Enerji Santrali	Manisa	Zorlu Enerji	45 MW
Maren Jeotermal Enerji Santrali	Aydın	Kipaş Holding Enerji Grubu	44 MW
Dora 3 Jeotermal Enerji Santrali	Aydın	MB Holding	34 MW
Melih Jeotermal Enerji Santrali	Aydın	Kipaş Holding Enerji Grubu	33 MW

En büyükleri Kızıldere 3 (165 MW), Efeler (115 MW), Kızıldere 2 (80 MW) olan bu 60 JES'in çok bir büyük çoğunluğu (55 adeti) Denizli, Aydın ve Manisa illerinde yer almaktadır. Hem kapasite olarak küçük hem sayıca az olan diğer beşinin ise üçü Çanakkale (27,5 MW), biri İzmir (12 MW) ve sonuncusu ise Afyonkarahisar (2,76 MW)'dadır (Çizelge 3.4.).

Bugün toplam kurulu gücü 1,624 GW olan bu santrallerin Türkiye toplam kurulu gücüne oranı %1,66 ve üretimlerinin Türkiye tüketimine oranları ise %3,17'dir.

Kurulumu devam eden 150 MW, üretim lisansı alınan 49 MW, önlisans alınan 229 MW ve proje aşamasında 49 MW'lık JES projesi bulunmaktadır [58].

4. AMASYA ÖZELİNDE PROJE ÖRNEĞİ

Bu çalışmada; Amasya ilinde yer alan Kültür Merkezi Binası'na yönelik şebeke bağlantılı, çatı tipi bir fotovoltaik sistem (PV) tasarımı ve benzetimi sunulmaktadır. Tasarlanan fotovoltaik sistem için uygulama alanı olarak, Kültür Merkezi Binası'nın çatı alanı tercih edilmiştir. Yerli üretim PV paneller ve yüksek verimliliği kanıtlanmış yerli olmayan paneller kısıtlaması altında, sistem tasarımında yer alan panellerin seçimi gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan sistemin kurulduğu Amasya Belediyesi Kültür Merkezi'nin coğrafi koordinatlarının PV*SOL programına aktarılması yoluyla iklim verileri elde edilmiştir. Bu seçimler neticesinde tasarlanan sistemin elektriksel ve finansal analiz sonuçları ortaya konmuştur. Elde edilen sonuçların karşılaştırması ile tasarlanan sistemlerin arasından seçim yapılmıştır.

4.1. Amasya'da Yenilenebilir Enerji

Amasya ili Jeotermal Enerji Santrali hariç ana akım tüm yenilenebilir enerji türlerinden az ya da çok faydalanmaktadır.

Çizelge 4.1. Amasya ili hidroelektrik enerji santrali kurulumları

AMASYA HES		
Santraller	Firma	Kurulu Güç
Midilli HES	Masat Enerji	33 MW
Amasya Kale HES	Rönesans Enerji	29 MW
Yaprak HES	Boydak Enerji	24 MW
Yavuz HES	Masat Enerji	23 MW
Umutlu HES	Ağaoğlu Enerji	20 MW
Duru HES	-	10 MW
Osmancık HES	Rönesans Enerji	9,02 MW
Çarıklı HES	Delta Yatırım Holding	8,96 MW
Bektemur HES	-	3,49 MW
Taşova - Yenidereköy HES	-	1,98 MW
Durucasu HES	Met Duru Enerji	1,07 MW
TOPLAM		163,57 MW

Amasya'da Midilli (33 MW), Amasya Kale (29 MW), Yaprak (24 MW), Yavuz (23 MW), Umutlu (20 MW), Duru (10 MW), Osmancık (9,02 MW), Çarıklı (8,96 MW), Bektemur (3,49 MW), Taşova-Yenidereköy (1,98 MW), Durucasu (1,07 MW) olmak üzere toplamda

163,57 MW kapasiteli 11 HES bulunmaktadır (Çizelge 4.1.) [46].

Çizelge 4.2. Amasya ili rüzgar enerji santrali kurulumları

AMASYA RES		
Santral	Firma	Kurulu Güç
Kayadüzü Rüzgar Santrali	Tokat Enerji	75 MW
Amasya Rüzgar Enerji Santrali	Mina Group	42 MW
Arzu RES	Hırka Enerji	9 MW
TOPLAM		126 MW

Şehirde Kayadüzü Rüzgar (75 MW), Amasya (42 MW), Arzu (9 MW) olmak üzere toplamda 126 MW kapasitede 3 adet RES mevcuttur (Çizelge 4.2.) [47].

Çizelge 4.3. Amasya ili güneş enerji santrali kurulumları

AMASYA GES		
Tekman Metal Güneş Enerji Santrali	Tekman Metal	0,25 MW
Timay Tempo Güneş Enerji Tesisi	Timay Tempo A.Ş.	0,22 MW
Amasya Üniversitesi Güneş Enerjisi Tesisi	Amasya Üniversitesi	0,20 MW
Amasya'daki diğer lisanssız GES'ler	Çeşitli Firmalar	35 MW
TOPLAM		35,65 MW

Tekman Metal (0,25 MW), Timay Tempo (0,22 MW), Amasya Üniversitesi (0,20 MW) dışında diğer toplamı 35 MW'ı bulan çeşitli GES'ler mevcuttur. Şehrin toplam kurulu GES kapasitesi 35,67 MW'tır (Çizelge 4.3.) [54].

Çizelge 4.4. Amasya ili biyokütle enerji santrali kurulumları

AMASYA BES		
Santral	Firma	Kurulu Güç
Sigma Suluova Biyogaz Tesisi	Sigma Elektrik Üretim	2,00 MW
Amasya Çöp Gazı Elektrik Üretim Santrali	EYD Enerji	1,84 MW
TOPLAM		3,84 MW

Ayrıca şehirde Sigma Suluova Biyogaz Tesisi (2 MW) ve Amasya Çöp Gazı Üretim Santrali (1,84 MW) olmak üzere 2 biyogaz santrali bulunmaktadır. Bununla birlikte şehrin toplam yenilenebilir enerji kurulu kapasitesi 329,08 MW'tır (Çizelge 4.4.) [56].

4.2. Proje ve Lokasyon Seçimi

Ana akım yenilenebilir hidroelektrik, rüzgar, güneş, jeotermik ve biyokütle enerjilerinden hidroelektrik, rüzgar, jeotermik ve biyokütle enerji türleri uygulamaları doğaları gereği çoğunlukla büyük ölçekli ve lokasyon bağımlı uygulamalardır.

Biyokütlenin bazı uygulamaları (çöpten enerji üretimi gibi) küçük ölçekli uygulamalara izin veriyor olsa da bunlar büyük uygulamalara göre ekonomik olmaktan çok konsept uygulamalar olarak kalmaktadır. Öte yandan rüzgar enerjisi uygulamalarının arasında şehirlerde bina tavanlarına ve uygun başka noktalara kurulabilecek mikro uygulamaları mümkün olmasına rağmen, ancak çok ciddi rüzgarlara sahip ve güneşlenme süresi düşük olan spesifik bölgelerde güneş uygulamalarıyla rekabet edecek düzeydedir.

Nihayetinde PV panellerin diğer yenilenebilir enerji türlerine göre farklı bir özelliği bulunmaktadır. Her ne kadar uygulama noktası seçilmiş, sistematik bir şekilde kontrollü ve büyük projeler hem enerji üretimi hem ekonomik açıdan çok daha yüksek bir verimle çalışacak olmasına rağmen, PV paneller çok küçük, çoğunlukla başka ekonomik kullanım amacı olmayan (çatılar gibi) alanlarda, göreceli olarak çok küçük maliyetlerle, ekonomik bağlamda anlamlı kazanç elde edilebilecek düzeyde kullanılabilir.

Öte yandan kişiler ve şirketler düzeyinden ayrılıp toplam ülke çıkarları doğrultusunda bakıldığında uygulamanın ekonomik karlılığı eşit ve hatta belli bir miktar altında dahi olsa kaynakların yerliliği, çevresel açıdan etkileri ve gelecek pazarından pay sahibi olmak için gerekli AR-GE ve tecrübe ortamının sağlanması için dışa bağımlı fosil yakıtlar yerine yenilenebilir enerjinin tercih edilmesi desteklenmesi ve teşvik edilmesi akla yakın bir tercih olacaktır.

Bu ön kabuller doğrultusunda büyük bütçeler ve büyük yatırımcılarla yapılacak kuruluşların dışında, sermaye sahibi aramaksızın, kurulum ve işletim giderlerinin vatandaşların göreceli küçük bütçelerine paylaştırıldığı ve dahası büyük kuruluşların ihtiyaç duyduğu ve çoğunlukla başka ekonomik ihtiyaç ve/veya yatırımlar için kullanılacak büyük arazilerin dışında, çatılar (ev, apartman, işyeri vs.) gibi büyük bir çoğunlukla atıl olan alanlara paylaştırıldığı bir sistem olarak küçük şebekelerin yaygınlaştırılması genel bir hedef olarak; yenilenebilir enerji sistemlerinin, konvansiyonel

sistemlerin yerini almasının sağlanmasına faydalı olacak makul yöntemlerden biri olarak kabul edilebilir.

Böyle bir yöntemin uygulanması ise mali teşviklerin yanı sıra tanıtım, yaygınlaştırma ve özendirme faaliyetleri gerektirecektir. Bu faaliyetler ise çoğunlukla, yerel karar, yönetim, nüfuz ve tesir organlarıyla (valilikler, belediyeler, STK'lar, okullar gibi) iş birliği içinde gerçekleştirilme gerekliliği duyacaktır. Bir şehirde çatı PV sistemlerin son derece yaygınlaşması, kendi iç şebekesinin gereksinimleri dışında genel olarak şehir şebeke sisteminin gereksinimlerini, şehir altyapısının gereksinimlerini ve şehirde var olan ya da yeni yapıların gereksinimlerini bu büyüklükte bir yenilik karşısında değiştirme potansiyeline sahiptir. Yani yerel karar organlarının düzenlemeleri ve çalışmaları bu yöntemin hayata geçirilmesi için yardımcı olmanın dışında, uygulanabilir olmasını sağlamak açısından da önemli bir pozisyon olacağı öngörülebilir. Dahası bu organların, özellikle belediyeler gibi sahada olan ve yapılaşma kararlarında birinci derece de aktörlerin, bu tür sistemlerin uygulanmasına dair teorik bilgilerin yanında pratik gereksinimleri de tecrübe etmesi hem yerel gereksinimlere cevap verebilmesi hem de bu konuda şehri geliştirebilecek proje, uygulama ve kararlar oluşturabilmesi için yardımcı olacaktır.

Böyle bir tanıtım, yaygınlaştırma ve özendirme için kullanılacak yollardan biri olarak pilot uygulamalar aynı zamanda tecrübe ve fizibilite denemeleri olarak da gayet kullanılabilir bir seçenektir. Pilot uygulamaların ise öncelikle kamu kurumlarında gerçekleştirilmesi fizibilite, tanıtım ve yaygınlaştırmanın dışında, yöntemin uygulanmasında ki öneminden yukarıda bahsedilmiş bu kurumlara tecrübe kazandıracaktır.

Bu organlarda ülke çapında gerçekleştirilecek değişim, yöntemin amacı olan yaygınlaştırma faaliyetlerinin dışında; güneş enerjisi sistemleriyle ilgili tüm ülke pazarını genişletecek ve tüm illere yönelik uygulama süreçleri için gelişim nişlerinin oluşabileceği bir fırsat sunacaktır.

Bu düşünce akışı içerisinde yenilenebilir enerji uygulamaları içerisinde PV güneş çatı sistemi ve birçok devlet kurumuna kıyasla kendine ait çalışma bütçesi ve şirketleriyle böyle bir projeyi gerçekleştirmesi daha kolay olan T.C. Amasya Belediye'sinin ve dolayısıyla Amasya Belediyesi Kültür Merkezi'nin örnek proje çalışması için seçimi

gerçekleşmiştir.

4.3. Tasarımın Yapıldığı Bina

Amasya Belediyesi Kültür Merkezi, daha öncesinde Amasya Belediyesinin Kültür Müdürlüğü binası olarak hizmet vermekteyken alınan bir kararla, Amasya Belediyesinin Ana Binası olmuştur. Taşınma süreci devam etmekte ve içerisine yer alan Müdürlük sayısı ve çalışan sayısı artmaktadır.

Binanın 2021 Şubat, Mart ve Nisan ayı enerji kullanımını ortalaması 16225 kWh olarak gerçekleşmiştir ve ortalama 9740 TL fatura kesilmiştir.

Güneş enerji sistemi uygulaması için kullanılabilir çatı yüzey alanı 2320 m² olan Kültür Merkezi: 2 amfi tipi konferans salonu, 2 toplantı salonu, 1 nikah salonu, 1 otopark, 1 spor salonu, 1 yemekhane, 20 çalışma alanından oluşmaktadır.

Binada kullanılan 119 klima, 30 buzdolabı, 22 dizüstü bilgisayar, 112 masaüstü bilgisayar, açılır-kapanır kapılar, 2 havalandırma ve 3 çay kazanı bina elektrik kullanımının temelini oluşturmaktadır.

4.4. Optimal Program Seçimi

Literatürde yer alan çalışmalardan yola çıkılarak PV panel sistem tasarımı için çok sayıda paket programı kullanıldığı bilinmektedir.

Literatürde yer alan 'Farklı PV Enerji Simülasyon Programlarının Karşılaştırılması: 1 MW Şebeke Bağlantılı PV Güneş Enerji Santrali Performans Analizi Vaka Çalışması' (Comparison of Different PV Power Simulation Softwares: Case Study on Performance Analysis of 1 MW Grid-connected PV Solar Power Plant) isimli çalışmada 1 MW'lık şebeke bağlantılı güneş enerjisi santralinin bu programlardan 10 tanesi için simülasyon sonuçları ile uygulamanın gerçekleşen sonuçlarının karşılaştırmaları yapılmıştır.

SAM, PVSyst, Homer, RETScreen, Solarius PV, HelioScope, Solar Pro, SOLARGIS, PV F-Chart ve PV*SOL programlarıyla ilgili çalışmadan elde edilen ve kurulumu sonrası

uygulamanın kendisinde gerçekleşen performans değerleri Çizelge 4.5.'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.5. Çalışmadan alınan programların analizleri sonucu ortaya konan ve uygulama sonucu ortaya çıkan performans değerleri

#	Program	Performans Oranı
1	SAM	0,7576
2	PVsyst	0,799
3	Homer	0,7897
4	PV*SOL	0,8053
5	RETscreen	0,8236
6	Solarus PV	0,7798
7	HelioScope	0,6517
8	Solar Pro	0,7097
9	SOLARGIS	0,7602
10	PV F-Chart	0,7854
11	Gerçekleşen	0,7737

Gerçekleşen en büyük sapma HelioScope'ta olup 0,1220 değerindedir. En düşük sapma ise 0,0061 değerindedir. PV*SOL'de gerçekleşen sapma miktarı ise 0,0316'dır. Yüzde olarak verilirse %4,0843'lük bir sapma gerçekleşmiştir [59].

Literatürde yer alan 'Fotovoltaik Kurulumların Hesaplanması ve Planlanmasında Programların Doğruluk Analizi' (Accuracy Analysis of Software for the Estimation and Planning of Photovoltaic Installations) isimli bir başka çalışma TRNSYS, Archelios, Polysun, PVsyst, PVGIS ve PV*SOL programları ile elde edilen sonuçları yine gerçek veri ile RMSE, MAD, MAPE ve EF değerleri oluşturularak karşılaştırmıştır.

RMSE, MAD, MAPE ve EF değerleri aşağıdaki formüller kullanılarak analitik olarak hesaplanır.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (H_t - F_t)^2} \quad (1)$$

H_t kaydedilen değer, F_t simülasyondan elde edilen değer ve n ise aralıkları (ayları) ifade etmektedir. RMSE deneylenen ile hesaplanan arasındaki sapmayı göstermektedir ve olabildiğince 0'a yakın olması hedeflenmektedir.

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |H_t - F_t| \quad (2)$$

MAD istatistiksel saçılımı ifade etmektedir.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{H_t - F_t}{H_t} \right| \times \%100 \quad (3)$$

MAPE modelin doğruluk değerini göstermektedir.

$$EF = \frac{\sum_{t=1}^n (H_t - z)^2 - \sum_{t=1}^n (F_t - H_t)^2}{\sum_{t=1}^n (H_t - z)^2} \quad (4)$$

EF deneylenen ile hesaplanan arasındaki örtüşme düzeyini göstermektedir, z deney verilerinin ortalama değeridir.

İlgili çalışmada 5 farklı program verileri ile elde edilen RMSE, MAD, MAPE ve EF değerleri Çizelge 4.6. ve Çizelge 4.7.'deki gibi karşılaştırmalı olarak sunulmuştur [60].

Çizelge 4.6. Enerji üretimi hata analizi

Program	RMSE	MAD	MAPE (%)	EF(%)
TRNSYS	47,46	29,72	1,24	99,69
Archelios	141,23	126,67	5,14	97,16
Polysun	200,34	186,9	7,41	94,3
PVsyst	234,23	225,92	9,16	92,47
PV*SOL	230,92	223,18	9,08	92,66
PVGIS	244,88	221,42	9,24	89,93

Çizelge 4.7. 30°'de güneşlenme hata analizi

Program	RMSE	MAD	MAPE (%)	EF(%)
Archelios	5,14	4,85	3,7	98,94
Polysun	4,27	3,52	2,67	99,31
PVsyst	4,8	4,29	3,22	99,21
PV*SOL	3,07	2,67	2,47	99,66
PVGIS	18,96	15,07	12,81	88

Program seçimi için yapılan çalışmalar araştırıldığında, çalışmadan çalışmaya (belki çalışmanın yapıldığı yıldan yıla) değişmek üzere bazı programlar diğerlerinden daha iyi ya

da daha kötü performans gösterse de PV*SOL programının diğerlerinden önemli bir şekilde sapma gerçekleştirmediği görülmüştür.

Valentin Software firmasının bir ürünü olan PV*SOL PV sistemlerinin dizayn edilmesi, planlanması ve simülasyonu için kullanılmaktadır. Yedek jeneratörlü ve yedek jeneratörü olmayan bağımsız sistemler, şebeke bağlantılı sistemler ve elektrikli araçları ve batarya sistemlerini de içeren şebeke bağlantılı elektrikli uygulamaları içeren birçok fotovoltaik sistemin konfigürasyonunun oluşturulmasına olanak sağlamaktadır.

PV*SOL, seçilen sahaya dair kullandığı iklim bilgileri Meteonorm'un (dünya çapında radyasyon verilerinin sağlandığı bir program) veri tabanından alınmaktadır. Bunun dışında kullanıcılar için belirli bir meteoroloji istasyonunda ölçülen verilerin kullanıcı tarafından tanımlanma imkanı da bulunmaktadır. PV modülün alacağı güneşlenme miktarını engelleyecek objelerle birlikte 3D dizayn yapma imkanı sağlayan PV*SOL Premium versiyonu da bulunmaktadır.

4.5. Panel Seçimi

Çizelge 4.8. Projede kullanılan PV modülleri ve üretici firmaları

PV Modülleri	Üretici
Ankarasolar AS-EU-6P30	Ankara Solar Enerji İnşaat A.Ş.
HT60-156M 280W	HT-SAAE
HT60-156P 280W	HT-SAAE
HT60-156M 300W	HT-SAAE
Sillia 60M285	KACO new energy
SPR E20-435-COM-1500V	KACO new energy
LG355Q1C-A5	LG Electronics Inc.
STR P 250	SolarTürk Enerji
SPR-X22-360	SunPower

Panel seçiminde bir adet yabancı üretim panel ve sekiz adet yerli ya da yerli üretimi de olan panel markası seçilmiştir. Yabancı panelin seçiminde 2019 yılının yüksek verimli bir paneli seçilirken yerli markalarında program veri tabanında bulunan güçlü örnekleri seçilmiştir. Program veri tabanından yapılan seçimlerde her markanın diğer markanın modeline karşılık gelebilecek en yakın modellerin yanında, mümkün olduğunda aynı marka içerisinde farklı serilerin aynı güçte ki modelleri ve aynı serilerin farklı güçteki

örnekleri Çizelge 4.8.'deki gibi seçilmiştir.

4.6. Parametreler

Sistem tipi olarak şebeke bağlantılı PV sistem seçilmiştir (3D, Grid-connected PV System).

İklim verilerinden binanın yerinin seçimi ($40,66^\circ$ enlem ve $35,84^\circ$ boylam) ile birlikte 1991-2010 arası verilere dayanan yıllık toplam güneşlenme 1391 kWh/m^2 ve yıllık ortalama sıcaklığın $11,7^\circ\text{C}$ olarak seçilmiştir.

Dağılık ışınım modeli olarak Hofmann ve Eğik düzlem ışınım modeli olarak Hay & Davies seçilmiştir.

Tarife garantisi bölümüne Türk Sistemi manuel olarak tanımlanarak seçimi gerçekleştirilmiştir (kullanılan için $0,60 \text{ ₺/kWh}$ ve şebekeye satış için $0,26 \text{ ₺/kWh}$).



Şekil 4.1. 3D modellemesi gerçekleştirilen bina (üstten)

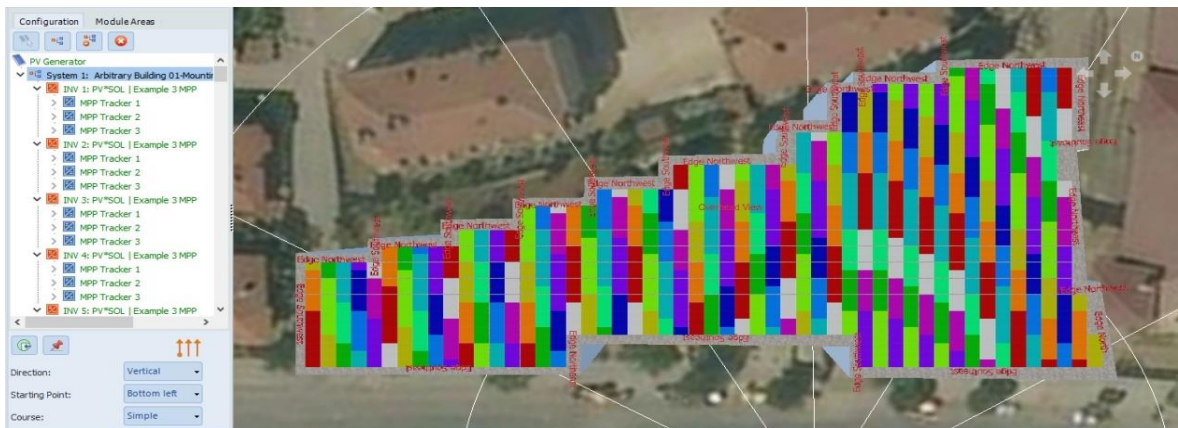
Program içi haritadan kullanılacak binanın bulunduğu yere geldiğinde, göreceli olarak yeni olan bina bulunamamıştır. Binanın orijinal çizimleri doğrultusunda harita üzerine 3D modellenmesi gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.1. ve Şekil 4.2.).



Şekil 4.2. 3D modellemesi gerçekleştirilen bina (yandan)

Yatay ve dikey seçimlerde her panel için iki seçenek denenerek en çok panelin yerleştirilebildiği seçenek kullanılmıştır. Yatay ve dikeyde 0,02 m'lik modül aralıkları bırakılarak, kurulum tipi iyi arka havalandırması sağlayan "Flush Mount" olarak seçilmiştir.

Programın seçimlerini maksimize edebilmesi için çok çeşitli evirici tipi seçilmiş ve sistemin kendi algoritması içerisinde uygun olanları bu liste içerisinde seçmesi ve bu seçim doğrultusunda konfigürasyonlar sunması istenmiştir.



Şekil 4.3. Konfigüre edilmiş şekilde bina çatısı

Bu konfigürasyon doğrultusunda (Şekil 4.3.) kablolama opsiyonu olarak "Combiner Box" seçilmiş ve kablo kovanları yerleştirildikten sonra programın otomatik kablolama yapması istenmiştir.

4.7. Çıktıların İncelenmesi

Çizelge 4.9.'da sistemlerin sahip olduğu PV modül sayıları ve evirici sayıları verilmektedir.

Çizelge 4.9. Modül modellerine göre tasarımda kullanılan toplam modül ve evirici sayıları

PV Modül/PV Module	PV Modül Sayısı	Evirici Sayısı
Ankarasolar AS-EU-6P30	1307	56
HT60-156M 280W	1248	59
HT60-156P 280W	1261	60
HT60-156M 300W	1261	97
Sillia 60M285	1244	60
SPR E20-435-COM-1500V	941	28
LG355Q1C-A5	1176	69
STR P 250	1230	52
SPR-X22-360	1255	39

Çizelge 4.10'da PV modül modellerine göre oluşturulan sistemlerin kapladığı alanlar verilmiştir.

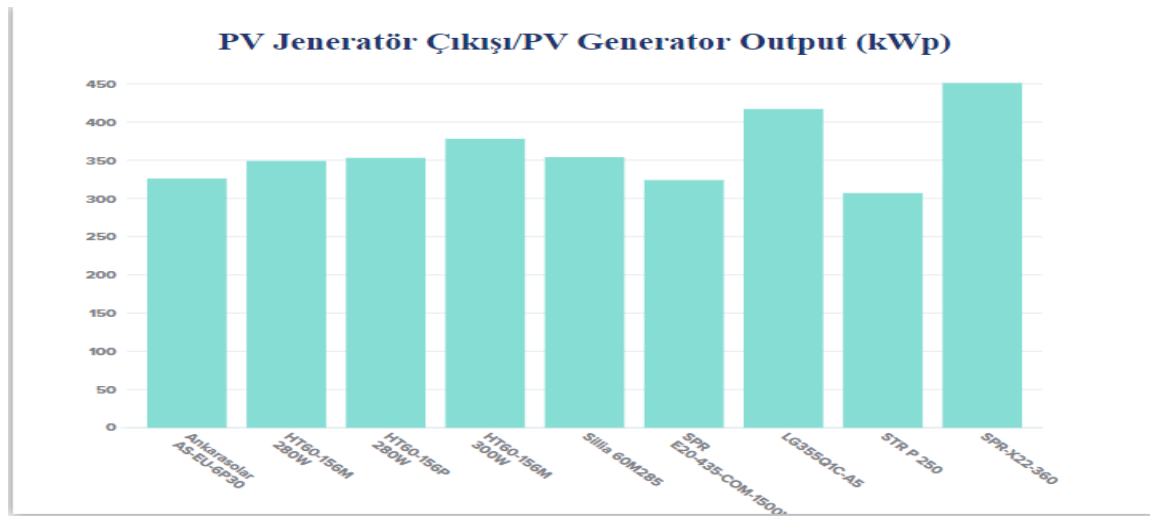
Çizelge 4.10. Modül modellerine göre tasarımda kapladıkları toplam alan

PV Modül	PV Jeneratör Yüzeyi	
Ankarasolar AS-EU-6P30	2.060,80	m ²
HT60-156M 280W	2.030,30	m ²
HT60-156P 280W	2.051,50	m ²
HT60-156M 300W	2.051,50	m ²
Sillia 60M285	2.044,40	m ²
SPR E20-435-COM-1500V	2.034,50	m ²
LG355Q1C-A5	2.031,20	m ²
STR P 250	2.050,00	m ²
SPR-X22-360	2.046,50	m ²

Çizelge 4.11.'de PV modüllerin modellerine göre jeneratör çıkışları verilirken, Şekil 4.4.'de grafik olarak sunulmuştur.

Çizelge 4.11. Modül modellerine göre PV jeneratör çıkışları

PV Modül	kWp
Ankarasolar AS-EU-6P30	326,75
HT60-156M 280W	349,44
HT60-156P 280W	353,08
HT60-156M 300W	378,3
Sillia 60M285	354,54
SPR E20-435-COM-1500V	324,65
LG355Q1C-A5	417,48
STR P 250	307,5
SPR-X22-360	451,8

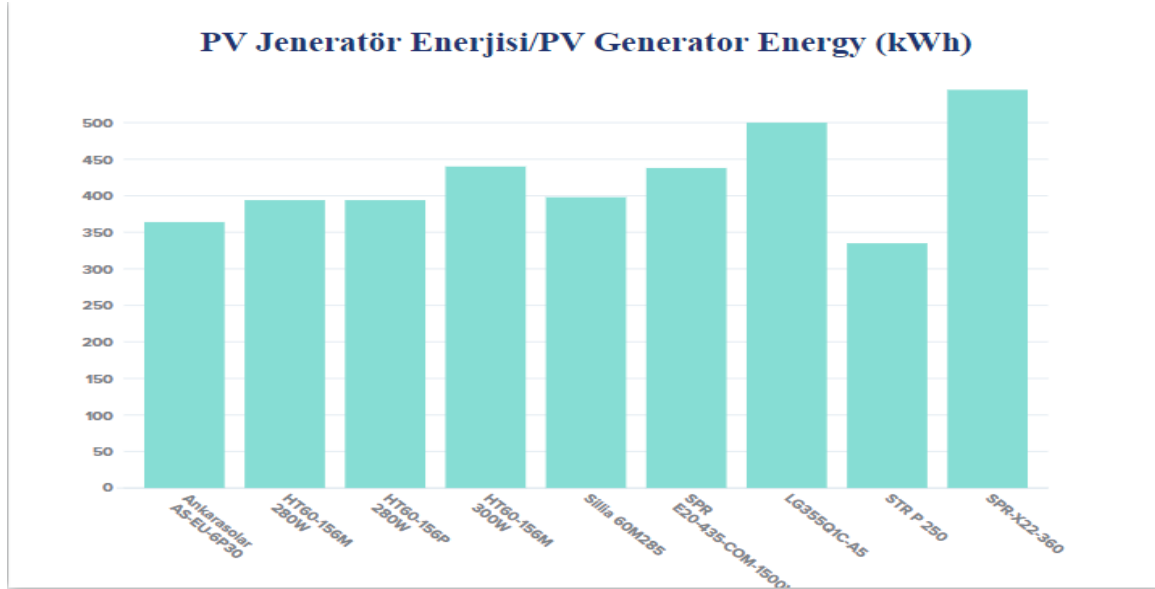


Şekil 4.4. Modül modellerine göre PV jeneratör çıkışları grafiği

Çizelge 4.12.'de PV modüllerin modellerine göre PV jeneratör enerjileri verilirken, Şekil 4.5.'de grafik olarak sunulmuştur.

Çizelge 4.12. Modül modellerine göre PV jeneratör enerjileri

PV Modül	PV jeneratör enerjisi kWh
Ankarasolar AS-EU-6P30	364,44
HT60-156M 280W	394,201
HT60-156P 280W	394,039
HT60-156M 300W	440,741
Sillia 60M285	398,716
SPR E20-435-COM-1500V	438,362
LG355Q1C-A5	500,571
STR P 250	335,351
SPR-X22-360	545,859

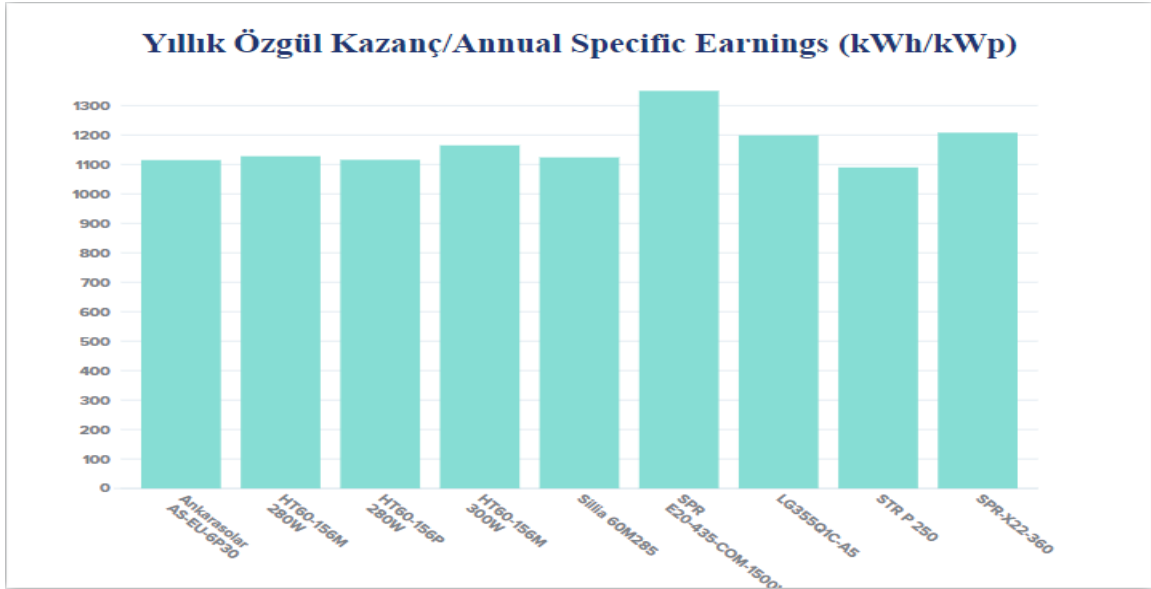


Şekil 4.5. Modül modellerine göre PV jeneratör enerjileri grafiği

Çizelge 4.13.'de PV modüllerin modellerine göre yıllık özgül kazançları verilirken, Şekil 4.6.'da grafik olarak sunulmuştur.

Çizelge 4.13. Modül modellerine göre tasarımların yıllık özgül kazançları

PV Modül	Yıllık Özgül Kazanç kWh/kWp
Ankarasolar AS-EU-6P30	1.115,35
HT60-156M 280W	1.128,09
HT60-156P 280W	1.116,01
HT60-156M 300W	1.165,06
Sillia 60M285	1.124,60
SPR E20-435-COM-1500V	1.350,28
LG355Q1C-A5	1.199,03
STR P 250	1.090,57
SPR-X22-360	1.208,19

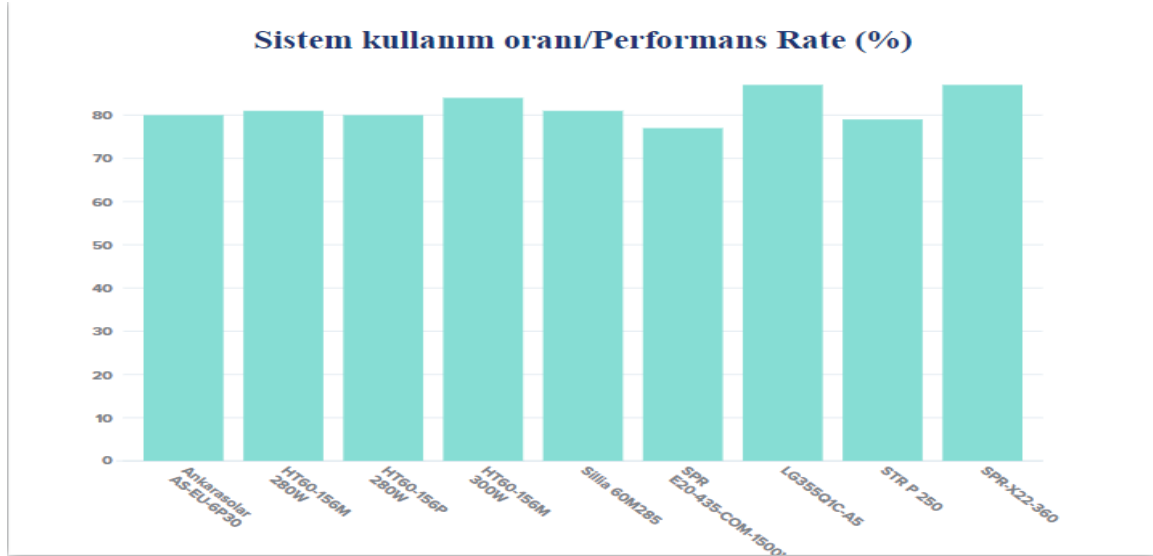


Şekil 4.6. Modül modellerine göre tasarımların yıllık özgül kazançları grafiği

Çizelge 4.14.'de PV modüllerin modellerine göre sistem performans oranları verilirken, Şekil 4.7.'de grafik olarak sunulmuştur.

Çizelge 4.14. Modül modellerine göre tasarımların sistem kullanım oranları

PV Modül	Sistem performansı %
Ankarasolar AS-EU-6P30	80,9
HT60-156M 280W	81,8
HT60-156P 280W	80,9
HT60-156M 300W	84,5
Sillia 60M285	81,6
SPR E20-435-COM-1500V	77,7
LG355Q1C-A5	87
STR P 250	79
SPR-X22-360	87,7

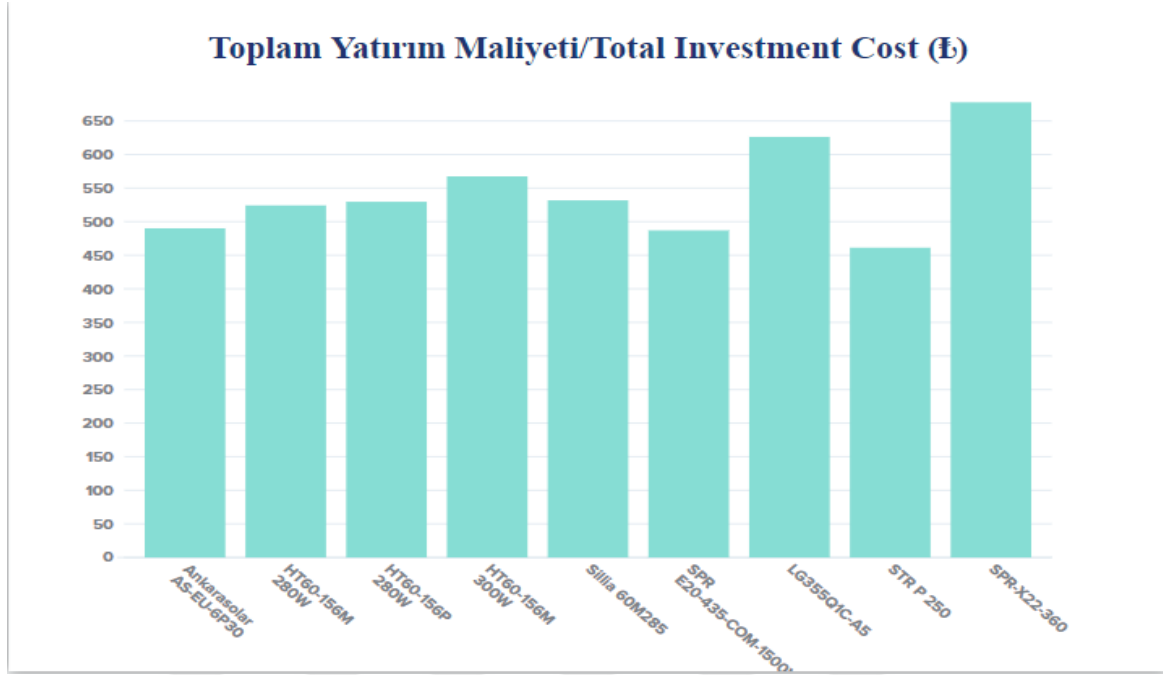


Şekil 4.7. Modül modellerine göre tasarımların sistem kullanım oranları grafiği

Çizelge 4.15.'de PV modüllerin modellerine göre toplam yatırım maliyetleri verilirken, Şekil 4.8.'de grafik olarak sunulmuştur.

Çizelge 4.15. Modül modellerine göre tasarımların toplam yatırım maliyetleri

PV Modül	Toplam yatırım maliyeti ₺
Ankarasolar AS-EU-6P30	490.125,00
HT60-156M 280W	524.160,00
HT60-156P 280W	529.620,00
HT60-156M 300W	567.450,00
Sillia 60M285	531.810,00
SPR E20-435-COM-1500V	486.967,50
LG355Q1C-A5	626.220,00
STR P 250	461.250,00
SPR-X22-360	677.700,00



Şekil 4.8. Modül modellerine göre tasarımların toplam yatırım maliyetleri grafiği

Çizelge 4.16.'da modül modellerine göre her bir tasarımın yıllık varlıkların getirisi ve amortisman süreleri verilmiştir.

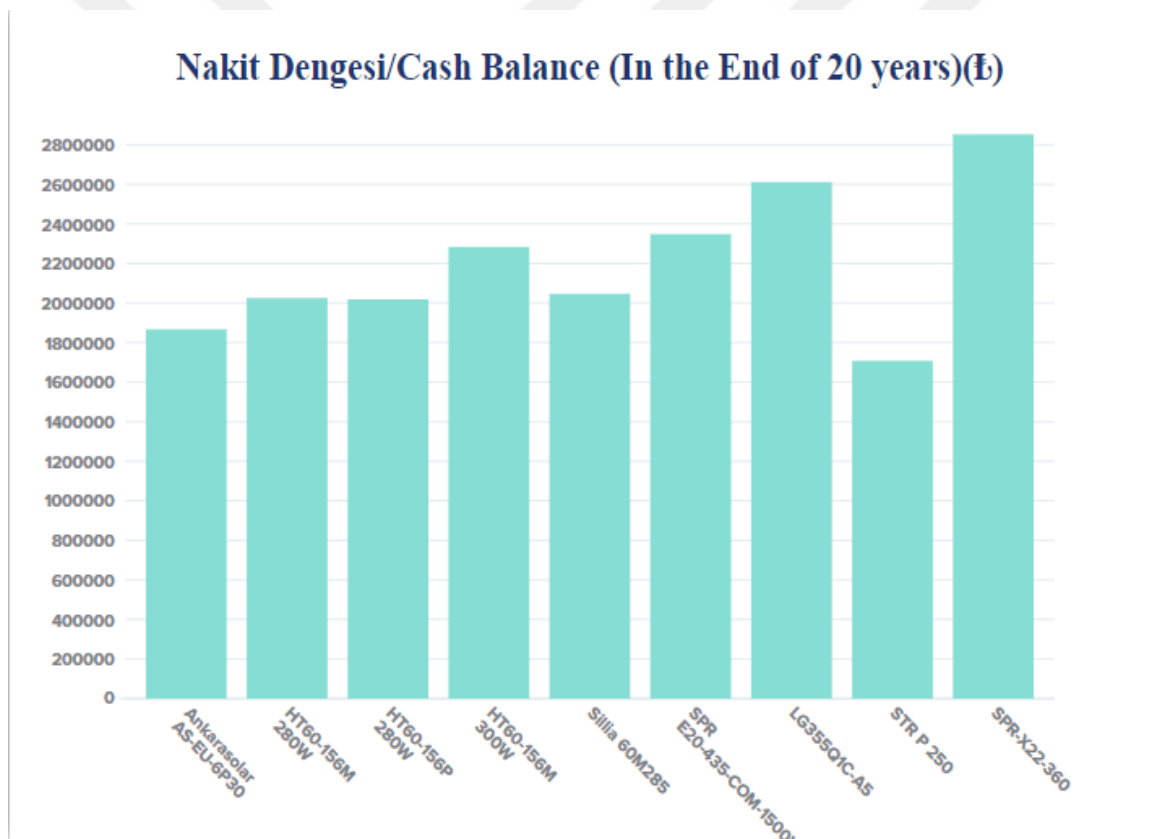
Çizelge 4.16. Modül modellerine göre tasarımlarda varlıkların getirisi ve amortisman süreleri

PV Modül	Varlıkların Getirisi		Amortisman Süresi	
Ankarasolar AS-EU-6P30	25,96	%	3,9	Yıl
HT60-156M 280W	26,27	%	3,9	Yıl
HT60-156P 280W	25,98	%	3,9	Yıl
HT60-156M 300W	27,16	%	3,7	Yıl
Sillia 60M285	26,18	%	3,9	Yıl
SPR E20-435-COM-1500V	31,54	%	3,2	Yıl
LG355Q1C-A5	27,97	%	3,6	Yıl
STR P 250	25,36	%	4	Yıl
SPR-X22-360	28,19	%	3,6	Yıl

Çizelge 4.17.'de her bir model tasarımının 3., 5., 10. ve 20. yıllarda varlıkların getirileri gösterilmekteyken, Şekil 4.9.'da ise 20. yıl nakit dengeleri grafiği sunulmuştur.

Çizelge 4.17. Modül modellerine göre tasarımlarda 3., 5., 10. ve 20. yıllarda varlıkların getirisi

PV Modül	NAKİT DENGESİ (₺)			
	3. Yıl	5. Yıl	10. Yıl	20. Yıl
Ankarasolar AS-EU-6P30	-114.821,94	136.087,86	741.945,30	1.866.872,69
HT60-156M 280W	-118.130,56	153.268,83	808.601,32	2.025.391,63
HT60-156P 280W	-113.420,87	190.020,92	922.724,33	2.283.173,34
HT60-156M 300W	-123.773,52	147.514,86	802.579,28	2.018.871,86
Sillia 60M285	-121.177,06	153.330,89	816.169,45	2.046.896,70
SPR E20-435-COM-1500V	-35.477,87	266.325,74	995.073,53	2.348.177,92
LG355Q1C-A5	-110.489,16	234.144,53	1.066.311,65	2.611.440,14
STR P 250	-115.927,20	114.955,38	672.454,26	1.707.591,78
SPR-X22-360	-115.294,72	260.518,27	1.167.972,27	2.852.889,88

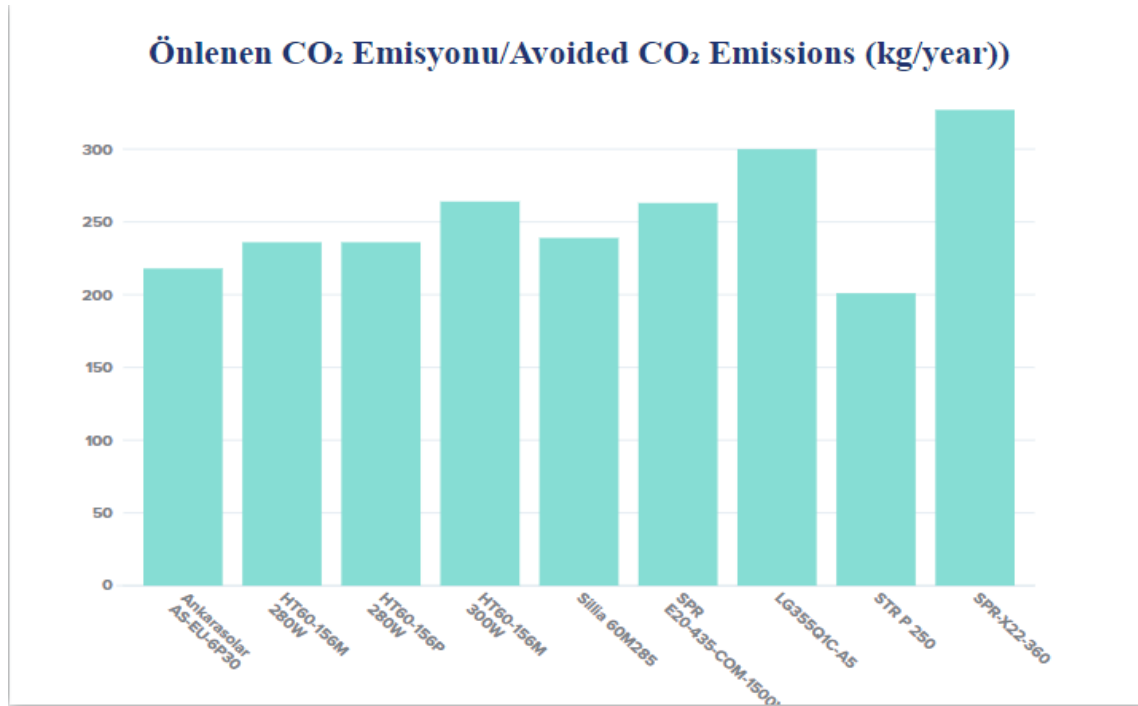


Şekil 4.9. Modül modellerine göre tasarımların 20. yıl nakit dengeleri grafiği

Çizelge 4.18.'de herbir model tasarımının önlenen yıllık CO₂ emisyonları gösterilmekteyken, Şekil 4.10.'da ise grafik olarak sunulmuştur.

Çizelge 4.18. Modül modellerine göre tasarımlarca önlenecek CO₂ emisyonu

PV Modül	Önlenecek CO ₂ emisyonu kg/yıl
Ankarasolar AS-EU-6P30	218,664
HT60-156M 280W	236,52
HT60-156P 280W	236,424
HT60-156M 300W	264,445
Sillia 60M285	239,229
SPR E20-435-COM-1500V	263,017
LG355Q1C-A5	300,343
STR P 250	201,211
SPR-X22-360	327,515

Şekil 4.10. Modül modellerine göre tasarımlarca önlenecek CO₂ emisyonu grafiği

5. SONUÇ

Program analizlerinin karşılaştırılması yapıldığında en yüksek enerji üretimi SunPower firmasının SPR-X22-360 modelinden elde edilmiştir. Buna bağlı olarak en yüksek karbon salınımı önlenmesi bu modelde gerçekleşmektedir. 20. Yıl sonunda en yüksek nakit dengesini de yine bu model sağlamaktadır. Öte yandan, KACO new energy firmasının SPR E20-435-COM-1500V modeli yıllık %31,54'de denk gelen 3,2 yıllık amortisman süresi ile finansal açıdan en karlı sistem olarak görülmektedir. En yüksek yıllık özgül kazanç da bu sistemde görülmektedir. En az kurulum maliyeti ise SolarTürk Enerji'nin STR P 250 modülü ile kurulan sistemde 490125 ₺ olarak ortaya konmuştur (Çizelge 4.19.).

Çizelge 4.19. Program analizi sonuçları

Analiz Başlığı	Sistem Modeli	Sonuç
PV jeneratör çıkışı	SPR-X22-360	451,8 kWp
Yıllık özgül kazanç	SPR E20-435-COM-1500V	1350,28 kWh/kWp
Sistem performansı	SPR-X22-360	87,70%
Toplam yatırım maliyeti	STR P 250	461250
Varlıkların getirisi	SPR E20-435-COM-1500V	31,54%
Amortisman süresi	SPR E20-435-COM-1500V	3,2 Yıl
20. yıl nakit dengesi	SPR-X22-360	2.852.889,88 ₺
Önlenen CO ₂ emisyonu	SPR-X22-360	327,515 kg/yıl

Yalnızca bu düzeyde yapılacak bir karar verme durumunda kurumun öncelikleri doğrultusunda Çizelge 4.20.'daki gibi gerçekleşecektir. Örneğin kurum en düşük maliyeti önceliklendirdiğinde SolarTürk Enerji'nin STR P 250 modeli öne çıkacaktır.

Çizelge 4.20. Önceliklere göre seçim tablosu

Seçenekler	Marka	Model	Değer
En düşük maliyet	SolarTürk Enerji	STR P 250	461.250,00 ₺
En yüksek gelir (20 Yıl Sonunda)	SunPower	SPR-X22-360	2.852.889,88 ₺
En hızlı amorti süresi	KACO new energy	SPR E20-435-COM-1500V	3,2 Yıl
En fazla emisyon önleme	SunPower	SPR-X22-360	327,515 kg

Ancak daha detaylı bir analiz için en düşük maliyete sahip olan STR P 250 paneline karşılık diğer panellerin ne kadar yüksek maliyetli olduğuna bakmak istersek Çizelge

4.21.'daki gibi STR P 250'I modelini kıstas olarak %100 aldığımızda görülmektedir ki SPR-X22-360 %47 (216.450 ₺) civarında daha fazla kurulum maliyetine sahipken SPR E20-435-COM-1500V paneli ancak %6 (25.717,5 ₺) daha fazla maliyete sahiptir.

Çizelge 4.21. Yatırım maliyetlerinin en düşük olana göre sistemlerin oranları

PV modülleri	Toplam yatırım maliyeti ₺	Maliyet Oranı %
Ankarasolar AS-EU-6P30	490.125	106,2601626
HT60-156M 280W	524.160	113,6390244
HT60-156P 280W	529.620	114,8227642
HT60-156M 300W	567.450	123,0243902
Sillia 60M285	531.810	115,297561
SPR E20-435-COM-1500V	486.967,5	105,5756098
LG355Q1C-A5	626.220	135,7658537
STR P 250	461.250	100
SPR-X22-360	677.700	146,9268293

Aynı yöntemle, Çizelge 4.22.'deki gibi 20. yılda en yüksek nakit dengesine sahip olan SPR-X22-360'ı referans alarak oranladığımızda ise SPR E20-435-COM-1500V 20. yılın sonunda %17,69 (504.711,96 ₺) daha az kazandırmaktadır.

Çizelge 4.22. 20. yıl nakit dengesi en yüksek olana göre sistemlerin oranları

PV modülleri	Nakit Dengesi (20. Yıl) ₺	Kazanç Oranı (20. Yıl) %
Ankarasolar AS-EU-6P30	1.866.872,69	65,44
HT60-156M 280W	2.025.391,63	70,99
HT60-156P 280W	2.018.871,86	70,77
HT60-156M 300W	2.283.173,34	80,03
Sillia 60M285	2.046.896,70	71,75
SPR E20-435-COM-1500V	2.348.177,92	82,31
LG355Q1C-A5	2.611.440,14	91,54
STR P 250	1.707.591,78	59,85
SPR-X22-360	2.852.889,88	100

Daha fazla analiz edebilmek için yatırım yapılan her bir Türk Lirası'na karşılık 20 yıl sonunda elde edilen kazanç (Çizelge 4.23.) bakıldığında da SPR E20-435-COM-1500V (4,82) kendinden sonra gelen SPR-X22-360'dan (4,21) %14,55 civarında daha fazla olmak üzere en öndedir.

Çizelge 4.23. Analiz sonuçlarından oluşturulan nakit dengesi-yatırım maliyeti oranları

PV modülleri	Nakit dengesi (20 Yıl)/Toplam yatırım maliyeti
Ankarasolar AS-EU-6P30	3,81
HT60-156M 280W	3,86
HT60-156P 280W	3,81
HT60-156M 300W	4,02
Sillia 60M285	3,85
SPR E20-435-COM-1500V	4,82
LG355Q1C-A5	4,17
STR P 250	3,70
SPR-X22-360	4,21

Dahası SPR E20-435-COM-1500V ile SPR-X22-360 arasında var olan yatırım maliyeti ve nakit dengesi farklarına baktığımızda, Çizelge 4.24.'de olduğu gibi görülmektedir ki SPR-X22-360 için ödenen her fazladan yatırım maliyetinin karşılığında kazanılan 20. yıl sonu nakit dengesi karşılığı önemli miktarda azalmaktadır. Yani Amasya Belediyesi gibi finansal kaynakları kısıtlı ancak kurulum yapabileceği birçok alanı bulunan bir kurum için bu demektir ki düşük maliyetli olan seçenekle bu kurulum yapıldığında halen yatırım yapabileceği 190732,50 ₺ kaynağı varsa bile bunu başka bir alanda yeni bir çatı kurulumu ile daha karlı bir şekilde değerlendirebilecektir.

Çizelge 4.24. SPR E20-435-COM-1500V, SPR-X22-360 ve aralarındaki farkın nakit dengesi-yatırım maliyeti oranları

Panel	Toplam yatırım maliyeti ₺	Nakit Dengesi (20. Yıl) ₺	Nakit dengesi / yatırım maliyeti
SPR E20-435-COM-1500V	486.967,50	2.348.177,92	4,82
SPR-X22-360	677.700,00	2.852.889,88	4,21
Aradaki fark	190.732,50	504.711,96	2,65

Önlenen CO₂ emisyonu için de daha önceki gibi en yüksek olanı referans aldığımızda, Çizelge 4.25.'de görüldüğü gibi SPR E20-435-COM-1500V yaklaşık %19,69 (64,5 kg/yıl) daha az CO₂ emisyonu önlemektedir. Ancak yukarıda anlatıldığı gibi arada ki yatırım farkı ile yapılacak bir kurulum bu farkı ya büyük oranda kapatacak ya da daha fazla emisyon önlenmesini sağlayacaktır.

Çizelge 4.25. Önlenecek CO₂ emisyonu en yüksek olana göre sistemlerin oranları

PV modülleri	Önlenecek CO₂ emisyonu kg/yıl	CO₂ emisyonu Oranı %
Ankarasolar AS-EU-6P30	218,664	66,76457567
HT60-156M 280W	236,52	72,2165397
HT60-156P 280W	236,424	72,18722807
HT60-156M 300W	264,445	80,74286674
Sillia 60M285	239,229	73,04367739
SPR E20-435-COM-1500V	263,017	80,30685617
LG355Q1C-A5	300,343	91,7035861
STR P 250	201,211	61,43565944
SPR-X22-360	327,515	100

Tüm bu veriler ışığında Amasya Belediyesi için tavsiye edilen kurulum seçimi KACO new energy markası SPR E20-435-COM-1500V modeli olacaktır.

KAYNAKLAR

1. İnternet: Türkiye enerjide dışa bağımlılığını azaltma yönünde ilerliyor. (2021, Nisan 12). *Kurumsal İletişim Ofisi*. URL: <https://haberler.boun.edu.tr/tr/haber/turkiye-enerjide-disa-bagimlilikini-azaltma-yonunde-ilerliyor>. Son Erişim Tarihi: 03.08.2021.
2. İnternet: Karakaş, F. (Temmuz, 2017). Hidroelektrik Enerjisi (HES) Nedir? Nasıl Elektrik Üretir?. URL: <https://www.enerjiportali.com/hidroelektrik-enerjisi-hes-nedir-nasil-elektrik-uretir/>. Son Erişim Tarihi: 03.08.2021.
3. İnternet: The World's First Hydroelectric Power Plant Began Operation. *Library of Congress*. URL: http://www.americaslibrary.gov/jb/gilded/jb_gilded_hydro_1.html, Son Erişim Tarihi: 03.08.2021.
4. Bagher, A. M., Vahid, M., Mohsen, M. and Parvin, D. (April, 2015). Hydroelectric Energy Advantages and Disadvantages. *American Journal of Energy Science*, 2(2), 17-20.
5. Sertkaya, A. A., Saraç, M. ve Omar, M. A. (2015). Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santrallerinin Türkiye İçin Önemi. *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 1(3) , 1.
6. İnternet: Electricity production from hydroelectric sources (% of total). *The World Bank*. URL: <https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.HYRO.ZS?end=2015&start=2015&view=map> , Son Erişim Tarihi: 03.08.2021.
7. IHA Central Office (June, 2021). 2021 Hydropower Status Report, *International Hydropower Association (IHA)*, 5-8.
8. İnternet: Installed power generation capacity by source in the Stated Policies Scenario, 2000-2040. *IEA*. URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/installed-power-generation-capacity-by-source-in-the-stated-policies-scenario-2000-2040>, Son Erişim Tarihi: 03.08.2021.
9. İnternet: Okatan, A. (2020, Ekim 13). Millî Rüzgâr Enerji Sistemleri Geliştirilmesi Projesi: MİLRES. *Bilim Genç Tubitak* URL: <https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/milli-ruzgar-enerji-sistemleri-gelistirilmesi-projesi-milres>. Son Erişim Tarihi: 03.08.2021.
10. İnternet: Advantages and Challenges of Wind Energy. *Wind Energy Technologies Office*. URL: <https://www.energy.gov/eere/wind/advantages-and-challenges-wind-energy>, Son Erişim Tarihi: 03.08.2021.

11. İnternet: Variable Renewable Energy. *International Renewable Energy Agency (IRENA)*. URL: <https://www.irena.org/power/Variable-Renewable-Energy>, Son Erişim Tarihi: 03.08.2021.
12. Lee, J. And Zhao F. (March, 2021). Global Wind Report 2021. *Global Wind Energy Council (GWEC)*, 44-54, 68.
13. İnternet: How Does Solar Work?. *Solar Energy Technologies Office*. URL: <https://www.energy.gov/eere/solar/how-does-solar-work>, Son Erişim Tarihi: 03.08.2021.
14. İnternet: Breakdown by country (Mtoe). Global Energy Statistical Yearbook. *Enerdata*. URL: <https://yearbook.enerdata.net/total-energy/world-consumption-statistics.html>, Son Erişim Tarihi: 03.08.2021.
15. Çelik, A. N. ve Koç, F. (Ekim, 2020). Polikristal Tür bir Fotovoltaik Panelin I-V Karakteristiğinin Analitik Modellenmesi ve Deneysel Doğrulanması, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (8), 15.
16. İnternet: Güneş Enerjisinden Elektrik Üretim Yöntemleri, *İstanbul Üniversitesi*. URL: https://cdn-acikogretim.istanbul.edu.tr/auzefcontent/20_21_Guz/enerji_ve_alternatif_enerji_kaynaklari/11/index.html, Son Erişim Tarihi: 03.08.2021.
17. İnternet: Solar Energy. *International Renewable Energy Agency (IRENA)*. URL: <https://www.irena.org/solar>, Son Erişim Tarihi: 03.08.2021.
18. İnternet: Johnston, M. (May, 2021). Solar Energy: Benefits and Drawbacks. *Investopedia*. URL: <https://www.investopedia.com/articles/investing/053015/pros-and-cons-solar-energy.asp>. Son Erişim Tarihi: 03.08.2021.
19. İnternet: Biomass explained. (June, 2021). *U.S. Energy Information Administration (EIA)*. URL: <https://www.eia.gov/energyexplained/biomass/>, Son Erişim Tarihi: 03.08.2021.
20. İnternet: McFarland, K. Biomass Advantages and Disadvantages. *SynTech Bioenergy LLC*. URL: <https://www.syntechbioenergy.com/blog/biomass-advantages-disadvantages>, Son Erişim Tarihi: 03.08.2021.
21. İnternet: Ravilious, K. (January, 2020). Biomass energy: green or dirty?. *Physicsworld*. Vol. 33. URL: <https://physicsworld.com/a/biomass-energy-green-or-dirty/>, Erişim Tarihi: 03.08.2021.

22. İnternet: Bioenergy. *International Renewable Energy Agency (IRENA)*. URL: <https://www.irena.org/bioenergy>, Son Erişim Tarihi: 03.08.2021.
23. İnternet: Armstrong, H., Campbell, A., Cey, E., Hanania, J., Meyer, R., Sheardown, A., Stenhouse, K., Street, K. and Donev, J. (January, 2019). Geothermal Energy, *Energy Education, Univercity of Calgary*. URL: https://energyeducation.ca/encyclopedia/Geothermal_energy Son Erişim Tarihi: 03.08.2021.
24. İnternet: Geothermal energy. *International Renewable Energy Agency (IRENA)*. URL: <https://www.irena.org/geothermal>, Son Erişim Tarihi: 03.08.2021.
25. İnternet: Geothermal Basics. *Geothermal Technologies Office*. URL: <https://www.energy.gov/eere/geothermal/geothermal-basics>, Son Erişim Tarihi: 03.08.2021.
26. İnternet: Unwin, J. (June, 2019). What is geothermal energy?. *Power Technology*. URL: <https://www.power-technology.com/features/what-is-geothermal-energy/>, Erişim Tarihi: 03.08.2021.
27. Özkaraca, O. (June, 2018). A review on usage of optimization methods in geothermal power generation, *Mugla Journal of Science and Technology*, 131-132.
28. İnternet: World geothermal capacity additions, 2019-2021. *International Energy Agency (IEA)*. URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/world-geothermal-capacity-additions-2019-2021>, Son Erişim Tarihi: 03.08.2021.
29. İnternet: Ocean energy. *International Renewable Energy Agency (IRENA)*. URL: <https://irena.org/ocean>, Son Erişim Tarihi: 03.08.2021.
30. O'Neill, S. (July, 2019). Unlocking the Potential of Hydrogen Energy Storage, *The Fuel Cell and Hydrogen Energy Association (FCHEA)*. URL: <https://www.fchea.org/in-transition/2019/7/22/unlocking-the-potential-of-hydrogen-energy-storage>, Son Erişim Tarihi: 03.08.2021.
31. IRENA (September, 2019). Hydrogen: A Renewable Energy Perspective, *International Renewable Energy Agency*, 2.
32. (IRENA). (2021). Green Hydrogen Supply: A Guide To Policy Making, *International Renewable Energy Agency*, 11.

33. Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK). (2012). Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
34. İnternet: Masterson, V. (April, 2020). How can we store renewable energy? 4 technologies that can help. *World Economic Forum*. URL: <https://www.weforum.org/agenda/2021/04/renewable-energy-storage-pumped-batteries-thermal-mechanical/>, Erişim Tarihi: 03.08.2021.
35. İnternet: Renewable Energy Market Update 2021. *International Energy Agency (IEA)*. URL: <https://www.iea.org/reports/renewable-energy-market-update-2021>, Son Erişim Tarihi: 03.08.2021.
36. İnternet: History. *International Renewable Energy Agency (IRENA)*. URL: <https://web.archive.org/web/20190405233435/https://irena.org/history>, Son Erişim Tarihi: 03.08.2021.
37. İnternet: About IRENA. *International Renewable Energy Agency (IRENA)*. URL: <https://web.archive.org/web/20190406045612/https://irena.org/aboutirena>, Son Erişim Tarihi: 03.08.2021.
38. İnternet: IRENA Membership. *International Renewable Energy Agency (IRENA)*. URL: <https://web.archive.org/web/20190406075426/https://irena.org/irenamembership>, Son Erişim Tarihi: 03.08.2021.
39. İnternet: Who we are. *Sustainable Energy for All (SEforALL)*. URL: <https://www.seforall.org/who-we-are> , Son Erişim Tarihi: 03.08.2021.
40. İnternet: The Paris Agreement. *United Nations Climate Change*. URL: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>, Son Erişim Tarihi: 03.08.2021.
41. İnternet: Policies database, 2011-2022. *International Energy Agency (IEA)*. URL: <https://www.iea.org/policies?source=IEA%2FIRENA>, Son Erişim Tarihi: 03.08.2021.
42. İnternet: Mark Jacobson: Barriers to 100% Clean Energy are Social and Political, Not Technical or Economic. *EcoWatch*. URL: <https://www.ecowatch.com/mark-jacobson-barriers-to-100-clean-energy-are-social-and-political-no-1882122292.html>, Son Erişim Tarihi: 03.08.2021.

43. Wiseman, J., Edwards, T. and Luckins, K. (April, 2013). Post Carbon Pathways Towards A Just And Resilient Post Carbon Future, *Centre for Policy Development (CDP)*, 25-41.
44. İnternet: Hydropower. *International Renewable Energy Agency (IRENA)*. URL: <https://www.irena.org/hydropower>, Son Erişim Tarihi: 03.08.2021.
45. İnternet: Hidrolik. *T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı*. URL: <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-hidrolik>, Son Erişim Tarihi: 03.08.2021.
46. İnternet: Hidroelektrik Santralleri. *Enerji Atlası*. URL: <https://www.enerjiatlası.com/hidroelektrik/>, Son Erişim Tarihi: 03.08.2021.
47. İnternet: Rüzgar Enerji Santralleri. *Enerji Atlası*. URL: <https://www.enerjiatlası.com/ruzgar/>, Son Erişim Tarihi: 03.08.2021.
48. Ministry of Foreign Affairs of Denmark. (2021). Centre for Policy Development (CDP). (April, 2013). Post Carbon Pathways Towards A Just And Resilient Post Carbon Future.
49. Hatem, E. (Ocak, 2021). Yeni YEKDEM ile Rüzgarın Finansmanı, *TÜREB*. (21), 10-12.
50. İnternet: Türkiye'deki Rüzgar Santrallerinin Dağılımı, *Enerji Atlası*. URL: <https://www.enerjiatlası.com/ruzgar-enerjisi-haritasi/turkiye>, Son Erişim Tarihi: 03.08.2021.
51. İnternet: Rüzgar Türbini, *Enerji Atlası*. URL: <https://www.enerjiatlası.com/ruzgar-turbini/>, Son Erişim Tarihi: 03.08.2021.
52. Çanka Kılıç, F. (Aralık, 2015). Güneş Enerjisi, Türkiye'deki Son Durumu ve Üretim Teknolojileri, *Mühendis ve Makine*. 56 (671), 31.
53. İnternet: Güneş Enerji Santralleri, *Enerji Atlası*. URL: <https://www.enerjiatlası.com/gunes/>, Son Erişim Tarihi: 03.08.2021.
54. İnternet: Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Haritası, *Enerji Atlası*. URL: <https://www.enerjiatlası.com/gunes-enerjisi-haritasi/turkiye>, Son Erişim Tarihi: 03.08.2021.
55. Çolakoğlu, M., Aslan, S. ve Kumdereli, E. (Mart, 2021). Biyokütle ve Biyoenerji Sektörlerine Genel Bakış, *PwC Türkiye*, 59-60.

56. İnternet: Biyogaz, Biyokütle, Atık Isı ve Pirolitik Yağ Enerji Santralleri, *Enerji Atlası*. URL: <https://www.enerjiatlası.com/biyogaz/>, Son Erişim Tarihi: 03.08.2021.
57. İnternet: Jeotermal, *T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı*. URL: <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-jeotermal>, Son Erişim Tarihi: 03.08.2021.
58. İnternet: Jeotermal Enerji Santralleri, *Enerji Atlası*. URL: <https://www.enerjiatlası.com/jeotermal/>, Son Erişim Tarihi: 03.08.2021.
59. Umar, N., Bora, B., Banerjee, C. and Panwar, B. S. (July, 2018). Comparison of Different PV Power Simulation Softwares: Case Study on Performance Analysis of 1 MW Grid-connected PV Solar Power Plant, *International Journal of Engineering Science Invention (IJESI)*, 7 (7), 11-24.
60. Axaopoulos, P. J., Fylladitakis E. D. and Gkarakis, K. (March, 2014). Accuracy analysis of software for the estimation and planning of photovoltaic installations, *International Journal of Energy and Environmental Engineering*, 5 (71), 1-6.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı-Soyadı

Uyruğu

Doğum yeri ve tarihi

Medeni hali

e-posta

Eğitim Derecesi

Lisans

Okul/Programı

Marmara Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği

Mezuniyet Yılı

Görevi

İş Deneyimi/Yıl

2019 – Halen

2016 – 2018

2014 – 2019

Çalıştığı Yer

T.C. Amasya Belediyesi

Dağcılar Kabin ve Sanayi Ticaret

IAS Çözüm Ortağı, T.B.I.

Proje Sorumlusu

Endüstri Mühendisi

ERP Uygulama
Danışmanı

Yabancı Dili

İngilizce

Bilimsel Faaliyetler (Yayımlar, Bildiriler, Katıldığı Projeler)

1. Tepecik, M. G. and Şen Kurt, M. (2021, June 17-19). Grid Connected Roof Solar System Design, International Karabakh Applied Sciences Conference, Karabagh, Azerbaijan